# Mostra
## Poli-UPE 2025

EXTENSÃO, INOVAÇÃO E PESQUISA

Coordenação Setorial de Extensão e Cultura
POLI-UPE

# Anais

ESCOLA POLITÉCNICA DE PERNAMBUCO - UPE
COORDENAÇÃO SETORIAL DE EXTENSÃO E CULTURA - CSEC
31 DE OUTUBRO DE 2025
RECIFE - PERNAMBUCO

# FICHA TÉCNICA

## TÍTULO
Mostra de Extensão, Inovação e Pesquisa – POLI/UPE 2025.

## Comissão Organizadora dos Anais da Mostra POLI/UPE 2025
Lordsleem Júnior, Alberto Casado; Cardoso, Ariane da Silva; Fagundes, Roberta Andrade de Araújo; Kohlman Rabbani, Emilia Rahnemay; Lira, Hiran Ferreira de; Cavalcanti, Halcyon Davys Pereira de; Andrade, Leandro Pontes de; Pereira, Renato da Silva; Nunes, Luiz Gustavo Costa Ferreira; Rodrigues, Stephany Rayane Silva; Silva, Diego Henrique Alves da; Azevedo, Vinícius Francis Braga de; Oliveira, Leticia Gabrielle Barbosa de.

## Edição
Comissão Organizadora da Mostra POLI/UPE 2025 Coordenação Setorial de Extensão e Cultura (CSEC)

## DATA
31 de Outubro de 2025


## ISSN
2359-2249


# LOCAL DO EVENTO
Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco – POLI/UPE
Rua Benfica, nº 455, CEP: 50720-001
Madalena – Recife/PE

# CONTATO

Endereço para correspondência: Coordenação Setorial de Extensão e Cultura
Rua Benfica, nº 455, Bloco E, Sala 2
CEP: 50720-001, Madalena – Recife/PE, Brasil
http://csec.poli.br http://mostrapoliupe.wixsite.com/mostrapoli
http://revistas.poli.br/index.php/anais/issue/archive
Email: dex@poli.br
Tel.: +55 81 31847506

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade de Pernambuco – Recife

Mostra de Extensão, Inovação e Pesquisa POLI/UPE

M916i Anais [da] Mostra de Extensão, Inovação e Pesquisa POLI/UPE 2025, 31 de Outubro de 2025 - Recife. /Alberto Casado Lordsleem Júnior, Roberta Andrade de Araújo Fagundes, Ariane da Silva Cardoso, Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani, Hiran Ferreira de Lira, Halcyon Davys Pereira de Carvalho, Leandro Pontes de Andrade e Renato da Silva Pereira - Recife: POLI/UPE/CSEC, 2025.

502 f.: il.

Disponível em:
revistas.poli.br/index.php/anais/issue/archive

ISSN: 2359-2249

1. Engenharia – Trabalhos acadêmicos. I. Lordsleem Júnior, Alberto Casado (org.); II. Fagundes, Roberta Andrade de Araújo (org); III. Cardoso, Ariane da Silva (org.); IV. Kohlman Rabbani, Emilia Rahnemay (org.); V. Lira, Hiran Ferreira de (org.); VI. Carvalho, Halcyon Davys Pereira de (org.); VII. Andrade, Leandro Pontes de (org.); VIII. Pereira, Renato da Silva (org.). IX. Anais Mostra POLI/UPE 2025.

CDD: 620.007

**Os trabalhos aqui apresentados são de inteira responsabilidade dos autores**

**ADMINISTRAÇÃO UNIVERSITÁRIA**
**Reitora**
Maria do Socorro de Mendonça Cavalcanti
**Vice-Reitor**
José Roberto de Souza Cavalcanti
**Pró-Reitora de Administração** Vera
Lúcia Samico Rocha
**Pró-Reitor de Extensão e Cultura**
Luiz Alberto Ribeiro Rodrigues
**Pró-Reitor da Graduação**
Ernani Martins dos Santos
**Pró-Reitor de Pós-Graduação e Pesquisa**
Carmelo José Albanez Bastos Filho

**Diretor POLI**
Alexandre Duarte Gusmão
**Vice-Diretor POLI**
Sérgio Campello Oliveira
**Coordenador Setorial de Extensão e Cultura**
Alberto Casado Lordsleem Júnior
**Coordenador Setorial de Graduação**
Emerson de Oliveira Lima
**Coordenador Setorial de Pós-Graduação e Pesquisa**
Alexandre Magno Andrade Maciel
**Coordenador do Curso de Engenharia Civil**
Roberta de Melo Guedes Alcoforado
**Coordenador do Curso de Engenharia de Automação e Controle**
Emmanoel Andrade de Barros Santos
**Coordenador do Curso de Engenharia da Computação**
Joab Bezerra de Jesus Junior
**Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica/Modalidade Eletrotécnica**
Methodio Varejão de Godoy
**Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica/Modalidade Eletrônica**
Francisco Arnaldo de Oliveira
**Coordenador do Curso de Engenharia Elétrica/Modalidade Telecomunicações**
Lylian Kelly de Siqueira Gomes
**Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica/Modalidade Industrial**
George Oliveira da Silva Azevedo
**Coordenador do Curso de Física de Materiais**
Gilvânia Lúcia da Silva Vilela
**Coordenador Do Ciclo Básico**
Prof. Marcone Izidório De Sena Júnior
**Coordenador do Mestrado em Engenharia Civil**
Yêda Vieira Póvoas
**Coordenador do Mestrado em Engenharia da Computação**
Cleyton Mário de Oliveira Rodrigues
**Coordenador do Mestrado em Engenharia de Sistemas**
Manoel Henrique da Nobrega Marinho
**Gerente da Divisão de Cultura**
Roberta Andrade de Araújo Fagundes
**Gerente da Divisão de Extensão**
Hiran Ferreira de Lira
**Gerente da Divisão de Pesquisas**
Simone Rosa da Silva
**Gerente da Divisão de Pós-graduação**
Paulo Hugo Espírito Santo Lima

# CORPO EDITORIAL DOS ANAIS DA MOSTRA POLI/UPE 2025

Alberto Casado Lordsleem Júnior
Ariane da Silva Cardoso
Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani
Halcyon Davys Pereira de Carvalho
Hiran Ferreira de Lira
Leandro Pontes de Andrade
Renato da Silva Pereira
Roberta Andrade de Araújo Fagundes

# COMITÊ CIENTÍFICO

Adolpho Guido de Araújo
Alberto Casado Lordsleem Júnior
Ana Regina Lima Uchôa de Moura
Andréa Batista de Farias Dias
Andréa Benício de Moraes
Ana Regina L. Uchôa de Moura
Anna Elis Paz Soares
Ariane da Silva Cardoso
Bianca M. Vasconcelos
Bruno Nogueira
Byron Leite Dantas Bezerra
Caio Emanoel Serpa Lopes
Carmelo José A. Bastos Filho
Claudia Maria Guedes Alcoforado
Cláudio André R. A. de Oliveira
Cláudio Pereira da Costa
Cleverton Anderson Duarte Silva
Cleyton Mário de O.Rodrigues
Cynara Lira de Carvalho Souza
Dâmocles Aurélio N. da S. Alves
Daniel Chaves
Deivson Cesar Silva Sales
Denys Haluli Kabbaz
Diego Henrique Alves da Silva
Diego José Araújo Viégas
Domingos S. de O. Santos Junior
Eduardo Aguiar Sodré
Eduardo César de M. Loureiro
Eduardo de Aguiar Sodré
Eliane Maria Gorga Lago
Elyson Lúcio dos Santos Ramos
Emilia Rahnemay K. Rabbani
Emmanuel Andrade de B. Santos
Eudes de Arimatéa Rocha
Everton Gabriel Medeiros da Silva
Felipe Duan Moura Vasconcelos
Flávio Leandro de Morais Melo
Franciely Alves de Souza
Francisco Gilfran Alves Milfont
Gabriel Dias Carvalho
George Oliveira de A. Azevedo
Gilvania Lucia da Silva Vilela
Glauber Islan Ferreira Vieira
Guilherme Belian Ferreira Santos
Gustavo Oliveira Cavalcanti
Halcyon Davys P. de Carvalho
Heldio Pereira Villar
Hemir da Cunha Santiago
Henrique Alves Dinarte da Silva
Hiran Ferreira de Lira
Irami Buarque do Amazonas
Jallisson Silva Vieira
Jheymesson Apolinário Cavalcanti
João Freire Abramowicz
Joaquim João Nsaku Ventura
Jonas da Silva Bezerra
Jonathan da Silva Bandeira
Jornandes Dias da Silva
José Paulo G. de Oliveira
Joss Timoteo dos Santos
Joyce Ketlly Soares da Silva
Júlia Oliveira dos Santos
Juliana Santa Cruz Souza
Kalinny Patrícia Vaz Lafayette
Leandro Pontes de Andrade
Leonardo Barbosa T. dos Santos
Leonardo Medeiros de Queiroz
Lilian Kássia C. da Silva de Assis
Lucas Candeia Teixeira
Luis Arturo Gómez Malagón
Luis Carlos de Sousa Menezes
Luiz Gustavo Costa F. Nunes
Luttemberg Ferreira de Araujo
Maicon H. L. F.da Silva Barros
Manfredo Veloso B. Correia Lima
Manoel Marinho

Marcílio André Félix Feitosa
Marcone Isidorio de Sena Junior
Margarida Regueira da Costa
Maria Lencastre
Maria Renay Barbosa da Silva
Mariana Lissa Saruhashi
Mariella Falcão de Lima O. Santos
Marlos Henrique C. Macedo
Maurício Costa Goldfarb
Messias Rafael Batista
Micaella Raíssa Falcão de Moura
Michelle Felix de Andrade
Monique S. de Lima e S.Tomaz
Paternak De Souza Barros
Paulo Fernando Silva Sousa
Pedro Henrique Cabral Valadares
Pedro Henrique Meira de Araújo
Pedro Luiz Sales Guerra Camara
Rayssa Valéria da Silva
Remy Eskinazi Sant´Anna
Renata Freire de Paiva Neves
Renato da Silva Pereira
Ricardo Ataíde de Lima
Rita de Cássia M. do Nascimento
Roberta Andrade de A. Fagundes
Rodrigo de Paula Monteiro
Rogério Mendes da Silva
Rogério Pontes de Araújo
Sabrina Rayane Silva Lucena
Sandro Ribeiro
Sara Raquel Araújo Leal Martins
Sergio Campello Oliveira
Sérgio Mário Lins Galdino
Sergio Peres
Simone Rosa da Silva
Stela Fucale
Stephany Rayane Silva Rodrigues
Thiago Domingos de A. Lemos
Umberto Tenório de Barros Filho
Victor Marcelo Estolano de Lima
Vinícius Francis B. de Azevedo
Vladimir Homobono Soares
Willames de Albuquerque Soares
Wladimir Farias Tenório Filho
Yêda Vieira Póvoas

# SUMÁRIO

**ENGENHARIA CIVIL ..... 14**

Avaliação do solo natural presente no IFPB - Campus Monteiro para a produção de adobe ..... 15

Evidências estatísticas da correlação entre idade e manifestações patológicas em edifícios públicos ..... 17

Dinâmica espacial do descarte irregular de RCC em contexto urbano: O caso de Recife-PE ..... 19

A experiência prática de um estudante internacional em estágio docência no CCETópicos Avançados de Sustentabilidade –TAS ..... 21

ODS 6 no Brasil: Análise de indicadores de Monitoramento do Acesso à Água e ao Saneamento ..... 23

ODS 6: Análise Comparativa do Conhecimento de Estudantes de duas Escolas Públicas do Recife sobre Recursos Hídricos e Saneamento ..... 25

Avaliação da percepção dos usuários para o uso racional da água: um estudo no prédio do Tribunal de Contas de Pernambuco ..... 27

A descarbonização da Universidade de Pernambuco como parte do Plano de Logística Sustentável: Etapa 1 - Escola Politécnica de Pernambuco ..... 29

Geotecnologias como instrumento de análise de áreas suscetíveis a movimentos de massa em um município da Região Metropolitana do Recife (RMR) ..... 31

Geotecnologias na Prevenção: O Estudo da Suscetibilidade a Movimentos de Massa em Igarassu (PE) ..... 33

Caracterização física e mecânica de um solo erosivo na Ilha de Itamaracá/PE ..... 35

Democratizando o Acesso à Educação Superior em Engenharia em PE: Diagnóstico e Ações ..... 37

Utilização de geotecnologias no mapeamento de pontos de resíduos sólidos no perímetro urbano da Ilha de Itamaracá/PE ..... 39

Análise Computacional da Porosidade em Testemunhos de Rocha da Formação Maria Farinha em Paulista/PE ..... 41

Análise Preliminar das Encostas do Sítio Histórico de Olinda ..... 43

Experiência de ensino baseado em projetos para o curso de engenharia civil ..... 45

Geotecnia e Preservação do Patrimônio: Análise Comparativa das Condições do Sítio Histórico de Olinda entre os Anos 1980 e a Atualidade ..... 47

Avaliação do potencial industrial da síntese de Fischer-Tropsch para a produção de combustíveis sustentáveis ..... 49

Análise do estado de conservação da Igreja de Santo Antônio através da elaboração de mapas de danos 51

Mapeamento de manifestações patológicas em edificações históricas: Estudo de caso do Convento de Santo Antônio ..... 53

Patologia em azulejos portugueses do século XIX no Recife: Uma análise da fachada azulejar na Rua São Gonçalo n° 42 ..... 55

Aplicação da Fotogrametria no Levantamento Arquitetônico: Estudo de Caso do Bloco A da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco ..... 57

Risco Ambiental e Declividade: Uma Abordagem com Geotecnologias no Bairro Dois Unidos, Recife/PE. 59

Pedologia e Geoprocessamento: Aliados na identificação de riscos Ambientais em Recife/PE ..... 61

Fotogrametria como ferramenta para mapa de danos em azulejos: Estudo de caso em uma fachada do Bloco A da Escola Politécnica da UPE ..... 63

Indicadores de consumo de água em prédios administrativos: uma revisão de literatura ..... 65

Caracterização de materiais e sistemas construtivos em edificações históricas ..... 67

Análise do desenvolvimento do sistema de esgotamento Sanitário no município de Camaragibe – PE ..... 69

Estudo do potencial de economia de água de uma edificação do tipo escolar ..... 71

Identificação das patologias presentes nas fachadas da Igreja de Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos do Recife ..... 73

Aproveitamento de água gerada por condicionadores de ar para fins não potáveis em edificação escolar . 75

Potencial de uso de drones em inspeções de barragens: estudo de caso em Pernambuco ..... 77

Análise de Estruturas e de Intervenções Urbanas no Sítio Histórico de Olinda. ..... 79

Inspeção Visual e Priorização de Manutenção de Pontes nas Microrregiões do Estado de Pernambuco ... 81

Análise estatística das manifestações patológicas nos azulejos da Sala do Capítulo do Convento de Santo Antônio: Uma aplicação do Teste Qui-Quadrado ..... 84

Análise de correlação das manifestações patológicas em fachadas de edifícios de alvenaria resistente: um estudo de caso em Jaboatão dos Guararapes-PE ..... 86

Análise mineralógica de blocos cerâmicos de embasamento em edifício de alvenaria resistente: Estudo de Caso em Jaboatão dos Guararapes/PE. ..... 88

Estudo da degradação e composição química de azulejos de Athos Bulcão em equipamento modernista pernambucano ..... 90

Reaproveitamento de Perfis e Chapas Metálicas em Construção de Obra de Arte Especial na Cidade de Recife/PE ..... 92

Uso de resíduos de construção civil como subsídio para o melhoramento de solos em áreas de risco: uma revisão sistemática de literatura. ..... 94

Estado da arte em argamassas de restauro: materiais, técnicas e desafios na preservação do patrimônio construído ..... 96

Segurança e saúde ocupacional na produção de concreto com cinza de casca de arroz (RHA): riscos da sílica e medidas preventivas – uma revisão sistemática ..... 98

Avaliação não destrutiva de concretos de escória álcali-ativada com cinza de bagaço de cana utilizando ensaios de ultrassom e modelagem estatística avançada ..... 100

Interação entre o relevo e características pedológicas como fatores de risco a movimentos de massa no bairro de Vasco da Gama Recife/PE ..... 102

Correlação entre o uso e cobertura da terra e a suscetibilidade a movimentos de massa no Cabo de Santo Agostinho-PE ..... 106

Efeito de ações de fiscalização e embargos de auditores fiscais do trabalho sobre a ocorrência de acidentes na construção de edifícios ..... 108

A viabilidade do uso de poliestireno expandido e conchas marinhas como argamassa isolante para unidades habitacionais sociais ..... 110

Geomorfologia e Risco: Mapeamento de Suscetibilidade a Deslizamentos em Paulista/PE ..... 113

Uso de geotecnologias para a caracterização fisiográfica de condicionantes a deslizamentos em um município da Região Metropolitana do Recife. ..... 115

Guia para a resolução de conflitos durante a elaboração de modelos BIM de projetos de instalações prediais ..... 117

Modelo de Plano de Inspeções para Conservação do Patrimônio Ferroviário: Estudo de Caso da Estação do Brum, Recife/PE. ..... 119

Análise de manifestações patológicas em patrimônio histórico edificado: estudo de caso da Igreja de Nossa Senhora do Pilar em Recife/PE ..... 121

Diagnóstico de vazamentos visíveis e estimativa de perdas em edifícios do Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco: uma análise preliminar ..... 123

Identificação de áreas adequadas para implantação de ecoestações com base em pontos de descarte irregular no Cabo De Santo Agostinho/PE. ..... 125

O uso da tecnologia de mapeamento acústico na definição da implantação de um edifício residencial próximo a fontes de ruído rodoviário ..... 127

Avaliação de técnicas de caracterização aplicadas em alvenarias históricas com umidade ascensional: uma revisão sistemática da literatura ..... 129

Métodos de Reforço para Prédios tipo “Caixão” na RMR: Abordagem Integrada ..... 131

Inspeção de Fachadas de Patrimônio Histórico com VANTs: Diagnóstico de Patologias na Igreja Nossa Senhora do Carmo, Olinda-PE. ..... 133

Avaliação da confiabilidade de sensores de umidade de baixo custo aplicados ao monitoramento do jardim de chuva da Poli-UPE ..... 135

Avaliação de projeto de acessibilidade arquitetônica e informacional por meio da realidade virtual ..... 137

Análise da incidência e padrões de manifestações patológicas em função da altura de fachadas com revestimento cerâmico: estudo de caso ..... 139

A viabilidade econômica e ambiental da substituição parcial do cimento por pó da concha do sururu (*Mytella falcata*) na produção de compósitos cimentícios ..... 141

Caracterização química e mineralógica com reconstituição de traço em argamassas históricas do século XVII do convento franciscano de Ipojuca/PE ..... 143

Protocolo de verificação da qualidade da informação BIM para orçamentação: diretrizes baseadas na NBR ISO 19650 ..... 145

Análise da resistência de compressão axial do concreto permeável com aditivo promotor de resistência. 147

Avaliação e propostas para sistemas de ancoragem em edifício residencial em Fortaleza ..... 149

Vivências em Monitoria: Contribuições Acadêmicas e Formativas em Componentes Curriculares de Extensão ..... 151

Uso do *Kahoot!* como estratégia de Gamificação para motivação na disciplina Expressão Gráfica I ..... 153

Ferramenta para análise de viabilidade econômico-financeira da implantação de reservatórios com aduelas de concreto em projetos de infraestrutura urbana - estudo de caso em Recife-PE ..... 155

Proposta de Dispositivo de Baixo Custo para Detecção de Corrente Elétrica em Postes de Iluminação Pública em Áreas Alagadas na Cidade do Recife ..... 157

Abastecimento de água: Simulações hidráulicas para um melhor dimensionamento. ..... 159

**ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO ..... 161**

Priorização de Dívida Técnica com Análise Estática e Auto-Admitida: Uma abordagem preliminar ..... 162

Aplicação de LLMs na Criação de Avatares Digitais ..... 164

Integração Semântica de Dados Clínicos em Saúde Materna ..... 166

Em busca de uma Estratégia para Transferência de Tecnologia na UPE ..... 168

Avaliação do Impacto de Estratégias de Pré-Processamento de Sequências de Eventos de Aprendizagem em Algoritmos de Mineração de Padrões Sequenciais ..... 170

Alinhamento de embeddings visuais e textuais de baixo custo computacional via destilação multimodal . 172

Copilot Médico: Assistente Inteligente para Apoio ao Diagnóstico e Gestão de Pacientes. ..... 174

Serenamente: Inovação no apoio à saúde mental no trabalho, diante das novas exigências da NR-1 ..... 176

Painel interativo de óbitos fetais em Pernambuco: Análise sociodemográfica para o monitoramento da saúde materno-infantil ..... 178

Relato de Experiência: Monitoria DCExt Programação Imperativa 2025.1 ..... 180

Avaliação das Técnicas de Explicabilidade (XAI) em Modelos de Classificação aplicados a dados não estruturados e desbalanceados ..... 182

Plataforma FAP - Gestão Educacional em Projetos de Formação Tecnológica: Um Estudo de Caso sobre Desenvolvimento de Software ..... 184

Clusterização Hierárquica de Mesorregiões com Base de Dados do SINAN: Um Estudo sobre Tuberculose no estado de Pernambuco ..... 186

PoliMap: Ambiente integrado com Godot e React para Navegação Eficiente no campus universitário ..... 188

A influência do detalhamento de instruções no prompt na acurácia de replicação de diagramas de classes UML pelo ChatGPT4: um Experimento Controlado ..... 190

Aplicação de Redes Neurais para Evasão Escolar ..... 192

Desenvolvimento de um Ambiente de Simulação em Tempo Real para Teste de Scripts em Sistemas Industriais ..... 194

Predição de Mortalidade em UTIs com Modelos de Machine Learning: Um Estudo com Kernel Ridge, SVC Calibrado e AdaBoost ..... 196

Engenharia de Software Inclusiva com Suporte de IA e Avaliação de Qualidade: Desenvolvimento de Soluções Acessíveis para Transtorno do Espectro Autista ..... 198

Revisão Integrativa dos métodos de aprendizado de máquina utilizados na predição da qualidade de Solda a Ponto a Resistência ..... 200

Eficiência operacional na extração de dados de balanços patrimoniais utilizando modelos de extração qualificados ..... 202

Aprendizado Profundo Aplicado à Modelagem Analógica Virtual de Pedais de Efeito ..... 204

Aplicação de Algoritmos Bio-inspirados no Aprimoramento de Modelos de Prevenção à Fraude ..... 206

Sistema Híbrido Baseado em Aprendizado de Máquina para Detecção e Classificação de Falhas em Placa de Circuito Impresso (PCI) ..... 208

Diagnóstico Automatizado de Câncer de Mama por Imagens Mamográficas usando Classificação BI-RADS com Segmentação e IA Generativa ..... 210

Um Modelo para Identificação de Estilos de Aprendizagem em Estudantes de Engenharia Usando Processamento de Linguagem Natural ..... 212

Regularização de Dados Elaborada: Caminhos para a Consistência e Confiabilidade na Generalização Robusta ..... 215

Análise de Tipologias de Lavagem de Dinheiro em uma Rede de Correlação de Contas Bancárias utilizando Métodos de Ciência da Redes ..... 217

Uma abordagem baseada em Isolation Forest para detecção robusta de anomalias em máquinas industriais usando *Out-of-Distribution* ..... 219

Detecção de Cyberbullying com Abordagens de Deep Learning em uma Base Multiclasse ..... 221

Monitoramento em Tempo Real do Efeito Terapêutico de Pressão Aplicada por Faixas Compressivas para Tratamento da Doença de Parkinson ..... 223

CAREFL: CONTEXT-AWARE RECOGNITION OF EMOTIONS WITH FEDERATED LEARNING ..... 225

Um Estudo Comparativo entre Modelos de NER para Documentos de Identidade e Notas Fiscais ..... 227

Seleção de Características com Algoritmos Bioinspirados para Acurácia e Eficiência na Previsão do IPCA 229

Medição de Pressão aplicada por faixas compressivas em tratamento de Terapia Ocupacional em pessoas com Doença de Parkinson ..... 231

Análise do Impacto do Tamanho do Conjunto de Dados de Treino no Desempenho de Modelos de Extração de Dados ..... 233

Análise de Padrões em Casos Jurídicos com Mineração de Processos e Machine Learning ..... 235

Detecção de anomalias na análise de logs utilizando técnicas de machine learning ..... 237

Estudo de Correlação entre Saneamento Básico e Saúde Coletiva no Município de Santa Cruz do Capibaribe (PE) ..... 239

Uso de visão computacional para detecção de imagens para controle de drones ..... 241

Desenvolvimento de um sistema de inteligência artificial generativa para apoio à decisão clínica em teleconsultas no CISAM ..... 243

Ciência de Dados em pré-diagnóstico para auxílio na tomada de decisões em teleconsultas no CISAM .. 245

Parceria Indústria–Academia no Desenvolvimento de Soluções de Software Acessível ..... 247

LYBPhishing: Uma Proposta para Detecção do Uso Fraudulento de Marcas Utilizando IA Generativa ..... 249
Responsible Artificial Intelligence para Aplicações Legais: A Necessidade da Tradução de Requisitos Normativos em Requisitos Funcionais ..... 251
Detecção Inteligente de Ataques Phishing: Seleção Automática e Explicável de Modelos e Hiperparâmetros 253
Análise de Representações de Sinais para Detecção de Anomalias em Ambientes Industriais ..... 255
Ontologia em moeda social digital ..... 257
Detecção de características associadas ao Transtorno do Espectro Autista em crianças por meio da análise das funções executivas utilizando jogos sérios e técnicas de Machine learning no ambiente escolar ..... 259
Desenvolvimento de um protótipo de Comunicação Aumentativa Alternativa para crianças com Transtorno do Espectro Autista ..... 261
Aplicação de Machine Learning na Gestão de Dívida Técnica: um benchmark de ferramentas ..... 263
Panorama Preliminar de Ferramentas para Apoio à Mitigação da Dívida Técnica de Requisitos ..... 265
Avaliação dos modelos de inteligência artificial na predição de mortalidade neonatal em Pernambuco contornando dados faltosos ..... 267
Estratégias de Inclusão em Plataformas LMS e LXP para Estudantes Neurodivergentes na Graduação em Ciência da Computação ..... 270
Articulando Colaborações entre Indústria, Academia e Governo com Suporte de PLN: Uma Abordagem Baseada em Inteligência Artificial ..... 272
Mapeamento de Técnicas de Autoencoders Explicáveis para Detecção de Anomalias em Diferentes Domínios de Dados ..... 274
Desenvolvimento de um Chatbot para Apoio à Transformação Digital: Estudo Preliminar do TransforMind 276
Otimização da Alocação de Equipes de Endemias com Inteligência de Enxames: Uma Abordagem Estratégica para Caruaru-PE ..... 278
Aplicações de Técnicas de Processamento de Linguagem Natural no Contexto das Vacinas: Uma Revisão Integrativa ..... 280
Modelagem de Emoções Anômalas por Fusão Multicanal com Atenção Cruzada em Ambientes Não Controlados ..... 281
Técnicas de Explicabilidade (XAI) Aplicadas em Modelos Automatizados de Correção de Exames Discursivos de Acesso a Instituições de Ensino Público em Angola. ..... 283
Desenvolvimento de um protótipo de Comunicação Aumentativa Alternativa para crianças com Transtorno do Espectro Autista ..... 285
**ENGENHARIA ELÉTRICA/ ELETRÔNICA/ DE TELECOMUNICAÇÕES ..... 287**
Semana Carranca: Fortalecendo a Educação Prática em Engenharia e Robótica ..... 288
Monitoramento da Pressão do Freio em Veículos do Tipo Mini Baja ..... 290
Proposta de retrofit das instalações elétricas de uma edificação histórica ..... 292
Introdução à Engenharia no Ensino Básico: Uma abordagem STEM Utilizando Energias Renováveis 294
Estimação dos Parâmetros de um Módulo Fotovoltaico de Diodo Único (MFDU): Uma Aplicação do Algoritmo Levenberg-Marquardt ..... 296
Desafios da modelagem na tomografia por emissão de pósitrons ..... 298
Desenvolvimento e implementação do sistema de controle para um gerador de pulsos de corrente para ensaios com Dispositivos de Proteção contra Surtos ..... 300
Projeto, Desenvolvimento e Testes de Piranômetros de Baixo Custo - Uma Avaliação de Acurácia e Custo 302
Indicador de Corrente de Fuga ..... 304
Dispositivo para o reconhecimento de padrões sonoros para deficientes auditivos ..... 306
Protótipo de CLP Modular Baseado em Raspberry Pi e ESP32-S2 Utilizando Comunicação Modbus TCP/IP 308
Alarme Inteligente com ESP32 e Notificação via Telegram ..... 310

Competições Acadêmicas como Estratégia para Reduzir a Evasão em Cursos de Engenharia: A Arena Micromouse ..... 312
**FÍSICA DE MATERIAIS ..... 314**
Dinâmicas de Opinião e Sociofísica em Redes Temporais ..... 315
Simulações da comutação dinâmica da quiralidade de vórtices magnéticos em estruturas ferromagnéticas 317
Dinâmica orbital de um satélite na vizinhança de um sistema binário de asteroides totalmente síncronos 319
Otimização de parâmetros de células fotovoltaicas de duplo-diodo usando o método de Levenberg-Marquadt ..... 321
Análise e Otimização de Constelações de Satélites Estudo sobre Mecânica Orbital e Impacto de Falhas 323
Caracterização mecânica e estrutural de compósitos PCL/PBAT incorporados com nanopartículas de ferrita de cobalto ..... 325
Biofísica clínica na eletroestimulação em seres humanos ..... 327
Estimulação elétrica encefálica na prática médica ..... 329
Ressonância magnética: uma abordagem da biofísica clínica ..... 331
Dinâmica de propagação de epidemias entre cidades dispostas em redes complexas ..... 333
Estudo Micromagnético de Nanofios Ferromagnéticos Usando Simulação Computacional ..... 334
Simulação Micromagnética de Paredes de domínio magnético para memórias computacionais ..... 336
Estrutura de Consenso Rápido para Aplicações Blockchain ..... 338
Modelagem em ressonância magnética para diagnóstico médico ..... 340
Modelagem da termografia em biofísica clínica ..... 342
Termografia infravermelha: imagem diagnóstica na prática médica ..... 344
Localização Fraca no Transporte Eletrônico em Sistemas Mesoscópicos ..... 346
Realização de Experimentos de Baixo Custo no Ensino de Física ..... 348
Simulação Computacional de Sistema com Poucos Graus de Liberdade - Uma Visita ao Problema de Três Corpos ..... 350
Terinha, um seguidor de linha para competições ..... 352
Tecnologia preditiva para conservação de recifes de coral: desenvolvimento de aplicativo móvel com base em análise multivariada ..... 354
**ENGENHARIA MECÂNICA/ DE AUTOMAÇÃO ..... 356**
Os Efeitos do Endplate como Dispositivo Aerodinâmico para Uma Aeronave Rádio Controlada ..... 357
Modelagem de um Sistema de Transmissão 4x4 para Veículos do Tipo Mini Baja ..... 359
Monitoramento Térmico da Proteção da CVT em Veículos do Tipo Mini Baja ..... 361
ProgramAuto ..... 362
A Importância da Robótica Competitiva para a Formação Profissional dos Jovens ..... 363
Análise do resfriamento de uma bateria de íons de lítio por materiais de mudança de fase: uma aplicação para veículos elétricos ..... 365
Tecnologias Habilitadoras Aplicadas a Segurança Industrial – Aplicação de Realidade Virtual e Aumentada no Bloqueio de Energias Perigosas ..... 367
Desenvolvimento e avaliação de nanocompósitos híbridos baseados em grafeno e óxidos metálicos para conversão de energia solar ..... 369
Produção de Etanol a partir da Biomassa da *Eichhornia crassipes*: Uma Alternativa Sustentável para o Controle de Plantas Invasoras e Geração de Energia Renovável ..... 371
Monitoria em Resistência dos Materiais 2: Estratégias para Melhor Compreensão e Desempenho Acadêmico ..... 373

Segurança Cibernética: Uma Breve Introdução ..... 375
Modelagem preditiva do armazenamento adsortivo de gás natural utilizando aprendizado de máquina ... 377
**ENGENHARIA DE SISTEMAS ..... 379**
Modelagem de Degradação de Baterias $LiFePO_4$ (LFP) em Aplicações de Armazenamento de Energia .. 380
O Uso de Derivativos Financeiros no Setor de Energia Elétrica Brasileiro: Uma Análise de Risco e Retorno 382
Abordagem inovadora para produção de hidrogênio utilizando torre solar com heliostato e reformador de membrana com armazenamento de energia térmica: análise da reforma a vapor do etanol ..... 384
Gamificação na Engenharia: Ensino de Energias Renováveis com Apoio de Tecnologias Educacionais Interativas ..... 386
Ferramentas Preditivas para Diagnóstico e Prognóstico de Falhas em Máquinas de Manufatura: uma Revisão Sistemática da Literatura ..... 388
Metodologia STEM no Ensino do Sistema de Conversão de Bases Numéricas Através de um Jogo Educativo ..... 390
Estratégia de compressão de modelo de aprendizado profundo aplicada à esteganálise de imagens digitais: Compartilhamento de pesos e quantização ..... 392
Estudo de Caso de um Sistema Híbrido de Armazenamento com Geração Fotovoltaica em Microrrede para Carga Crítica ..... 394
Relação entre Variabilidade Climática e Desempenho Fotovoltaico: Aplicação de Técnicas Estatísticas e Modelos de Regressão ..... 396
Produção de Hidrogênio Verde a partir do Lodo de Esgoto: Uma Revisão Sistemática da Literatura ..... 398
Dimensionamento de Soluções Híbridas com BESS: Metodologia Estruturada e Evidências Aplicadas ... 400
Avaliação de Arcabouço Regulatório Quanto à Inserção de Armazenamento de Energia em Várias Jurisdições: Acertos e Erros ..... 402
Aplicação de sistemas de armazenamento de energia por baterias nos serviços auxiliares de subestações do sistema interligado nacional - SIN ..... 404
Protótipo de Simulador Solar Inteligente Com Fontes Halógena e de LED Para Caracterização de Equipamentos Solares Comerciais ..... 406
Otimização Energética e Térmica de Fornos de Vidro Float por Meio de CFD ..... 407
Modelagem e Simulação dos Processos Acoplados de Reforma Seca do Biogás a partir de Biomassa e Síntese de Fischer-Tropsch ..... 409
Estratégias de arbitragem no mercado de energia com BESS ..... 411
Revisão da Literatura Sobre o Impacto de Diferentes Condições de Operação na Capacidade de Generalização de Modelos de Detecção de Anomalias ..... 413
Revisão da Literatura Sobre Detecção de Anomalias em Dispositivos Industriais ..... 415
Imputação de Dados Faltantes em Séries Temporais Multivariadas Aplicadas à Detecção de Anomalias 417
Transporte de Calor em Dispositivos Baseados em Cristal Líquido Nemático ..... 418
Aplicação de Sistema de Monitoramento de Baixo Custo para Predição de Desgaste de Ferramentas em Usinagem ..... 419
Construção de conjunto de dados experimental em sistemas de transmissão mecânica para aplicações computacionais em diagnóstico de falhas ..... 421

# ENGENHARIA CIVIL

# Avaliação do solo natural presente no IFPB - Campus Monteiro para a produção de adobe

**Humberto Mycael Mota Santos, Universidade de Pernambuco (hmms@poli.br)**
**Emilia R. Kohlman Rabbani, Universidade de Pernambuco (emilia.rabbani@upe.br)**
**Luka Monday, Universidade de Pernambuco (lm@poli.br)**

A construção com terra, especialmente por meio do uso do adobe, representa uma das práticas mais antigas da arquitetura vernácula mundial. Ao longo da história, essa técnica tem sido reconhecida por seu baixo impacto ambiental, eficiência térmica e viabilidade econômica, características que a tornam particularmente atrativa em contextos de sustentabilidade e autoconstrução (Santos; Bessa, 2020; Brito del Pino *et al*., 2021; Minke, 2022). No Brasil, o adobe teve presença marcante na formação dos assentamentos coloniais e ainda hoje é encontrado em construções rurais, apesar do seu uso ter sido gradualmente substituído por materiais industrializados (Santos, 2008). O adobe é obtido a partir da mistura de solo, água e, em alguns casos, fibras vegetais ou sintéticas, cimento, cal e entre outras para estabilização e melhoria de desempenho mecânico (ABNT, 2020; Bertelsen *et al*., 2021). A escolha adequada do solo é um dos fatores críticos para garantir a qualidade e durabilidade do bloco. Estudos demonstram que solos com composição equilibrada de areia, silte e argila, além de testes empíricos de coesão e resistência, são fundamentais para o sucesso da técnica (Carazas; Rivero, 2002; Brito del Pino *et al*., 2021). A NBR 16814 destaca que solos orgânicos (ou contendo matéria orgânica em decomposição) ou com comportamento expansivo não podem ser utilizados. Nesse contexto, a avaliação do solo local se torna essencial para a aplicação bem-sucedida do adobe. A literatura atual propõe metodologias que combinam testes laboratoriais e ensaios de campo simples para determinar a aptidão de um solo à produção de adobe sustentável. Com relação aos ensaios de campo, é possível avaliar empiricamente indicativos de plasticidade, coesão, capacidade aglutinante e resistência do solo (Brito del Pino *et al*., 2021). Diante desse panorama, este artigo tem como objetivo analisar a viabilidade do solo presente no Instituto Federal da Paraíba – *Campus* Monteiro para a fabricação de blocos de adobe, por meio de ensaios de campo baseados em metodologias simples. O estudo contribui não apenas para a compreensão técnica da aptidão do solo local, mas também para a valorização de práticas construtivas sustentáveis, alinhadas aos princípios de inovação social e preservação do conhecimento ancestral. A metodologia adotada segue os procedimentos descritos por Brito del Pino *et al*. (2021) e Minke (2020), consistindo inicialmente na coleta e preparação (peneiramento com malha de 4,76 mm e secagem em estufa) de amostras de solo representativas do campus do IFPB – Monteiro. Em seguida, foram realizados os seguintes ensaios manuais de campo: teste de sedimentação (granulometria): para estimar a proporção de areia, silte e argila; teste de coesão (teste da tira): para observar a plasticidade e resistência coesiva; teste da queda de bola: para avaliar a consistência da mistura e a capacidade de aglutinação; e teste de resistência manual: através da confecção e compressão manual de discos secos. Os resultados obtidos permitiram identificar se o solo disponível pode ser adequado para a produção de adobe, além de gerar dados úteis para futuras propostas de uso em obras experimentais e educativas. Com base na aplicação dos ensaios de campo, observou-se que o solo do Instituto Federal da Paraíba – *Campus* Monteiro possui características compatíveis com as exigências previstas nos testes de campo para a fabricação de adobe. O teste de sedimentação indicou uma proporção adequada entre areia, silte e argila, ficando a quantidade de areia entre 1,5 e 3 vezes a quantidade de silte e argila, com teores de argila entre 15% e 25%, favorecendo a plasticidade e a capacidade de moldagem do material (Morales *et al*., 1993). No teste de coesão (teste da tira), obteve-se um comprimento de bioconstrução. A avaliação do solo do IFPB – *Campus* Monteiro, por meio de ensaios simples de campo, demonstrou resultados positivos quanto à sua viabilidade para a produção de blocos de adobe. Os testes realizados permitiram verificar empiricamente que o solo apresenta

proporções adequadas entre areia, silte e argila, boa plasticidade, coesão, capacidade aglutinante e resistência. Os achados reforçam a importância de revalorizar técnicas construtivas tradicionais como o adobe, que aliam sustentabilidade, baixo custo e eficiência térmica. Futuras etapas poderão incluir ensaios laboratoriais normatizados para aprofundar a caracterização físico-mecânica do material, bem como investigações com aditivos naturais ou recicláveis, visando à melhoria do desempenho dos blocos de adobe.

**Palavras-chave:** *Adobe; construção com terra; ensaios de campo; sustentabilidade.*

**Referências**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16814:** Adobe — Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2020.

BERTELSEN, I. M. G.; BELMONTE, L. J.; FISCHER, G.; OTTOSEN, L. M. Influence of synthetic waste fibres on drying shrinkage cracking and mechanical properties of adobe materials. **Construction and Building Materials**, v. 286, 2021.

BRITO DEL PINO, J. F.; HERRERA, N. M. S; PEÑARANDA, C. A. M.; CRUZ, D. T. Elaboración de adobe sostenible. **Revista DAYA**, n. 11, 2021.

CARAZAS AEDO, W.; RIVERO OLMOS, A. **Bahareque: guía de construcción para sísmica**. Ediciones CRATerre, 2002.

MINKE, G. **Manual de Construção com Terra:** A terra como material de construção e seu uso na arquitetura. Bahia: Solisluna Editora, 2022.

MORALES, R. M.; CABREJOS, R. T.; RENGIFO, L. A.; CANDIOTTI, C. I. **Manual para la construcción de viviendas de adobe**. Lima, Perú, 1993.

SANTOS, D. P.; BESSA, S. A. L. O uso do adobe no Brasil: uma revisão da literatura. **Mix Sustentável**, v. 6, n. 1, p. 53–66, 2020.

SANTOS, R. E. **A armação do concreto no Brasil:** história da difusão do sistema construtivo concreto armado e da construção de sua hegemonia. Tese de doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2008.

# Evidências estatísticas da correlação entre idade e manifestações patológicas em edifícios públicos

**Everton Gabriel Medeiros da Silva, Universidade de Pernambuco (egms@poli.br)**
**Alberto Casado Lordsleem Jr., Universidade de Pernambuco (acasado@poli.br)**
**Emanoel Silva de Amorim, Faculdade de Ciências Humanas – ESUDA (emanoel@esuda.edu.br)**
**Willames de Albuquerque Soares, Universidade de Pernambuco (was@poli.br)**

A durabilidade e desempenho das edificações públicas está relacionada com a eficiência das estratégias de manutenção aplicadas ao longo da sua vida útil (Piaia; Costa; Quinello, 2022; Silva; Lordsleem Júnior; Cabral, 2025). Baseado nas normas NBR 5.674 (ABNT, 2012) e NBR 17.170 (ABNT, 2022), a eficiência da gestão predial, dentre outras coisas, deve ser apta a controlar a ocorrência de falhas recorrentes dos sistemas construtivos em função de ações programadas. No entanto, esta prática não é amplamente observada no trato dos edifícios públicos, sendo comum observar que, mesmo em face de um enquadramento legal adequado no ambiente das instituições públicas brasileiras, as manutenções preventiva e preditiva são desprezadas em função da prática de ações corretivas (Viana *et al*., 2022). Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar estatisticamente a relação entre a idade das edificações públicas e a incidência de manifestações patológicas. Para isso, a pesquisa foi efetuada com base na quantificação de representações de manutenções corretivas abertas no ano de 2022 relativas a 134 edificações, majoritariamente térreas, de uma instituição federal, divididas em cinco faixas etárias: 0-5, 6-10, 11-20, 21-49 e superior a 50 anos. O tratamento desses dados foi efetuado através de planilhas eletrônicas e a organização destas por sistemas e subsistemas construtivos, segundo preceitos da NBR 15.575 (ABNT, 2013), NBR 16.858 (ABNT, 2020), NBR 16.401 (ABNT, 2020) e NBR 15.848 (ABNT, 2010). A metodologia adotou abordagem quantitativa, aplicada e experimental, com análise estatística descritiva e inferencial, especialmente por meio do Teste dos Sinais Relativos à Mediana Populacional. Desta forma, foi testada a Hipótese Nula (H0) de que a idade das edificações influencia diretamente a quantidade de manifestações patológicas apresentadas pelas edificações. Como procedimentos, foram adotados Hipótese Nula igual à Mediana Populacional (H0 = μ0) e Hipótese Alternativa maior que a Mediana Populacional (Ha > μ0). Após, determinou-se o valor ‘p’. Se o valor de ‘p’ encontrado for superior ao α, não se pode rejeitar H0. Os resultados revelaram que os sistemas e subsistemas com maior incidência de manifestações patológicas foram: a cobertura (com danos em calhas e rufos), os sistemas estruturais e de vedação vertical (através de infiltrações), piso (desplacamentos) e o sistema de climatização (por meio de vazamentos de gás). No que tange às faixas etárias, as edificações entre seis e dez anos obtiveram um aumento considerável de ocorrências (131 casos) em relação as que se encontram na faixa de zero a cinco anos (76 ocorrências), onde a garantia concedida ao adquirente pelo Código de Defesa do Consumidor (BRASIL, 1990), Código Civil Brasileiro (BRASIL, 2002) e NBR 17.170 (ABNT, 2022) ainda vigora. Contudo, após os 11 anos (240 ocorrências) a tendência é que a quantidade de manifestações patológicas estabilize (260 ocorrências em edificações com mais de 50 anos), como também indicado por Novaes e Poznyakov (2021). A análise estatística confirmou a hipótese de que a idade das edificações influencia diretamente na quantidade de manifestações patológicas, pois o valor-p calculado foi superior ao nível de significância adotado (α = 0,5), o que impediu a rejeição da hipótese nula. O comportamento observado enfatiza que a sistematização de práticas de manutenção em sistemas prediais com base em indicadores técnicos é um fator importante, uma vez que é possível realizar ações preventivas mais eficientes, conforme observado por Gressler *et al.*

(2020). Além disso, a pesquisa também revelou que, apesar de sistemas informatizados de controle de manutenção e a existência de regulamentação por normas técnicas, o desempenho da manutenção em natureza corretiva, enquanto alcança a eficiência da gestão, gera uma redução da vida útil de projeto (VUP), maior custo de operação e repetição de falhas passíveis de serem evitadas por planejamento e qualificação técnica. Conclui-se, portanto, que o estudo da relação entre a idade e a incidência de manifestações patológicas em edificações públicas fornece subsídios importantes para a tomada de decisões técnicas e estratégicas para a gestão desses ativos públicos, contribuindo para a melhoria da destinação dos recursos e conservações desses edifícios.

**Palavras-chave:** *Manutenção; gestão; edifícios públicos; conservação.*

**Referências**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15848**: Gestão do desempenho de edificações – Diretrizes para avaliação pós-ocupação. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401**: Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16858**: Inspeção predial – Diretrizes, conceitos, terminologia e procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17.170**: Edificações – Garantias – Prazos recomendados e diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5.674**: Manutenção de edificações – procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

BRASIL. **Lei nº 10.406**, de 10 de janeiro de 2002. Código Civil Brasileiro.

BRASIL. **Lei nº 8.078**, de 11 de setembro de 1990. Código de Defesa do Consumidor.

GRESSLER, F. F. *et al*. Diagnóstico do grau de maturidade do sistema de gestão orientado para a manutenção 4.0. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 14951-14978, 2020.

NOVAES, I. M. M.; POZNYAKOV, K. Patologias em Estruturas de Concreto Armado. **Boletim do Gerenciamento**, v. 22, n. 22, p. 67-78, 2021.

PIAIA, E.; COSTA, M. V. T.; QUINELLO, R. A percepção de gestores de facilities sobre o estado de conservação das infraestruturas prediais no Estado de São Paulo. **Engineering and Science**, v. 11, n. 2, p. 18-30, 2022.

SILVA, E. G. M.; LORDSLEEM JÚNIOR, A. C.; CABRAL, J. K. S. P. Inspeção em Reservatórios Elevados de Água com Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT): revisão sistemática da literatura. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.18, n.2, 1384-1410, 2025.

VIANA, M. R. *et al*. Proposição de modelo de maturidade para as equipes de manutenção: estudos de casos em instituições públicas. **Ambiente Construído**, v. 22, n. 2, p. 43-59, 2022.

# Dinâmica espacial do descarte irregular de RCC em contexto urbano: O caso de Recife-PE.

**Queren-Hapuque de Oliveira Aquino, Universidade de Pernambuco (qoa@poli.br)**
**Luciana Cássia Lima da Silva, Universidade de Pernambuco (lcls@poli.br)**
**Kalinny Patricia Vaz Lafayette, Universidade de Pernambuco (klafayette@poli.br)**

A expansão urbana favorece o setor da construção civil por mobilizar serviços de infraestrutura, habitação, mobilidade e segurança urbana (Nascimento Neto; Dantas, 2025; Braga; Santos, 2024). Essas intervenções, mesmo que necessárias, podem gerar impactos negativos ambientais, sociais e econômicos, principalmente, em relação ao quantitativo da geração e descarte de resíduos da construção civil (RCC), que representa até 70% dos resíduos sólidos urbanos no Brasil (Ferreira *et al.,* 2025; Lima *et al.,* 2024). Diante disso, estima-se uma geração de resíduos de 500 kg/hab.ano, contribuindo para problemas ambientais e de saúde pública, como a proliferação do mosquito *Aedes aegypti* (Galdino; Paiva; Santos, 2023). Assim, para mapear e analisar a distribuição espacial desses resíduos em relação aos recursos hídricos, unidades de saúde e educação é essencial o uso de geotecnologias (Prestes; Nascimento; Graciano, 2024; Pessoa Neto *et al.,* 2023). Portanto, o objetivo deste estudo foi mapear os pontos de deposição irregular de RCC no Recife. Como metodologia foram cadastrados 1.308 pontos de descarte irregular de resíduos, sendo obtidos registros fotográficos e coordenadas geográficas. Em seguida, foram mapeadas as unidades de equipamentos públicos (saúde e ensino) disponíveis no site oficial da Prefeitura do Recife. Em relação aos recursos hídricos, utilizou-se o Modelo Digital de Elevação (MDE) e os dados do programa Pernambuco Tridimensional (PE3D), delimitando as bacias hidrográficas locais (Capibaribe, Tejipió, Beberibe, Jiquiá e Jordão). Com os dados geográficos dos pontos de descarte, dos equipamentos públicos e dos recursos hídricos, foram elaborados os mapas temáticos no software QGIS (versão 3.40.7). A classificação dos riscos seguiu critérios em que os pontos de saúde e educação distantes até 20m do descarte irregular tem maior impacto, e com distâncias superiores a 160m, tem um impacto reduzido. Como resultado dentre os 1.308 pontos de descarte irregular distribuídos nas 6 Regiões Políticas Administrativas (RPAs), a maior quantidade, foi localizado na RPA 4, com 398 pontos, enquanto que a menor quantidade foi mapeada na RPA 2, com 113 pontos de deposição de resíduos. Em relação à distância dos recursos hídricos, constatou-se que apenas 4,9% dos pontos estão até 20 metros dos cursos d'água, com área de risco elevado, enquanto a maioria (77,3%), encontram-se a mais de 120 metros, contribuindo para um cenário positivo. Por fim, verificou-se que, em relação às escolas, apenas um ponto foi classificado como impacto expressivo, enquanto 1.225 foram considerados insignificantes. No que diz respeito às unidades de saúde, 1.241 pontos foram classificados como de baixo risco, resultando em uma situação de exposição reduzida aos impactos ambientais. Assim, pode-se concluir que embora o descarte irregular de resíduos da construção civil seja expressivo na cidade do Recife, sua distribuição apresenta relação mais direta com fatores como densidade populacional e infraestrutura, do que com a quantidade de bairros da região. Em relação à análise espacial, esta demonstrou que a maioria dos pontos de descarte encontra-se distante de áreas sensíveis como cursos d'água e equipamentos públicos, o que configura um cenário de risco ambiental reduzido. No entanto, a presença de pontos próximos a recursos hídricos, ainda que em menor quantidade, reforça a necessidade de ações preventivas e estratégicas de educação ambiental.

**Palavras-chave:** *Resíduos da Construção Civil; Geotecnologias; Risco Ambiental; Descarte Irregular.*

**Referências**

BRAGA, Paulo André Nunes; SANTOS, Heni Mirna Cruz. Gestão de resíduos na construção civil. **Revista FT**, v. 4, n. 20, 2024. DOI: 10.69849/revistaft/fa10202409031555.

FERREIRA, Hugo Souza *et al.* Mapeamento de áreas de descarte irregular de resíduos sólidos no bairro da Pedreira em Belém-Pará (Brasil). **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 7, n. 3, 2025.

GALDINO, Dennis Oliveira; PAIVA, William; SANTOS, Laércio Leal. Diagnóstico ambiental do descarte irregular de resíduos da construção civil em quatro bairros da área urbana de Campina Grande-PB. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, Desarrollo y Práctica**, p. 509–519, 2024.

LIMA, Joana Dark Silva *et al.* Práticas sustentáveis de logística reversa aplicadas na área de construção civil: uma revisão sistemática da literatura. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 15, n. 2, p. e3514, 2024.

NASCIMENTO NETO, José Messias Policarpo; DANTAS, Jéssica Beatriz. Impactos ambientais do descarte de resíduos da construção civil e soluções sustentáveis. **Revista Eletrônica Multidisciplinar de Investigação Científica**, v. 4, n. 20, 2025.

PESSOA NETO, Amaury Gouveia *et al.* Método de análise hierárquica (AHP) para determinar a suscetibilidade a movimentos de massa no bairro da Macaxeira (Recife-PE, Brasil). **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 17, n. 1, p. 5–22, 2023. Disponível em: https://revista.ufrr.br/rga/article/view/7742. Acesso em: 20 jul. 2025.

PRESTES, Mairim Caroline Marquadt; NASCIMENTO, Kleberson Rodrigo; GRACIANO, Luciana. Uso do georreferenciamento como ferramenta para levantamento de dados ambientais da Bacia do Paraná 3 no Núcleo de Inteligência Territorial-PTI. **Tempo da Ciência**, v. 31, n. 61, p. 22, 2024.

# A experiência prática de um estudante internacional em estágio docência no CCETópicos Avançados de Sustentabilidade –TAS

**Luka Monday, Universidade de Pernambuco (lm@poli.br)**
**Emilia R. Kohlman Rabbani, Universidade de Pernambuco (emilia.rabbani@upe.br)**
**Maria Fernanda Martins da Silva Universidade de Pernambuco (mfms1@poli.br)**

Os programas de extensão universitária são considerados essenciais porque integram conhecimentos teóricos e práticos, permitindo aos alunos aplicar o seu aprendizado, melhorar as competências técnicas e interpessoais e fortalecer a consciência crítica e a responsabilidade ético-social, promovendo assim a democratização do conhecimento e a transformação social (Fernández *et al.,* 2025). Por outro lado, os estágios de ensino melhoram a preparação dos alunos de pós-graduação no desempenho de várias responsabilidades, que vão desde o apoio até a observação do comportamento e bem-estar dos alunos (Lehman, 2020). Assim, a incorporação desses elementos no Componente Curricular de Extensão (CCE) promove uma atmosfera que conecta o estagiário, os alunos e a comunidade em geral. Considerando isso, o CCE em Tópicos Avançados em Sustentabilidade (TAS) apresenta aos alunos de graduação, mestrado e doutorado em Engenharia Civil os diversos aspectos e aplicações dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no cotidiano de um engenheiro preocupado com os impactos da construção no bem-estar da sociedade, ao mesmo tempo em que os motiva a propor soluções viáveis para os desafios locais, integrando as dimensões ambiental, econômica e social da sustentabilidade nas atividades de ensino, extensão e pesquisa desenvolvidas no Componente. O CCE TAS oferece uma oportunidade de estágio para um aluno de pós-graduação stricto sensu experimentar práticas de ensino e extensão com alunos de graduação e pós-graduação. Este trabalho tem como objetivo explicar as experiências adquiridas como estudante internacional durante o estágio de ensino no TAS CCE no semestre 2025.1. O processo de estágio começou com uma revisão do plano de ensino do CCE e das apresentações utilizadas nas aulas dos anos anteriores, incorporando novos conteúdos e slides, coordenando o cronograma de aulas e atividades práticas com o professor coordenador do CCE, ministrando conteúdos relacionados à disciplina por meio de aulas supervisionadas pelo professor, auxiliando no planejamento, execução e avaliação das atividades de extensão, ensino e pesquisa, e colaborando na avaliação do processo de aprendizagem dos alunos. Havia uma aula semanal com duração de quatro horas. Normalmente, o planejamento e as reflexões sobre as atividades em sala de aula eram acompanhados por reuniões virtuais semanais antes da aula, com a participação da equipe de ensino, composta pelo professor do CCE, pelo assistente de ensino de graduação que obteve uma bolsa aprovada pelo PROGRAD 2025 para apoiar as atividades do CCE e pelo aluno de mestrado em estágio de ensino. Ao revisar o plano de ensino do TAS e alinhá-lo com as estratégias institucionais, foi realizada uma análise minuciosa do conteúdo do programa em colaboração com o professor para atualizar os tópicos abordados em sala de aula e as referências utilizadas. Além disso, as estratégias de avaliação utilizadas nos semestres anteriores também foram atualizadas. Consequentemente, o convite a professores convidados com foco em sustentabilidade foi cuidadosamente planejado no mesmo processo. Da mesma forma, a plataforma Google Classroom foi usada para centralizar o conteúdo fornecido em sala de aula, incluindo referências, modelos de trabalho desenvolvidos, atividades e feedback aos alunos. Os cargos de estágio de ensino exigiam pontualidade e envolvimento consistente da equipe docente com os alunos. Em uma das aulas, os alunos foram expostos ao projeto de inovação desenvolvido pelo grupo Desenvolvimento Seguro e Sustentável (DESS) intitulado “Descarbonizar a UPE: Etapa 1 - POLI”, que envolveu a catalogação das emissões produzidas pelo consumo de eletricidade, transporte, resíduos sólidos e águas residuais, e sua conexão

com o Plano de Logística Sustentável (PLS UPE), expondo os alunos a essas iniciativas institucionais com as quais eles ainda não estavam familiarizados. Outra experiência adquirida durante o estágio de docência envolveu auxiliar os alunos nas áreas de ensino, pesquisa e extensão. As aulas ministradas pelos alunos na Sala de Aula Invertida, um estilo de ensino ativo, foram avaliadas em colaboração com o supervisor. A equipe avaliou o desempenho dos alunos no planejamento, apresentação do material, preparação e disponibilização de podcasts sobre os temas apresentados e avaliação da retenção desse material por seus colegas. As atividades planejadas no programa DESS@POLI 2024, financiado pelo Edital 01/2024 da Reitoria de Extensão e Cultura (PROEC) e pelo projeto CCE@DESS, aprovado pela Coordenação Setorial de Extensão e Cultura (CSEC), foram desenvolvidas em colaboração com os alunos e monitoradas pela equipe docente. Como resultado do CCE TAS, em 2025, foi realizado o Concurso de Vídeo 2025, com a participação de alunos da POLI/UPE e de outras instituições, e oito reuniões do Fórum DESS@UPE 2025, que contou com convidados internos e externos da UPE, fortalecendo as parcerias e colaborações já estabelecidas pelo grupo. O acompanhamento dessas atividades permitiu o aprimoramento das habilidades de gestão de pessoal, coordenação e organização de eventos durante o estágio de docência, além da criação de conteúdos que foram disponibilizados nas redes sociais (como 24 vídeos e 8 podcasts) e produções científicas (2 artigos submetidos e 5 resumos expandidos). Após a conclusão do conteúdo programado, as notas foram agregadas e comunicadas aos alunos durante a aula final, acompanhadas de uma troca de feedback sobre sua experiência no CCE TAS. Assim, pode-se concluir que o estágio de docência facilitou o aprendizado de novas experiências e habilidades nas fases de preparação, execução e conclusão do componente, além de contribuir para o aprimoramento das habilidades intelectuais, de comunicação e interpessoais, ampliando a rede de conexões para futuras cooperações. No entanto, alguns desafios também foram enfrentados durante o período de estágio, que envolveram o atraso na entrega das atividades semanais, principalmente por parte dos alunos de graduação. Acima de tudo, pode-se concluir que há benefícios e enriquecimento significativos na prática de estágios de docência, que proporcionam treinamento a alunos de graduação e pós-graduação.

**Palavras-chave:** *Ensino; estudante internacional; sustentabilidade; extensão.*

**Referências**

AINEGRA FERNANDEZ, Débora; ESTRADA MENDEZ, Nuvia Liseth; RIVERA DE PARADA, Aydeé; PENA ORTIZ, Ana Iris. A integração dos processos substantivos de ensino-pesquisa-extensão universitária: percepções fundamentadas. **Rev. Mendive** [online]. Pinar del Río: Universidade de Pinar del Río Hermanos Saíz Montes de Oca, vol. 23, n. 1, 2025, ISSN 1815-7696.

LEHMAN, C. Assistentes de ensino em escolas internacionais: Perceptions and Perspectives. **Beyond Words**, v. 8, n. 1, p. 47-59, maio 2020.

# ODS 6 no Brasil: Análise de indicadores de Monitoramento do Acesso à Água e ao Saneamento

**Cinthia Raquel Amarante de Souza, Universidade de Pernambuco (cras@poli.br)**
**Simone Rosa da Silva, Universidade de Pernambuco (simonerosa@poli.br)**
**Helena Gico Lima Frangakis, Universidade de Pernambuco (hglf@poli.br)**
**Camila Barreto Monteiro, Universidade de Pernambuco (cbm1@poli.br)**

Apesar de cerca de 71% da superfície do planeta ser coberta por água, apenas 1% de toda a água existente na Terra é doce e acessível ao consumo humano, o que torna sua gestão um dos maiores desafios contemporâneos (Gastmans *et al.*, 2021). Em 2022, dados da UNESCO (2024) indicaram que aproximadamente 2,2 bilhões de pessoas no mundo não tinham acesso à água potável, e cerca de 3,5 bilhões viviam sem acesso a serviços adequados de saneamento básico. No contexto brasileiro, esse cenário é agravado por deficiências históricas na infraestrutura urbana e pela desigualdade na prestação dos serviços de saneamento entre as diferentes regiões do país. A Agenda 2030 das Nações Unidas, lançada em 2015, estabeleceu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), entre os quais destaca-se o ODS 6: Assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e do saneamento para todos (ONU, 2015). Este estudo teve como objetivo mapear o desempenho do Brasil frente às metas propostas para o ODS 6, utilizando indicadores do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e do Instituto Cidades Sustentáveis (IDSC–BR) (Brasil, 2007). Foram analisados os seguintes indicadores, para o ano de 2022: perdas de água na distribuição (IN049), cobertura de abastecimento de água (IN055), cobertura da rede de esgotamento sanitário (IN056), índice de tratamento de esgoto (IN016) e a incidência de Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI). Os resultados apontam para um panorama heterogêneo no Brasil e, em muitos aspectos, alarmante (IDSC–BR, 2024; SNIS, 2024). Nenhuma unidade federativa atingiu a meta estabelecida para perdas de água na distribuição (≤ 12,1%), sendo que mesmo o estado com melhor desempenho, Goiás, apresentou perdas de 28,34%. Acerca da cobertura de abastecimento de água, onze estados superaram a meta (≥ 85%), com destaque para o Distrito Federal, que registrou 99% de cobertura. Contudo, em estados como o Amapá, com apenas 46,93% da população é atendida por rede de água. A situação é ainda mais crítica quando se avalia a cobertura da rede de esgoto: apenas quatro unidades federativas cumpriram a meta (≥ 80%), sendo elas Distrito Federal, São Paulo, Minas Gerais e Paraná, e em estados como Amapá, apenas 5,38% da população é atendida pelo sistema de coleta de esgoto sanitário. Quanto ao índice de tratamento de esgoto, embora 7 unidades federativas tenham registrado índices superiores a 95% (Distrito Federal, Roraima, Tocantins, Amapá, Mato Grosso do Sul, Paraná e Santa Catarina), dez estados apresentaram resultados bastante inferiores à meta de 80%, com destaque negativo para o Acre (8,61%). Embora a incidência de DRSAI tenha permanecido dentro da meta nacional em todos os estados, a persistência de déficits estruturais na cobertura e tratamento dos serviços evidencia a urgência da adoção de políticas públicas mais eficazes e investimentos estratégicos na área. A disparidade regional observada indica que é desafiador alcançar plenamente as metas do ODS 6 no Brasil até 2030, pois exige não apenas esforço técnico, mas também um comprometimento político robusto, com atenção especial às regiões historicamente negligenciadas. Os resultados demonstram que, apesar de avanços pontuais, o Brasil ainda enfrenta desafios significativos para garantir a universalização e a sustentabilidade dos serviços de saneamento. A concretização do ODS 6 no Brasil depende da adoção urgente de medidas estruturantes e do fortalecimento da governança hídrica e sanitária em todos os níveis da federação.

**Palavras-chave:** *Disparidade regional; recursos hídricos; universalização.*

**Referências**

BRASIL. **Lei n° 11.445, de 5 de janeiro de 2007.** Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico. 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 19 jun. 2024.

GASTMANS, Didier; HIRUMA, Silvio Takashi; EZAKI, Sibele; KIRCHHEIM, Roberto Eduardo. Prefácio. **Derbyana**, v. 42, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.14295/derb.v42.749.

IDSC–BR, Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades – Brasil. **Perfis das cidades brasileiras.** 2024. Disponível em: https://idsc.cidadessustentaveis.org.br/. Acesso em: 20 jun. 2024.

ONU, Organização das Nações Unidas. **Transformando Nosso Mundo:** A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. 2015. Disponível em: https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf. Acesso em: 20 jun. 2025.

SNIS, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Painel de indicadores 2022.** 2024. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/painel-de-informacoes. Acesso em: 19 jun. 2024.

UNESCO, Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura; KONCAGÜL, Engin; CONNOR, Richard; ABETE, Valentina. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2024:** água para a prosperidade e a paz; fatos, dados e exemplos de ações. Paris: UNESCO: 2024. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000388952_por. Acesso em: 20 jun. 2025.

# ODS 6: Análise Comparativa do Conhecimento de Estudantes de duas Escolas Públicas do Recife sobre Recursos Hídricos e Saneamento

**Camila Barreto Monteiro, Universidade de Pernambuco (cbm1@poli.br)**
**Simone Rosa da Silva, Universidade de Pernambuco (simonerosa@poli.br)**
**Cinthia Raquel Amarante de Souza, Universidade de Pernambuco (cras@poli.br)**
**Maria Eduarda Santos Magalhães, Universidade de Pernambuco (mesm1@poli.br)**
**Yasmin Ayumi Gushiken, Universidade de Pernambuco (yag@poli.br)**

De acordo com Sood e Smakhtin (2014), o estresse hídrico ocorre quando o volume de água disponível não é suficiente para suprir as demandas ambientais e os diversos usos humanos. Diante desse cenário, torna-se essencial promover a conscientização sobre o uso responsável da água em espaços educativos. A escola, enquanto agente formador, tem papel fundamental na construção de uma cultura de sustentabilidade, podendo contribuir diretamente para a redução dos impactos causados pela má gestão dos recursos hídricos. O principal objetivo deste trabalho foi comparar dois contextos escolares distintos, com foco na compreensão dos estudantes acerca de temas relacionados ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6), um dos 17 objetivos estabelecidos pela Organização das Nações Unidas para serem alcançados até 2030 (ONU, 2015). Para isso, utilizou-se a metodologia, descrita por Monteiro *et al*. (2024), que utiliza a aplicação de um formulário composto por quatro perguntas dissertativas: “O que é um ODS?”, “O que é segurança hídrica?”, “O que é saneamento?” e “O que um(a) engenheiro(a) civil faz?”, para identificar o conhecimento prévio dos estudantes de ensino médio sobre os temas mencionados. A análise das respostas foi categorizada em três níveis: conhecimento superficial (CS), quando a resposta apresentava nenhuma ou apenas uma palavra-chave relacionada ao tema. Conhecimento parcial (CP), quando duas palavras-chave esperadas estavam no texto. Conhecimento abrangente (CA), quando o estudante utilizou três ou mais termos considerados centrais. Essa metodologia permitiu uma análise mais aprofundada e fundamentada. O primeiro questionário foi aplicado em uma escola pública do Recife (Escola A) que realiza um processo seletivo para ingresso de estudantes, o que pode influenciar no perfil dos alunos. Posteriormente, o mesmo questionário foi realizado em outra escola pública do Recife (Escola B), que adota um modelo de ingresso aberto, sem seleção prévia. Essa diferença no modelo de acesso pode interferir nos níveis de conhecimento prévio observado nos alunos. Na Escola A, os questionários foram aplicados em amostras de turmas do 1º, 2º e 3º anos do ensino médio, totalizando 52 respostas. Já na Escola B, o questionário foi aplicado apenas em uma amostra de uma turma do 3º ano, com um total de 15 alunos participantes. Logo em seguida à aplicação do questionário, foi realizada uma palestra educativa nas duas escolas, abordando os temas propostos com o objetivo de apresentar os conceitos de forma didática, promover um ambiente de diálogo, esclarecendo dúvidas dos estudantes, além de despertar o interesse pela área da engenharia civil. A análise dos resultados mostrou diferenças relevantes entre os alunos das duas instituições. Sobre o tema do saneamento básico, que engloba serviços como abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana (Brasil, 2007), 88,46% dos estudantes da Escola A apresentaram conhecimento parcial, enquanto na Escola B esse número foi de 60%. Já sobre os conhecimentos sobre os ODS, 48,08% dos alunos da Escola A demonstraram conhecimento abrangente sobre o tema, contra apenas 20% dos alunos da Escola B. Além disso, os dados referentes à segurança hídrica revelaram que 28,8% dos estudantes da Escola A apresentaram conhecimento superficial sobre o tema, demonstrando

desconhecimento quanto ao seu significado. Na Escola B, esse índice foi ainda mais elevado, com 86,67% dos alunos sem familiaridade com o termo. Outra análise realizada foi sobre as atribuições da engenharia civil, apenas 8 dos 52 alunos (15,38%) da Escola A demonstraram conhecimento abrangente sobre o tema, enquanto na Escola B, 3 dos 15 alunos (20%) apresentaram o mesmo conhecimento. É importante destacar a diferença entre o número de participantes das duas escolas, o que pode influenciar na interpretação comparativa dos resultados. Enquanto na Escola A o questionário foi aplicado em turmas do 1º, 2º e 3º anos, permitindo uma amostra mais diversificada, já na Escola B, a aplicação ocorreu apenas com estudantes do 3º ano. Embora a aplicação na Escola B tenha se restringido às turmas do 3º ano, devido a questões logísticas e à disponibilidade institucional, essa limitação compromete a possibilidade de uma avaliação mais representativa do contexto escolar geral. Ainda assim, os resultados obtidos fornecem indícios importantes sobre o nível de conhecimento dos estudantes, de ambas as escolas, e reforça a importância de expandir o alcance da pesquisa em ações futuras, contemplando uma quantidade maior de realidades escolares. Ao incluir um número maior de estudantes e diferentes contextos educacionais, torna-se possível construir uma análise mais aprofundada sobre os conhecimentos relacionados ao ODS 6 dos estudantes.

**Palavras-chave:** *Pesquisa quantitativa; ensino médio; educação ambiental.*

**Referências**

BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 144, n. 5, p. 3-7, 08 jan. 2007. PL 7361/2006.

MONTEIRO, C. B.; SILVA, S. R.; SOUZA, C. R. A.; BARROS, A. G. S. ODS 6: Conhecimento dos estudantes da cidade do Recife sobre recursos hídricos e saneamento. **Mostra de Extensão, Inovação e Pesquisa - POLI-UPE 2024**, Recife, v.11, n.1, 2024. Disponível em: revistas.poli.br/index.php/anais/issue/archive. Acesso em: 09 julho 2025.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. (2015) Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustentável. Acesso em: 29 jun. 2024.

SOOD, A.; SMAKHTIN, V. Can Desalination and Clean Energy Combined Help to Alleviate Global Water Scarcity? **Jawra Journal Of The American Water Resources Association**, v. 50, n. 5, p. 1111-1123, 25 abr. 2014. Wiley. http://dx.doi.org/10.11-11/jawr.12174.

# Avaliação da percepção dos usuários para o uso racional da água: um estudo no prédio do Tribunal de Contas de Pernambuco

**Maria Eduarda Santos Magalhães, Universidade de Pernambuco (mesm1@poli.br)**
**Simone Rosa da Silva, Universidade de Pernambuco (simonerosa@poli.br)**
**Alison Lopes da Silva, Universidade de Pernambuco (als@poli.br)**
**Karolina Ribeiro Soares dos Reis, Universidade de Pernambuco (krsr@poli.br)**

Edifícios públicos podem apresentar elevado consumo de água e geração de resíduos, o que os torna ambientes estratégicos para a implementação de políticas de sustentabilidade. A ausência de divulgação sistemática de dados sobre consumo hídrico e produção de resíduos junto aos colaboradores, associada à falta de manutenção preventiva das instalações hidráulicas, contribui para o aumento de gastos e perdas. Em seu Plano de Logística Sustentável (PLS), o Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco (TCE-PE) contempla ações voltadas para o eixo Água e Esgoto. Entre essas ações, destaca-se um projeto de diagnóstico do consumo de água da instituição, que busca estabelecer indicadores e identificar padrões de uso como subsídio para futuros projetos de otimização. Nesse contexto, torna-se necessário verificar a percepção dos usuários quanto ao uso racional da água nas dependências do TCE-PE, como parte do processo de diagnóstico. O objetivo deste estudo é analisar o manejo da água pelos usuários do prédio, considerando suas características e principais formas de utilização. A metodologia utilizada baseou-se em uma adaptação do modelo criado por Ywashima *et al.* (2006) e aplicado em diversos estudos (Moura, 2015; Nunes *et al.,* 2018; Silva; Nunes; Silva, 2023), que consiste na aplicação de questionários que foram divididos em quatro categorias: Higiene Pessoal, que deve ser aplicado para uma amostra da população geral na instituição; Limpeza de Ambientes, voltado para os colaboradores que realizam a limpeza de salas, corredores, banheiros e garagens; Rega de Jardim, aplicado aos colaboradores responsáveis pela atividade; e Preparação de Alimentos, aplicado aos colaboradores que atuam nas copas e refeitórios. No momento da elaboração deste resumo, os questionários já haviam sido aprovados pelo setor de comunicação do TCE-PE, e estão no aguardo do envio aos usuários dos prédios da sede da instituição, que ocorrerá por meio digital (Google Forms) para a modalidade Higiene Pessoal, e presencialmente para as demais. Após o recebimento das respostas, será possível calcular o Índice de Percepção dos Usuários (IU), de acordo com a pontuação obtida em cada questionário, sendo atribuída a pontuação 0 (zero) à hábitos inadequados e 1 (um) à hábitos que refletem o uso racional da água. A partir do cálculo desse índice, diversas informações podem ser extraídas para melhorar as estratégias de sensibilização dos usuários para o uso mais eficiente da água. No estudo realizado por Silva, Nunes e Silva (2023) em prédios públicos do Recife, por exemplo, foi possível identificar ineficiências diversificadas entre as atividades consumidoras de água, como rega de jardim e preparação de alimentos, que obtiveram os menores índices de racionalidade no uso do recurso, devido ao uso de mangueira e à lavagem inadequada de frutas e hortaliças, respectivamente. Além disso, a análise dos dados por gênero revelou significativas diferenças de comportamento, como a maior proatividade das mulheres em ações de conservação da água. Esse tipo de resultado reforça a importância de uma análise que considere múltiplas variáveis, como função e gênero, para que as campanhas futuras sejam mais assertivas e se adaptem à realidade dos servidores do prédio analisado. A segunda etapa do projeto de diagnóstico do consumo de água contempla as ações de sensibilização, que já foram iniciadas por meio da confecção de materiais visuais (cartazes e vídeos curtos) com orientações que incentivam práticas sustentáveis de economia de água e que serão fixados nas áreas comuns do TCE-PE, como banheiros, copas, vestiários e elevadores. Este material gráfico também está no setor responsável aguardando liberação para divulgação, que será feita após a etapa de

aplicação dos questionários ser finalizada. Por fim, está previsto para o segundo semestre de 2025 uma palestra a ser realizada com os servidores do prédio da sede do TCE-PE como forma de sensibilização, na qual serão apresentados os resultados obtidos em todas as fases do projeto (padrão de consumo, índice de percepção dos usuários e índice de perdas e vazamentos), a fim de estimular uma reflexão sobre o impacto real das ações dos colaboradores no ambiente.

**Palavras-chave:** *Gestão hídrica, conservação de água; sensibilização ambiental; prédios públicos.*

**Referências**

MOURA, M. R. F. **A gestão do consumo de água em prédios públicos:** o caso da Secretaria de Infraestrutura de Pernambuco. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2015.

NUNES, L. G. C. F.; SOARES, A. E. P.; SILVA, J. K.; SILVA, S. R. Uso racional da água em uma escola pública do Recife-PE: percepção dos usuários. **Revista de Gestão Sustentável Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 822–835, 2018.

PERNAMBUCO. Tribunal de Contas do Estado. **Plano de logística sustentável:** PLS 2023–2026. Recife: TCE-PE, 2023. 56 p. ISBN 978-65-85651-05-9. Disponível em: https://www.tcepe.tc.br/internet/docs/publicacoes/plano_de_logistica_sustentavel_TCE_ebook.pdf. Acesso em: 10 jul. 2025.

SILVA, A. F. A.; NUNES, L. G. C. F.; SILVA, S. R. Percepção dos usuários quanto ao uso racional da água em prédios públicos administrativos. **Revista de Administração, Ciências Contábeis e Sustentabilidade**, Campina Grande, v. 13, n. 2, p. 40–55, 2023.

SILVA, S. R.; SILVA, A. F. A.; NUNES, L. G. C. F.; SOARES, A. E. P. **Conservação de água em prédios públicos no município do Recife: volume 2**: prédios públicos administrativos. 1. ed. Pernambuco: EDUPE, 2018. 132 p. ISBN 978-85-518-1523-6.

YWASHIMA, L.; ILHA, M. S. O.; CRAVEIRO, S. G.; GONÇALVES, O. M. Método para avaliação da percepção dos usuários para o uso racional da água em escolas. *In*: Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 9., 2006, Florianópolis. **Anais [...]**, Florianópolis, SC. 2006. p. 3480-3489.

# A descarbonização da Universidade de Pernambuco como parte do Plano de Logística Sustentável: Etapa 1 - Escola Politécnica de Pernambuco

**Luka Monday, Universidade de Pernambuco (lm@poli.br)**
**Emília R. Kohlman Rabbani, Universidade de Pernambuco (emilia.rabbani@upe.br)**
**Cláudio Pereira da Costa, Universidade de Pernambuco (claudio.pcosta@upe.br)**
**Sérgio Peres Ramos da Silva, Universidade de Pernambuco (sergio.peres@upe.br)**
**Maria Helena de Sousa, Universidade Federal de Pernambuco (helena.sousa@ufpe.br)**

A frequência cada vez maior de atividades relacionadas ao clima exigiu um chamado à ação. De acordo com a Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP21), a temperatura média global subiu acima dos níveis pré-industriais de 2 °C, enquanto esforços estão sendo feitos para restringir o aumento da temperatura a 1,5 ºC acima dos níveis pré-industriais (UNFCCC, 2015). Tornou-se crucial adaptar-se e trabalhar para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos aos efeitos atuais e previstos das mudanças climáticas (PNMC, 2009). Entretanto, apesar do consenso sobre a meta a ser alcançada em termos de temperatura global, cabe a todos os envolvidos superar as limitações existentes para sua implementação. Diante desse cenário, a crise climática global impõe à sociedade moderna a necessidade urgente de ações concretas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Assim, um importante processo chamado descarbonização surgiu como uma estratégia essencial para mitigar os impactos das mudanças climáticas e promover um futuro mais sustentável. As instituições de ensino superior estão sendo consideradas como uma "pequena sociedade" (Li; Jia, 2022) e, como tal, desempenham um papel fundamental no enfrentamento das mudanças climáticas, na promoção do conhecimento científico, no incentivo aos avanços tecnológicos e na preparação de futuros profissionais para uma participação social ativa. Para avançar em direção a um futuro de economia de baixo carbono, é essencial entender as emissões de gases de efeito estufa e questionar criticamente os dados disponíveis (Stridsland et al., 2024). Por esta razão, são necessários fazer questionamentos essenciais como: Qual é a extensão da nossa contribuição para as emissões GEE resultantes do consumo de energia ou água? De que forma nossas atividades de aquisição influenciam essas emissões? Que medidas podem ser tomadas para reduzir o impacto das emissões GEE em nossos campi universitários? A Universidade de Pernambuco (UPE) é uma instituição que reconhece os impactos das mudanças climáticas, conforme descrito em seu Plano de Logística Sustentável (PLS) que tem o objetivo de apoiar o Estado de Pernambuco a alcançar a neutralidade climática até 2050 (UPE, 2024). A contribuição para a campanha mundial *Race to Zero* (Da Silva et al., 2022) enfatiza a necessidade de realizar inventários de emissões de GEE em seus campi e compartilhá-los de forma transparente para promoção dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) e o desenvolvimento sustentável do campus. Este estudo teve como objetivo apresentar os resultados alcançados de um inventário detalhado das emissões GEE da Escola Politécnica de Pernambuco (POLI), campus Benfica, para os anos de 2022 e 2023, e sugerir medidas de mitigação a unidade capazes de reduzir seu impacto ambiental, fornecendo uma referência para alcançar a neutralidade dos níveis de carbono com foco no consumo de eletricidade, água, produção de resíduos sólidos e em alguns aspectos do transporte. O método utilizado para o cálculo das emissões foram o Protocolo de Gases de Efeito Estufa (GHG) e as Diretrizes do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). Na classificação das emissões GEE da POLI foram realizados os cálculos atendendo os escopos 1, 2 e 3 do Protocolo GHG. O total de emissões calculado em 2022 e 2023 foi de 23,1 $tCO_2e$ e 24,57 $tCO_2e$, respectivamente. Desse total, o consumo de eletricidade foi responsável por 73,6% e 76,5% das emissões, os resíduos sólidos foram responsáveis por 15,9% e 14,9%, e o consumo de água foi responsável por 6,7% e 4,5% das emissões, respectivamente. Em relação ao contexto de transporte, o estudo considerou o único veículo de propriedade da POLI que é

classificado no Escopo 1, que contribuiu com 3,8% e 4%, respectivamente, do total de emissões. Assim, este estudo estabeleceu uma referência fundamental para a instituição, que pode ser utilizada para avaliar as ações de mitigação a serem desenvolvidas nos próximos anos, não apenas para a POLI, mas também para outras instituições de ensino e unidades de saúde. Nesse contexto, são propostas as seguintes recomendações: Implementar uma política de eficiência energética no campus para troca e aquisição de equipamentos elétricos que tenham o selo PROCEL (energeticamente eficientes); Promover campanhas de conscientização sobre consumo eficiente para toda comunidade acadêmica; Instalar medidores inteligentes de energia e de água para monitoramento contínuo do consumo; Implementar a coleta seletiva de resíduos na POLI - requalificar os coletores de resíduos e treinar a equipe de serviços gerais para a coleta e o armazenamento adequados de resíduos recicláveis, de forma a aderir à rota de coleta seletiva de resíduos da EMLURB e realizar uma campanha de conscientização com toda a comunidade para garantir a sua adesão à causa. Também, deve ser realizada uma análise gravimétrica na cafeteria instalada na POLI, para determinar as emissões correspondentes aos vários produtos alimentícios consumidos e aos resíduos gerados. Por fim, sugere-se aplicar um questionário a ser enviado a toda comunidade da Escola Politécnica, incluindo professores, funcionários e alunos sobre o meio de transporte utilizado, quais são os percursos e as distâncias percorridas semanalmente para ir à POLI e voltar para casa. Além disso, enfatiza-se que a UPE estimule as outras unidades que a constituem, a realizarem seus respectivos inventários de emissões, criar uma plataforma que integre todas as informações obtidas em todos os campi de modo que se consiga rastrear e gerenciar as emissões de carbono total e por unidade. Por fim, enfatiza-se que a iniciativa de obtenção do inventário das emissões da POLI visou incentivar uma mudança comportamental em todos os agentes da instituição para uma consciência mais sustentável, promovendo uma ação capaz de sensibilizar docentes, discentes e técnicos administrativos sobre os impactos causados pelas as emissões da instituição e mostrar ações que devem ser realizadas para mitigar as emissões de GEE e contribuir para que Pernambuco alcance a meta climática da COP 26, a COP de Paris que é a neutralidade das emissões de $CO_2e$ em 2050.

**Palavras-chave:** *Sustentabilidade; instituição de ensino superior; emissão de gases de efeito estufa; Descarbonização.*

**Referências**

CQNUMC. **O Acordo de Paris | CQNUMC**. Disponível em: https://unfccc.int/process-and-meetings/ the -paris-agreement. Acesso em: 10 out. 2024.

DA SILVA, F. T. F. *et al*. PLANO DE DESCARBONIZAÇÃO DE PERNAMBUCO: Parcerias estratégicas para a implementação do Acordo de Paris (SPIPA). 2022. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/19w64uc76In_efu-XaGRdwR3t3kbh5Vb-/view?usp=sharing. Acesso em 10 oct. 2024

LI, Y.; JIA, Q.S. Sobre a viabilidade de atingir a neutralidade de carbono no campus universitário: um estudo de caso. **IFAC-PapersOnLine**, v. 55, n. 5, p. 78–83, 1 jan. 2022.

STRIDSLAND, T. *et al.* Abordagens colaborativas para inventário de gases de efeito estufa no ensino superior: Insights do Universities Denmark Group. **Heliyon**, v. 10, n. 10, 30 maio 2024.

PNMC. **Lei nº 12.187 - Brasileira Nacional Política sobre Clima Mudar**. Disponível em: https://braziliannr.com/brazilian-environmental-legislation/law-no-12187-brazilian-national-policy-on-climate-change/. Acesso em: 10 out. 2024.

# Geotecnologias como instrumento de análise de áreas suscetíveis a movimentos de massa em um município da Região Metropolitana do Recife (RMR).

**Dayrla Mayrla Mendes de Paiva, Universidade de Pernambuco (dmmp@poli.br)**
**Kalinny Patrícia Vaz Lafayette, Universidade de Pernambuco (klafayette@poli.br)**
**Maria Eduarda Barbosa Fabrício, Universidade de Pernambuco (mebf3@poli.br)**
**Amaury Gouveia Pessoa Neto, Universidade de Pernambuco (agpn@poli.br)**

A intensificação da ocupação e utilização do solo de forma desorganizada, somada à limitada atuação da fiscalização e à ausência de políticas públicas eficazes voltadas à urbanização, contribuem para uma série de impactos negativos como residências em locais suscetíveis a deslizamentos (Nunes; Costa, 2023). A ocupação irregular em áreas de encosta intensifica sua vulnerabilidade, especialmente devido ao desmatamento e ao excesso de carga sobre o solo. Esses fatores, juntamente com as chuvas intensas, favorecem a formação de zonas de alto risco e aumentam as ocorrências de acidentes. O risco resulta da interação de múltiplos elementos, cuja compreensão é essencial para ações de prevenção e mitigação, (Mello, 2018; Veras, 2018; Silva, 2019). Nesse contexto, a cartografia geotécnica se consolida como uma ferramenta estratégica no âmbito das políticas públicas, auxiliando na tomada de decisões governamentais ao permitir a priorização de problemas e a estimativa dos custos associados à prevenção e recuperação de áreas afetadas, (Coutinho *et al.*, 2023). O conceito de cartografia geotécnica, de modo geral, refere-se à produção de mapas que incorporam a análise dos impactos decorrentes das dinâmicas de uso e ocupação do solo, (Prandini *et al.*, 1995; Souza e Sobreira, 2015). Diante dessa realidade, a metodologia do presente estudo propôs a elaboração do mapa de suscetibilidade a deslizamentos para o município de Moreno, no estado de Pernambuco. Os elementos considerados na análise compreendem temas relacionados à geologia, geomorfologia, pedologia, uso e ocupação do solo, declividade e índices de precipitação, utilizando como suporte o software QGIS, inserido no contexto dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG). O presente estudo teve como finalidade mapear as áreas com potencial de ocorrência de movimentos de massa no município de Moreno/PE, que possui área territorial de 194,197 km² e população residente equivalente a aproximadamente 55.292 pessoas (IBGE, 2022). Para isso, foi adotado o uso de tecnologias SIG aliado ao Método de Análise Hierárquica (AHP). A partir da análise dos dados, foi possível construir um mapa de suscetibilidade, revelando que cerca de 85,75 km² (equivalente a 44,15% da área analisada) apresentam risco muito alto para movimentos de massa. As porções do território com muito baixa, baixa, média e alta predisposição a esse tipo de desastre correspondem a 0,09%, 0,94%, 14,83% e 39,99%, respectivamente. As áreas classificadas como alta e muito alta suscetibilidade representam mais de 80% da área total e se destacam por possuírem forte inclinação e altitudes elevadas. A aplicação dessa metodologia para o mapeamento de áreas vulneráveis a movimentos de massa, revelou-se como uma abordagem eficiente em termos de funcionalidade, permitindo tomadas de decisão mais precisas por parte de gestores e especialistas da área. Dentre os benefícios proporcionados por essa técnica, destacam-se o baixo custo de implementação e a facilidade no processamento dos dados, o que viabiliza seu uso em diferentes contextos territoriais, principalmente em locais com acesso limitado. Portanto, os resultados obtidos ressaltam o papel fundamental desses estudos na promoção de um planejamento urbano e territorial mais adequado, contribuindo diretamente para a redução ou prevenção de deslizamentos e outros tipos de desastres naturais. Diante disso, é importante enfatizar que a ocorrência desses fenômenos pode ser evitada por meio de medidas que favoreçam a conservação do meio ambiente, como a proteção da vegetação nativa, o manejo correto de resíduos sólidos e a ocupação do solo de maneira planejada e sustentável. A partir dos resultados obtidos, torna-se evidente o potencial transformador da geotecnologia como instrumento de impacto social, especialmente em contextos urbanos

marcados pela vulnerabilidade socioambiental. O mapeamento de suscetibilidade a movimentos de massa no município de Moreno/PE não apenas fornece subsídios técnicos para o planejamento territorial, como também representa uma ferramenta de proteção à vida e ao patrimônio das populações residentes em áreas de risco. Ao identificar com precisão os setores mais propensos a deslizamentos, os gestores públicos podem direcionar ações preventivas, como obras de contenção, reflorestamento e reordenamento urbano, além de promover campanhas educativas voltadas à conscientização da população. Dessa forma, os dados gerados pela pesquisa transcendem o campo acadêmico e se convertem em insumos estratégicos para políticas públicas inclusivas e eficazes, contribuindo diretamente para a melhoria da qualidade de vida, a redução da desigualdade espacial e o fortalecimento da resiliência comunitária frente aos desastres naturais. Ampliar as discussões sobre esses resultados é, portanto, essencial para fomentar uma cultura de prevenção e sustentabilidade no desenvolvimento urbano.

**Palavras-chave:** *Geotecnologias; movimentos de massa; suscetibilidade.*

**Referências**

COUTINHO, R. Q., HENRIQUE., H. M., SOUZA NETO, D. P de., Lucena, R. (2023) Mapeamento de áreas de risco de deslizamento na comunidade Lagoa Encantada, Recife-PE. **Contribuciones A Las Ciencias Sociales,** 16(10), p.23106-23124.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Moreno – PE**, 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/moreno.html. Acesso em: 15 jul. 2025.

MELLO, P. F. **Influência da face na estabilidade de taludes em solo grampeado**, 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

NUNES, W. P; COSTA, C. R. R. Uma cidade em questão: Apontamentos da participação cidadã e processo de urbanização sobre o caso de Floriano-PI. **Sociedade em Debate**, v. 5, n. 1, p.182-205, 2023.

PRANDINI, F. L., NAKAZAWA, V. A., FREITAS, C. G. L., DINIZ, N. C. (1995). **Cartografia geotécnica nos planos diretores regionais e municipais**, In: Bitar, O. Y. (Coord.). Curso de geologia aplicada ao meio ambiente. São Paulo: ABGE/IPT, p. 187-202.

SILVA, A.C.; FUCALE, S.; FERREIRA, S.R.M. **Efeito da adição de resíduos da construção e demolição (RCD) nas propriedades hidromecânicas de um solo arenoargiloso**. Matéria (Rio J.), Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, e12355, 2019.

SOUZA, L. A. DE., SOBREIRA, F. G. (2015) Procedimentos para Elaboração de Cartas Geotécnicas no Planejamento Urbano. **Revista Brasileira De Cartografia**, 67(1), p.141-156. https://doi.org/10.14393/rbcv67n1-44736.

VERAS, G. R. M. **Análise da evolução espacial e temporal da morfologia urbana da região administrativa de Vicente Pires e a influência da ação antrópica nos processos de escoamento superficial**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Especialização em Geoprocessamento Ambiental, Universidade de Brasília. Brasília, p. 31 2018. Disponível em: https://bdm.unb.br/handle/10483/22149. Acesso em: 06 set. 2022.

# Geotecnologias na Prevenção: O Estudo da Suscetibilidade a Movimentos de Massa em Igarassu (PE).

**Maria Eduarda Oliveira dos Santos, Universidade de Pernambuco (meos1@poli.br) Anna Luiza Vieira Alves, Universidade de Pernambuco (alva@poli.br)**
**Kalinny Patrícia Vaz Lafayette, Universidade de Pernambuco (klafayette@poli.br) Amaury Gouveia Pessoa Neto. Universidade de Pernambuco (agpn@poli.br)**

A previsão de regiões suscetíveis a movimentos de massa é essencial, considerando a complexidade de sua causalidade e as graves consequências socioambientais que podem gerar (Toledo *et al.*, 2024). De acordo com Ferreira e Santos (2024), o município de Igarassu apresenta crescente expansão urbana e impactos ambientais decorrentes de ocupações habitacionais desordenadas em áreas consideradas de deslizamentos. Com o crescimento populacional e o aumento da frequência de eventos climáticos extremos, torna-se necessário mapear e estudar áreas propensas a movimentos de massa, caracterizados por deslizamentos de solo. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi realizar uma análise da suscetibilidade a movimentos de massa em Igarassu, fornecendo uma base cartográfica que possa auxiliar no planejamento urbano, na gestão de riscos e na implementação de medidas de mitigação, visando aumentar a resiliência do município frente a esses desastres naturais. Essa abordagem é crucial para monitorar e prevenir danos humanitários, ambientais e materiais, o que contribui diretamente para a proteção de comunidades vulneráveis, promovendo maior segurança e qualidade de vida da população local. Como metodologia foi utilizado o Sistema de Informações Geográficas (SIG) para correlacionar diferentes tipos de informações e dados, visando estruturar mapas de suscetibilidade a movimentos de massa no município de Igarassu. A Tomada de Decisão Multicritério (MCDM) foi empregada para coletar informações geológicas, geomorfológicas, pedológicas e climáticas. A integração dessas informações com o SIG possibilitou a construção de mapas detalhados da área estudada, permitindo identificar pontos suscetíveis a deslizamentos. O software livre QGIS (versão 3.34.9) foi utilizado para o processamento das informações vetoriais, reclassificação, e operações de álgebra de mapas. A reclassificação foi feita a partir de atribuição de valores, segundo o IBGE (2019), quanto ao grau de suscetibilidade, sendo 1 a menor e 10 a maior. No horizonte geológico, as predominantes sub províncias estruturais encontradas foram os Dois Irmãos (122,15 km²), Barreiras (118,82km²) e Gramame (47,74km²), onde os graus de suscetibilidade respectivo são 1, 1 e 2 que representam graus muito baixo e baixo. A geomorfologia se mostrou dominante os Tabuleiros Orientais do Nordeste (293,88km²), caracterizando-se por relevos dissecados e solos com formação pedológica complexa, incluindo horizontes coesos e cimentados com grau 3, que corresponde à média susceptibilidade de deslizamentos. Quanto à pedologia do município de Igarassu, os resultados indicam uma predominância de Argissolos (128,26km²), suscetíveis a risco de erosão devido à diferença de texturas entre os horizontes; Luvissolos (89,29km²) e Espodossolos (28,3km²). o grau de potencialidade de deslizamentos é respectivamente 7, 2 e 1, correspondendo a muito alto, baixo e muito baixo. A pluviosidade no território de Igarassu apresentou uma média de chuvas de 1500 a 2000 mm, que detêm uma potencialidade de 8, evidenciando a necessidade de ações preventivas. Cabe destacar que, devido à natureza exploratória, não foi possível identificar medidas de mitigação para as áreas suscetíveis, o que demanda investigações geotécnicas com uma caracterização completa (física, mecânica, química e mineralógica), com enfoque na gestão de riscos e políticas públicas. Como conclusão, o estudo evidenciou a relevância da aplicação de técnicas de SIG e da Tomada de Decisão Multicritério (MCDM) na análise da suscetibilidade a movimentos de massa no município de Igarassu. A integração de dados geológicos, geomorfológicos, pedológicos e climáticos possibilitou a elaboração de mapas detalhados, que identificaram áreas de maior risco, como aquelas com predominância de Argissolos.

Embora não tenha sido possível definir, neste trabalho, as principais medidas de mitigação, devido à necessidade de uma caracterização geológico-geotécnica completa, os resultados obtidos representam uma contribuição significativa para o planejamento urbano, a gestão territorial e a prevenção de desastres, servindo como uma base sólida para ações futuras e políticas públicas voltadas à redução de riscos.

**Palavras-chave:** *Deslizamentos de solo; mapeamento de risco; igarassu; planejamento urbano.*

**Referências**

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Suscetibilidade a deslizamentos do Brasil**: primeira aproximação**.** Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em:https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101684. Acesso em: 10 jul. 2025.

FERREIRA, Rafaela Melissa Andrade; SANTOS, Larissa Furtado Lins dos. Análise comparativa do Índice de Anomalia de Chuvas (IAC) nos municípios de Paulista, Abreu e Lima e Igarassu, Região Metropolitana do Recife, Pernambuco. **Geografia (Londrina)**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 91-108, 2025. DOI: 10.5433/2447-1747.2025v34n1p91. Disponível em: https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/50496. Acesso em: 10 jul. 2025.

TOLEDO, Mayra Vannessa Lizcano; PAULA, Ana Laura de; SANTOS, Arthur Pereira dos; SILVA, Darllan Collins da Cunha e; OLIVEIRA, Renan Angrizani de. Análise da suscetibilidade a movimentos de massa por meio de lógica fuzzy na APA de Itupararanga (SP). **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista,** [S. l.], v. 20, n. 2, 2024. DOI: 10.17271/1980082720220245018. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/501. Acesso em: 15 jul. 2025.

# Caracterização física e mecânica de um solo erosivo na Ilha de Itamaracá/PE

**José Gustavo Wanderley Júnior, Escola Politécnica de Pernambuco (jgwj@poli.br)**
**Jonas da Silva Bezerra, Escola Politécnica de Pernambuco (jonas.bezerra@poli.br)**

A erosão é um fenômeno natural responsável pela modelagem da paisagem, esculpindo relevos e alterando cursos de rios. No entanto, as intensas ações antrópicas intensificam esse processo, tornando-o um desafio global devido à degradação das propriedades do solo (Bertoni *et al.*, 1990 *apud* Rosa, 2017) e à crescente influência das atividades humanas nesse contexto (Costa *et al.*, 2025). Com base nisso, o presente trabalho teve como objetivo principal caracterizar física e mecanicamente um solo com elevado grau de suscetibilidade à erosão, localizado na Ilha de Itamaracá, em Pernambuco, em uma região que apresenta processos erosivos intensos. A pesquisa buscou compreender a composição e o comportamento desse solo frente à erosão. Para isso, adotou-se uma abordagem experimental com ensaios laboratoriais em uma amostra de solo coletada em uma área com indícios visíveis de erosão superficial. A caracterização física incluiu os ensaios de granulometria (peneiramento e sedimentação), densidade real, compactação e o ensaio do torrão. Para a avaliação dos comportamentos mecânicos, foram realizados os ensaios de cisalhamento direto e Índice de Suporte Califórnia (ISC), pois o solo foi retirado de uma via estradal. Todos os procedimentos e seus resultados foram conduzidos conforme as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e a *American Society for Testing and Materials* (ASTM). Como resultado, foi possível quantificar parâmetros relevantes, como a densidade real dos grãos, de 2,7 (adimensional), indicando um solo relativamente denso. A granulometria permitiu classificar a amostra como areia siltosa, conforme o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS), e como A-2-5 na classificação da *Transportation Research Board* (TRB), indicando uma predominância da fração arenosa. A umidade ótima de 9,91% e a densidade seca máxima de 1,896 g/cm³ indicaram o ponto ideal de compactação para a máxima resistência do solo. O grau 1 de dispersibilidade aponta um comportamento não dispersivo. O ISC de 18% demonstrou a viabilidade de aproveitamento do solo natural em uma camada de subleito e, com melhoramento, em base ou sub-base, segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes (DNIT). O ângulo de atrito de 25,08°, característico de areias, e a coesão de 0,01 kgf/cm² indicaram uma coesão extremamente baixa (Coutinho, 2021). Dessa forma, apesar do estado de degradação do solo e sua baixa coesão, a pesquisa contribuiu para o entendimento das características físicas e mecânicas, bem como para o enriquecimento do conhecimento acerca do processo de degradação encontrado na região analisada.

**Palavras-chave:** *Caracterização; Erosão; Ilha de Itamaracá.*

**Referências**

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **D3080/D3080M:** Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions. West Conshohocken, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT)**. NBR 6502:** Rochas e solos – Terminologia. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6508:** Solo – Determinação da massa específica de grãos. Rio de Janeiro, 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT)**. NBR 7181:** Solo - Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7182:** Solo - Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9895:** Solo - Índice de suporte Califórnia (ISC) - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13601:** Solo — Avaliação da dispersibilidade de solos argilosos pelo ensaio do torrão (crumb test). Rio de Janeiro, 2020.

COSTA, Jaqueline Silva et al. Degradação do solo e estratégias para reduzi-lo. **Interfaces do Conhecimento**, v. 7, n. 1, 2025.

COUTINHO, J. V. **Ensaios de cisalhamento direto na areia da Praia de Ipanema**. 2021. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engeharia Civil) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental (Dissertação de Mestrado).

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **Manual de Pavimentação.** Rio de Janeiro, RJ: IPR, 2006. Publicação IPR 719. Errata 1, maio de 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **DNIT 142/2022-ES: Pavimentação – Base de solo melhorado com cimento – Especificação de serviço**. Brasília, 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **DNIT 445/2023-ES: Terraplenagem – Revestimento primário – Especificação de serviço**. Brasília, 2023.

ROSA, Amanda Gama et al. Comportamento da precipitação como fator ativo de processos erosivos no município de Rondon do Pará, PA (Brasil). **Scientia Plena**, v. 13, n. 2, 2017.

# Democratizando o Acesso à Educação Superior em Engenharia em PE: Diagnóstico e Ações

**Cinthia Raquel Amarante de Souza, Universidade de Pernambuco (cinthia.amarante@upe.br)**
**Maria de Lourdes Melo Guedes Alcoforado, Universidade de Pernambuco (mlmga@poli.br)**
**Ana Beatriz Julião Alves de Lima, Universidade de Pernambuco (abjal@poli.br)**
**Rita de Cássia de Moura, Universidade de Pernambuco (marcela.wanderley@upe.br)**
**Marcela Silvestre Outtes Wanderley, Universidade de Pernambuco (rita.moura@upe.br)**

O acesso democrático ao ensino superior público é um dos principais desafios para reduzir as desigualdades educacionais no Brasil (Almeida; Oliveira, 2024). Em Pernambuco, esse problema se manifesta de duas formas preocupantes: a queda nas matrículas presenciais e a baixa participação de municípios nos processos seletivos. Entre 2009 e 2023, o estado registrou uma redução significativa no número de vagas presenciais na rede pública de ensino superior, atingindo o menor patamar em 2023 (65.882 matrículas), uma queda de 23,3% em relação ao pico de 85.898 matrículas em 2013 (Instituto Semesp, 2025). Esse declínio acentua os obstáculos à democratização do ensino superior, sobretudo em regiões onde a presença de candidatos já é historicamente baixa. Os dados do Sistema Seriado de Avaliação (SSA) da Universidade de Pernambuco (UPE) ilustram esse contexto: no processo seletivo de 2024 (para ingresso em 2025), 49 dos 184 municípios pernambucanos tiveram menos de 10 inscritos, e 15 não registraram nenhum candidato (CPCA, 2025). Esses números não apenas expõem um afastamento entre a universidade e essas localidades, mas também destacam a urgência de iniciativas que promovam a divulgação dos cursos ofertados e a desmistificação dos processos admissionais da instituição, tornando-os mais acessíveis e inclusivos. Nesse contexto, a Escola Politécnica de Pernambuco (POLI-UPE) assume papel estratégico no projeto de extensão "Conhecendo a UPE: De forma interativa e humanizada", com ênfase na divulgação dos seus cursos de Engenharia e Física dos Materiais. Essas formações acadêmicas constituem pilares fundamentais para o desenvolvimento tecnológico e econômico regional, capacitando profissionais capazes de impulsionar a inovação, não apenas no Estado de PE, mas em todo Brasil. No entanto, observa-se que estudantes de muitos municípios pernambucanos desconhecem essas oportunidades ou enfrentam dificuldades no processo de ingresso. Dessa forma, o projeto tem como objetivo promover a divulgação dinâmica e acessível dos cursos de Engenharia e Física dos Materiais da UPE, esclarecer o processo de ingresso na instituição e estimular o interesse pelas carreiras tecnológicas. Foram desenvolvidos vídeos curtos contendo depoimentos de alunos dos cursos de Engenharia da POLI-UPE, compartilhando suas experiências na universidade, além de vídeo explicativo sobre o processo de inscrição no SSA, que funciona de forma independente ao Sistema de Seleção Unificada (SISU). Além disso, o projeto tem promovido palestras informativas destinadas a gestores e a professores de escolas públicas. Esses encontros abordaram todos os aspectos do processo seletivo da UPE, desde os procedimentos de inscrição e solicitação de isenção até as políticas de ações afirmativas e a estrutura das provas, capacitando esses profissionais para que possam se tornar multiplicadores das informações, incentivando e orientando adequadamente seus alunos sobre as oportunidades na UPE. Para complementar e avaliar as ações realizadas, foram aplicados questionários a esses profissionais, com o objetivo de verificar a compreensão das informações transmitidas durante as palestras e identificar possíveis fatores que explicam a procura ainda modesta — diante das oportunidades

disponíveis — pelo ingresso em determinados cursos da UPE, por meio do processo seletivo seriado, entre estudantes da rede pública em diferentes regiões de Pernambuco. Os dados obtidos servirão de base para o aprimoramento contínuo das estratégias de divulgação. Segundo a avaliação dos gestores e professores participantes, as informações apresentadas nas palestras foram consideradas claras e contribuíram para reforçar a percepção da UPE como uma instituição pública gratuita e acessível. As principais razões apontadas para uma menor adesão de estudantes da rede pública ao vestibular seriado da UPE foram a falta de conhecimento sobre a existência do processo seletivo e a preferência por trabalhar após o ensino médio. Ao concentrar esforços na divulgação dos cursos de Engenharia, o projeto "Conhecendo a UPE" amplia as oportunidades de acesso ao ensino superior para jovens de diversas regiões de Pernambuco, enquanto reúne dados para o aprimoramento da divulgação.

**Palavras-chave:** *Ensino superior público; graduação; processo seletivo; UPE.*

**Referências**

ALMEIDA, Marcilene Dias Bruno de; OLIVEIRA, João Ferreira de. Educação superior no Brasil: Políticas públicas educacionais de acesso ante as desigualdades sociais. **Revista Estudos IAT**, v. 12, n. 1, 2024.

CPCA - COMISSÃO PERMANENTE DE CONCURSOS ACADÊMICOS. I Seminário do Programa de Extensão: Conhecendo a UPE de forma interativa e humanizada. 2025. Recife-PE. 2025.

INSTITUTO SEMESP. **Mapa do ensino superior no Brasil - 2025**, n. 15ª edição. São Paulo-SP. 2025. Disponível em: https://www.semesp.org.br/mapa/edicao-15/.

# Utilização de geotecnologias no mapeamento de pontos de resíduos sólidos no perímetro urbano da Ilha de Itamaracá/PE

**Pedro Henrique Dantas, Universidade de Pernambuco (phd@poli.br)**
**Jonas da Silva Bezerra, Universidade de Pernambuco (jonas.bezerra@poli.br)**
**Kalinny Patrícia Vaz Lafayette, Universidade de Pernambuco (klafayette@poli.br)**
**Amaury Gouveia Pessoa Neto, Universidade de Pernambuco (agpn@poli.br)**

O aumento expressivo da geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) é uma das consequências mais visíveis da expansão urbana desordenada, impactando diretamente a qualidade ambiental e a saúde pública, especialmente em regiões litorâneas e turísticas. Globalmente, cerca de 2 bilhões de toneladas de RSU são produzidas anualmente, sendo pelo menos 33% descartadas de forma inadequada, o que contribui significativamente para a degradação dos recursos naturais e contaminação do solo, da água e do ar (Devendran *et al*., 2023. Em 2023, a geração per capita de RSU no Brasil foi estimada em 1,04 kg por habitante/dia, o que representa mais de 211 mil toneladas diárias, correspondendo a aproximadamente 380 kg por habitante/ano. Esse valor indica uma redução de 2% em relação ao ano anterior. Entretanto, apesar da diminuição na quantidade gerada, os indicadores relativos à disposição final dos resíduos permaneceram estagnados nos últimos três anos, sem avanços significativos em termos de gestão e tratamento ambientalmente adequados (ABREMA, 2023). Este estudo tem como objetivo principal identificar e mapear as áreas mais vulneráveis aos impactos ambientais decorrentes do descarte irregular de RSU no município da Ilha de Itamaracá (PE), com ênfase nos riscos associados à degradação ambiental, contaminação hídrica e ausência de planejamento urbano. A área analisada corresponde ao município de Itamaracá, localizado na Região Metropolitana de Pernambuco, com área de 66,146 km², 24.540 habitantes e uma densidade demográfica de 371 hab/km² (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2022). A pesquisa concentrou-se nos bairros de São Paulo, Forno da Cal, Rio Âmbar e Forte Orange, em uma área aproximada de 5 km², que abrange zonas de praia e áreas de veraneio, regiões intensivamente frequentadas por turistas. Os dados foram obtidos através do levantamento de dados em campo com auxílio do georreferenciamento utilizando o aplicativo *TimeStamp Camera* e o *software* QGIS 3.28. Subsequentemente foi realizada a análise multicritério baseadas em parâmetros como declividade, pedologia, recursos hídricos, equipamentos públicos e comerciais e hidrogeologia. A avaliação espacial foi conduzida por meio de álgebra de mapas, a partir da soma de *scores* atribuídos a cada parâmetro, com base em estudos de referência (Bohnenberger *et al*., 2018; Ornelas, 2011; Paz *et al*., 2018). As informações vetoriais e matriciais foram obtidas por meio de fontes como IBGE, Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e *Google Earth Pro*. Foram identificados 387 pontos de descarte irregular de RSU, sendo a maioria concentrados principalmente em áreas próximas a equipamentos públicos e zonas de maior circulação populacional, gerando riscos sanitários e ambientais consideráveis. Diante disso, destacou-se a ausência da gestão adequada dos resíduos e planejamento urbano, o que agrava a contaminação de corpos hídricos e do lençol freático, devido à vulnerabilidade hidrogeológica da região. A análise espacial indicou que 49,32% da área apresenta risco médio, 48,88% risco alto e 1,80% risco muito alto de impacto ambiental, não havendo áreas classificadas como de risco baixo.Dessa forma, a utilização do geoprocessamento, mostrou-se essencial na identificação das áreas mais vulneráveis, proporcionando subsídios técnicos relevantes para o planejamento ambiental e urbano, podendo auxiliar em futuras decisões como a implantação de políticas relacionadas ao gerenciamento do RSU, além de ações direcionadas nas comunidades. O estudo apresentou limitações quanto a aquisição de dados referentes aos pontos de descarte irregular, impossibilitando uma análise mais abrangente das áreas de

estudo. Para pesquisas futuras, sugere-se integrar indicadores socioeconômicos e de saúde, utilizar séries históricas, para obter análises mais precisas.

**Palavras-chave:** *Resíduos Sólidos Urbanos; Geoprocessamento; Impactos Ambientais; Ilha de Itamaracá.*

**Referências**

ABREMA – Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2023.** São Paulo: ABREMA, 2023.

BOHNENBERGER, J. C.; PIMENTA, J. F. P.; ABREU, M. V. S.; COMINI, U. B.; CALIJURI, M. L.; MORAES, A. P.; PEREIRA, I. S. Identificação de áreas para implantação de usina de reciclagem de resíduos da construção e demolição com uso de análise multicritério. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 1, p. 299-311, jan./mar. 2018.

DEVENDRAN, A. A.; MAINALI, B.; KHATIWADA, D.; GOLZAR, F. Otimização de fluxos de resíduos municipais para atingir a circularidade urbana na cidade de Curitiba, Brasil. **Sustainability**, v. 15, n. 4, p. 3252, 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2022**. Ilha de Itamaracá: IBGE, 2024.

ORNELAS, A. R. **Aplicação de métodos de análise espacial na gestão dos resíduos sólidos urbanos.** 2011. 101 f. Dissertação (Mestrado em Análises e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

PAZ, D.; LAFAYETTE, K.; SOBRAL, M. do C.; HOLANDA, M. J.; XIMENES, T. **Riscos de impactos ambientais proveniente da deposição irregular de resíduos da construção civil em bacias hidrográficas da Região Metropolitana do Recife.** Águas Subterrâneas, v. 32, n. 3, p. 325-336, 2018.

# Análise Computacional da Porosidade em Testemunhos de Rocha da Formação Maria Farinha em Paulista/PE

**Rebeca Uchôa de Morais Freitas, Universidade de Pernambuco (rumf@poli.br)**
**Andréa Batista de F. Dias, Universidade de Pernambuco (abfd1@poli.br)**
**Pedro Eugênio Silva de Oliveira, Universidade de Pernambuco (pedro.oliveira@poli.br)**
**Alexandre Duarte Gusmão, Universidade de Pernambuco (gusmao.alex@poli.br)**

A porosidade é uma das propriedades mais relevantes na caracterização das rochas, pois influencia diretamente sua permeabilidade, resistência e durabilidade, exercendo impacto significativo em projetos de engenharia civil, especialmente em fundações e obras subterrâneas. Na Região Metropolitana do Recife, a Formação Maria Farinha, composta predominantemente por rochas calcárias bioclásticas e fossilíferas de coloração clara, formadas em ambiente marinho raso, apresenta variações estruturais resultantes de processos de dissolução e compactação, tornando-se um excelente objeto de estudo geotécnico (Barbosa, 2004). Considerando essa importância, este trabalho teve como objetivo desenvolver um aplicativo em linguagem *Python*, apoiado por técnicas de inteligência artificial, para estimar a porosidade de rochas calcárias da Formação Maria Farinha a partir da análise de imagens digitais, buscando oferecer uma ferramenta automatizada, prática e de baixo custo em comparação com os métodos laboratoriais convencionais (Rodrigues e Pinto, 2016). A escolha pela linguagem *Python* e pelo ambiente *Google Colab* justifica-se pela ampla acessibilidade, pelas bibliotecas voltadas ao processamento de imagens e pela execução em nuvem, que dispensa instalação local e facilita a reprodução dos resultados. A sondagem utilizada neste estudo integrou a etapa de investigação geotécnica de um empreendimento residencial de grande porte e foi executada pelo método rotativo, com avanço por circulação de água e recuperação de testemunhos em tubo duplo, técnica que assegura maior preservação das amostras e permite a identificação detalhada das formações atravessadas. Apesar de pequenas interrupções na recuperação, o procedimento forneceu material de elevada qualidade, com fragmentos bem preservados e compatíveis com os requisitos do processamento digital proposto. A escolha da sondagem SM-04 fundamentou-se, portanto, em critérios visuais e técnicos, uma vez que seus testemunhos apresentaram integridade física e dimensões ideais para a captação precisa das feições internas das rochas. Essa seleção visou garantir a obtenção de amostras representativas da Formação Maria Farinha, cujo perfil geotécnico é composto por camadas de areia com conchas, margas e níveis de calcário argiloso com diferentes graus de fraturamento. Assim, a SM-04 revelou-se a opção mais apropriada para a análise da porosidade por imagem, não apenas pela qualidade e continuidade dos testemunhos, mas também por refletir com fidelidade a heterogeneidade litológica e estrutural característica da área de estudo. As amostras foram fotografadas sob iluminação artificial controlada, com fundo padronizado e distância fixa da lente, assegurando uniformidade e minimização de ruídos visuais. O código desenvolvido em *Python*, executado no *Google Colab*, aplicou o método de binarização com *threshold*, técnica que converte as imagens para tons de cinza e estabelece um valor limite de intensidade luminosa para distinguir as áreas correspondentes à matriz sólida e aos vazios. Essa abordagem, além de eliminar a subjetividade das análises manuais, permite automatizar a segmentação e quantificação da porosidade com elevada reprodutibilidade. As imagens processadas foram subdivididas em uma matriz 3×3, possibilitando o cálculo da porosidade média e a identificação de variações regionais. Os resultados evidenciaram heterogeneidade significativa entre as amostras: enquanto a porosidade média global manteve-se inferior a 5%, determinadas subimagens apresentaram valores superiores a 20%, revelando zonas localizadas de maior permeabilidade. Esses achados corroboram estudos de Lucia (1995), que destacam a relevância da conectividade e da distribuição espacial dos poros no comportamento de rochas

carbonáticas. Observou-se ainda a presença de feições fossilíferas e biogênicas compatíveis com estruturas do gênero *Ophiomorpha*, anteriormente descritas por Barbosa (2004) na Formação Maria Farinha, reforçando a consistência dos resultados e a vinculação ao contexto geológico regional. A comparação com dados laboratoriais reportados na literatura, que indicam valores de porosidade variando entre 10% e 30% em rochas calcárias semelhantes (Rodrigues e Pinto, 2016), demonstrou boa concordância, validando a precisão do método proposto. Assim, o aplicativo desenvolvido mostrou-se eficaz na estimativa da porosidade, constituindo uma alternativa confiável e acessível aos métodos tradicionais, sobretudo em contextos com infraestrutura laboratorial limitada. Conclui-se que a integração entre observação visual e processamento digital de imagens representa um avanço relevante para as ciências geológicas e a engenharia civil, ao permitir análises mais rápidas, objetivas e de baixo custo. Recomenda-se, como continuidade da pesquisa, a ampliação da base de dados e a aplicação do método em outras formações geológicas, bem como a incorporação de técnicas tridimensionais, de modo a aprimorar a precisão volumétrica e ampliar o campo de aplicabilidade do aplicativo desenvolvido.

**Palavras-chave:** *Porosidade; rochas calcárias; imagens digitais; Python.*

**Referências**

BARBOSA, J. A. Evolução da Bacia Paraíba durante o Maastrichtiano-Paleoceno - Formações Gramame e Maria Farinha, NE do Brasil. Recife, 2004. 229 p. Dissertação do Mestrado (Pós-Graduação em Geociências), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.

ECHEVERRI, A. C. M.; SOARES, J. A.; TELES, G. S.; BATISTA, J. T. Análise da porosidade do arenito por meio de imagens digitais. Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, n. 12, 2024. DOI: 10.55905/oelv22n12-186.

LUCIA, F. J. Rock-fabric/petrophysical classification of carbonate pore space for reservoir characterization. **AAPG Bulletin**, v. 79, n. 9, p. 1275-1300, 1995.

RODRIGUES, J. D.; PINTO, A. P. F. Consolidação de calcários muito porosos: problemas e perspectivas de solução. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 24, n. 2, p. 202-208, 2016.

TANG, Q.; GRATCHEV, I. Estimation of sedimentary rock porosity using a digital image analysis. **Applied Sciences**, Basel, v. 13, n. 4, p. 2066, 2023.

# Análise Preliminar das Encostas do Sítio Histórico de Olinda

**Manuelle Camilly Moura G. da Mota, Universidade de Pernambuco (mcmgm@poli.br)**
**Andréa Batista de F. Dias, Universidade de Pernambuco (abfd1@poli.br)**
**Pedro Eugênio Silva de Oliveira, Universidade de Pernambuco (pedro.oliveira@poli.br)**
**Pedro Henrique C. Valadares, Universidade de Pernambuco (pedro.valadares@upe.br)**
**Alexandre Duarte Gusmão, Universidade de Pernambuco (gusmao.alex@poli.br)**

O Sítio Histórico de Olinda (SHO) é a área urbana mais antiga da cidade, resultado de um longo processo de ocupação e transformação iniciado em 1535, quando Olinda havia sido fundada como vila por Duarte Coelho Pereira. Tal processo se delineou em conformidade com as características geomorfológicas do lugar, que consiste em um conjunto de colinas litorâneas, seguindo as tradições urbanísticas portuguesas oriundas do medievo. No entanto, obras irregulares que, não apenas podem ser descaracterizantes, como podem também apresentar riscos estruturais aos moradores, aos visitantes e ao patrimônio como um todo são executadas no SHO, alterando as condições geomorfológicas do sítio, sendo importante maior cautela e rigor técnico no trato das edificações mais antigas e nas reformas e ampliações. O objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento inicial referente à situação geotécnica do SHO. Para tal, foram realizadas três visitas técnicas, duas coletas de amostras deformadas durante dois desses três dias de visitas em um talude inserido no perímetro tombado, sendo essas amostras foram recolhidas da crista e meio do talude. Ensaios de laboratório também foram realizados e por conseguinte uma análise da estabilidade foi feita através do uso de dois softwares. A experiência de percorrer a pé as ladeiras de Olinda, com um olhar atento e analítico, permitiu identificar uma série de problemas pontuais que, somados, compõem um panorama abrangente do cenário atual. A simples observação revelou desafios significativos, como taludes desprotegidos, expostos a processos erosivos e movimentações de massa, e declividades acentuadas, que ampliam os riscos de instabilidade e dificultam a ocupação segura do solo. Além disso, foram detectados sinais claros de movimentação, como fissuras, desníveis e deslocamentos em muros e edificações, indicando a presença de processos geotécnicos ativos que demandam atenção imediata. Outro aspecto crítico observado, foi a ocupação antrópica desordenada, marcada pela expansão urbana irregular e pela falta de planejamento adequado. Essa dinâmica se reflete em intervenções recentes, como cortes de encostas, paredes inacabadas e a deposição irregular de resíduos de construção, que contrastam fortemente com a paisagem histórica e natural da cidade. A presença de caixas d'água poliméricas e emboços quase frescos, por exemplo, destoa da estética tradicional e evidencia a falta de integração entre o novo e o antigo. Os estudos conduzidos em laboratório confirmam que o solo predominante na área investigada é essencialmente arenoso, embora frequentemente recoberto por materiais finos de natureza siltosa ou argilosa. Além disso, a presença de pedregulhos de sílica e quartzo reforça a caracterização sedimentar da formação, um aspecto relevante para a compreensão do comportamento mecânico do solo na região. A aplicação do método do equilíbrio limite no software Slide demonstrou ser uma abordagem eficiente para análises de estabilidade, especialmente, em cenários com limitações de tempo e recursos computacionais. A simplicidade do método, que assume uma superfície de ruptura e um Fator de Segurança (FS) único, permitiu a obtenção de resultados confiáveis para taludes de baixa e alta declividade. A escolha do talude em frente ao Colégio Academia Santa Gertrudes como referência foi acertada, uma vez que sua baixa declividade (aproximadamente 26º) e a ausência de sinais de movimentação em campo corroboram com o Fator de Segurança (FS) de 2,52 obtido na análise. Esse resultado validou a metodologia aplicada e os parâmetros adotados, servindo como base para comparação com taludes mais críticos. A

análise do talude entre a Rua Bertioga e o Observatório de Olinda, com declividades que variam de 14º a 45º, revelou uma condição de instabilidade (FS = 1,30), abaixo do Fator de Segurança Mínimo (FSmín) de 1,5. Baseado em pesquisas anteriores de grande relevância, tais como Gusmão (2021), Gusmão Filho (2001) e, Gusmão Filho *et* al. (1986), espera-se que este trabalho se integre a essa trajetória e contribua de forma imediata para a qualidade de vida das pessoas e a preservação do patrimônio construído. Além disso, almeja-se que seus impactos sejam sentidos a longo prazo, auxiliando na construção de uma cidade mais segura, sustentável e respeitosa com sua história, à semelhança das edificações que há séculos resistem e contam a evolução do território estudado. Por fim, vale ressaltar que para a elaboração deste trabalho acadêmico todos os documentos utilizados eram de acesso ao público.

**Palavras-chave:** *Sítio Histórico de Olinda; ensaios de laboratório; estabilidade de taludes; sustentabilidade.*

**Referências**

GUSMÃO, A. D. Relatório 01-0321-R0 **- Casas na Rua da Bica dos Quatro Cantos**. Grupo de Pesquisa de Engenharia Aplicada ao Meio Ambiente (Ambitec), 2021.

GUSMÃO FILHO, J. A. **A cidade histórica de Olinda**. Recife: Editora Universitária UFPE, 2001.

GUSMÃO FILHO, J. A. et al. Caracterização geológico-geotécnica dos morros de Olinda, 1986.

# Experiência de ensino baseado em projetos para o curso de engenharia civil

**Vinícius Dias Ferreira, Universidade de Pernambuco (vdf@poli.br)**
**Pedro Eugênio Silva de Oliveira, Universidade de Pernambuco (Pedro.oliveira@poli.br)**

O resumo expandido aborda a lacuna entre a teoria acadêmica e a prática profissional no ensino de engenharia no Brasil e propõe a Aprendizagem Baseada em Projetos (*Project-Based Learning* – PjBL), (Krajcik; Blumenfeld, 2006) como alternativa para ampliar o engajamento discente e a assimilação do conhecimento, tendo em vista experiências prévias bem sucedidas (Gomes; Batista; Fusinato, 2022). O foco técnico se dá sobre o sistema misto de fundações denominado radier estaqueado, solução não explicitamente contemplada pela NBR 6122 (ABNT, 2022), suas aplicações e vantagens, como na redução de recalques e aumento da capacidade de carga, dessa forma, reduzindo os custos e volume de material utilizado (Moura *et* al., 2024; Oliveira, 2023; Faria, 2022; Leal *et al*., 2022; Miloch; Faria, 2021; Sosahab *et al*., 2018). Em uma disciplina eletiva na Escola Politécnica de Pernambuco, o objetivo foi projetar e ensaiar, em escala reduzida, um protótipo de radier estaqueado que reproduzisse o comportamento real, utilizando materiais e instrumentação de laboratório. O método seguiu as cinco etapas do PjBL: (i) seleção do problema (fundações para edifícios de múltiplos pavimentos); (ii) investigação (revisão, banco de casos, definição de materiais e dispositivos); (iii) colaboração (papéis distribuídos entre relato, escrita, documentação e execução); (iv) uso de tecnologias (instrumentação com extensômetros, modelagem BIM e análise por MEF); e (v) produto (ensaios comparativos e apresentações). Um questionário aplicado aos alunos avaliou dimensões técnico-científicas e socioemocionais. Os resultados indicam que o protótipo foi construído e validado com êxito: a inclusão das estacas reduziu os recalques para o mesmo nível de carregamento, apresentando respostas estáveis e reprodutíveis. O sistema foi replicado em quatro caixas de ensaio e originou uma competição acadêmica interna, potencializando o engajamento. Observou-se o desenvolvimento de competências técnicas (dimensionamento preliminar de fundações, instrumentação e interpretação de dados) e de habilidades socioemocionais (trabalho em equipe, comunicação e senso de pertencimento). Conclui-se que o PjBL em geotecnia é viável e eficaz para integrar teoria e prática, e que o aparato experimental pode servir como plataforma contínua de ensino e pesquisa, reforçando a necessidade de diretrizes nacionais para o radier estaqueado. A partir do questionário, foi possível observar que os alunos se sentiram mais motivados para desenvolver as atividades propostas. Isso evidencia que, além do resultado técnico favorável, a metodologia intensifica o engajamento para a produção coletiva.

**Palavras-chave:** *Metodologias ativas; PjBL; ensino em engenharia; fundações.*

**Referências**

FARIA, A. Contribuição à otimização multiobjetivo de radiers estaqueados modelados via elementos finitos. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, Uberaba, v. 14, n. 4, p. 200–211, dez. 2022. ISSN 2176-7270.

GOMES, E.; BATISTA, M.; FUSINATO, P. Análise de investigações sobre temas de metodologias ativas em uma revista brasileira de ensino de engenharia (ABENGE). **Revista de Ensino de Engenharia**, v. 41, p. 490–505, 2022. DOI: 10.37702/REE2236-0158.v41p490-505.2022.

KRAJCIK, J.; BLUMENFELD, P. Project-based learning. In: SAWYER, R. K. (ed.). The Cambridge handbook of the learning sciences. **Cambridge University Press**, 2006. p. 317–333. DOI: https://doi.org/10.1017/CBO9780511816833.020.

LEAL, F. et al. Avaliação do desempenho de uma fundação do tipo radier estaqueado de um aerogerador por métodos dos elementos finitos. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, e20611426174, 2022. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.26174.

MILOCH, D.; FARIA, A. Análise de sensibilidade dos parâmetros geotécnicos de um radier estaqueado modelado utilizando o método dos elementos finitos. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, Uberaba, v. 13, n. 4, p. 97–108, dez. 2021. ISSN 2176-7270.

MOURA, L. et al. Reprodução e análise comportamental de um radier estaqueado em modelo reduzido. In: Congresso Técnico-Científico da Engenharia e da Agronomia (CONTECC), 2024, Salvador, BA. **Anais[...]** Brasília: Confea, 2024. 5 p. Disponível em: https://www.confea.org.br/midias/uploads-imce/contecc%202024/CIV/REPRODU%C3%87%C3%83O_E_AN%C3%81LISE_COMPORTAMENTAL_DE_UM_RADIER_ESTAQUEADO_EM_MODELO_REDUZIDO.pdf. Acesso em: 14 ago. 2025.

OLIVEIRA, P. **Estimativa de recalques médios em fundação: novo método**. 2023. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.

SOSAHAB, J. et al. Physical and numerical modeling of piled raft foundation in Chamkhaleh sand. **International Journal of Civil Engineering**, v. 17, n. 10, p. 1509–1524, 2019. DOI: https://doi.org/10.1007/s40999-018-0365-1. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s40999-018-0365-1. Acesso em: 1 maio 2025.

# Geotecnia e Preservação do Patrimônio: Análise Comparativa das Condições do Sítio Histórico de Olinda entre os Anos 1980 e a Atualidade

**Willamys Soares Caitano da Silva, Universidade de Pernambuco (wscs@poli.br)**
**Andrea Batista Farias, Universidade de Pernambuco (adbf1@poli.br)**
**Pedro Eugênio Silva Oliveira, Universidade de Pernambuco (pedro.oliveira@poli.br)**
**Eudes de Arimatéa Rocha, Universidade de Pernambuco (eudes.rocha@poli.br)**
**Pedro Henrique Cabral Valadares (pedro.valadares@upe.br)**

O sítio histórico de Olinda, inscrito na lista do Patrimônio Cultural da Humanidade pela UNESCO (UNESCO, 2012), constitui um dos mais relevantes acervos urbanos e arquitetônicos do Brasil. No entanto, a sua localização em terreno colinoso, associado à proximidade do litoral, impõe desafios geotécnicos significativos que afetam diretamente a preservação do patrimônio edificado (Lacerda, 2019). A área é caracterizada por solos de elevada plasticidade, presença de argilas moles, formação barreiras e encostas suscetíveis a processos erosivos e movimentos de massa (Almeida; Silva, 2018). Tais condições naturais, quando somadas às pressões exercidas pela ocupação urbana desordenada e por intervenções antrópicas ao longo dos séculos, têm resultado em manifestações patológicas recorrentes nas edificações, como recalques diferenciais, fissuração de elementos estruturais e instabilidade de fundações (Correia; Lucena, 2016; Fernandes; Amaral, 2002;). A pesquisa, em desenvolvimento, parte da premissa de que o conhecimento da evolução das condições geotécnicas ao longo do tempo é essencial para subsidiar estratégias eficazes de conservação. Nesse sentido, busca-se comparar dados geotécnicos levantados na década de 1980 com informações obtidas em estudos e mapeamentos recentes, a fim de identificar transformações significativas ocorridas nas últimas quatro décadas. Essa análise permitirá compreender de que forma o crescimento urbano acelerado, a supressão da vegetação nativa e a realização de cortes, aterros e obras de infraestrutura impactaram a estabilidade do sítio histórico. A investigação se apoiará em levantamento bibliográfico e documental, georreferenciamento de áreas críticas, análise de imagens aéreas e de sensoriamento remoto, além da realização de visitas técnicas para reconhecimento em campo. Do ponto de vista crítico, é importante salientar que, desde os anos 1980, observa-se a ausência de políticas públicas consistentes de controle urbano e de monitoramento geotécnico sistemático. A fiscalização ineficaz, somada a intervenções pontuais e muitas vezes emergenciais, contribuiu para a ampliação das vulnerabilidades, permitindo a expansão de ocupações em áreas sensíveis e a degradação progressiva das encostas (Lacerda, 2019; Vargas; Pereira, 2018). A falta de integração entre órgãos de preservação, gestão municipal e planejamento urbano resultou em soluções fragmentadas e de curto prazo, que pouco dialogam com as demandas de conservação do patrimônio cultural (FUNDAJ, 2010). Espera-se, como resultados, construir um panorama comparativo capaz de evidenciar as alterações geotécnicas e ambientais mais expressivas no período considerado, apontando os fatores de maior vulnerabilidade para o patrimônio edificado. A análise preliminar dos dados e das observações de campo realizadas até o momento confirma a relevância da abordagem geotécnica integrada à preservação do sítio histórico de Olinda. As comparações iniciais entre os registros da década de 1980 e os levantamentos mais recentes indicam alterações expressivas nas condições do solo e na estabilidade das encostas, especialmente em áreas onde houve expansão urbana desordenada e substituição da cobertura vegetal original. Verificou-se um aumento da suscetibilidade a processos erosivos e movimentos de massa em setores que receberam cortes e aterros sem planejamento adequado, evidenciando a influência direta das intervenções antrópicas sobre a dinâmica geotécnica local. Constatou-se, ainda, que a ausência de políticas contínuas de monitoramento e a falta de integração entre os órgãos de gestão urbana e de preservação patrimonial agravaram o quadro de vulnerabilidade das edificações históricas. Os registros de recalques diferenciais, fissuração e instabilidade de fundações corroboram a hipótese de que o comprometimento das condições geotécnicas é um

fator determinante na degradação física do acervo construído. Por fim, a pesquisa pretende, ainda, contribuir para a identificação de áreas de risco iminente, subsidiando medidas de monitoramento contínuo das encostas e de controle das águas pluviais. Recomenda-se, nesse contexto, a adoção de soluções de drenagem compatíveis com a morfologia local, a recomposição da vegetação em trechos degradados e a aplicação de técnicas de contenção de baixo impacto visual, respeitando a ambiência histórica. Dessa forma, o estudo não se limita à análise técnica, mas busca articular a geotecnia com as políticas de conservação e planejamento urbano sustentável, oferecendo subsídios para gestores públicos, órgãos de preservação e a comunidade científica. Pretende-se, ao final, que os resultados possam orientar ações preventivas, evitando que a degradação progressiva comprometa a integridade e a perenidade do sítio histórico de Olinda. Assim, a pesquisa reforça a importância da interdisciplinaridade na preservação do patrimônio cultural, destacando que a salvaguarda de bens edificados depende, em grande medida, da compreensão e da gestão adequada das condições geotécnicas que os sustentam.

**Palavras-chave:** *Suscetibilidade; conservação; patrimônio histórico; desenvolvimento urbano sustentável.*

**Referências**

ALMEIDA, L. S.; SILVA, R. L. **Vulnerabilidade geotécnica em áreas históricas: o caso do sítio de Olinda-PE**. *Revista Brasileira de Geotecnia Histórica*, v. 7, n. 2, p. 45–62, 2018.

CORRÊIA, A. C. B.; LUCENA, R. F. **Geomorfologia e ocupação urbana no sítio histórico de Olinda**. *Cadernos de Geografia*, UFPE, v. 26, n. 1, p. 113–128, 2016.

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. **Processos Erosivos e Movimentos de Massa em Encostas Urbanas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

FUNDAJ – Fundação Joaquim Nabuco. **Olinda: patrimônio da humanidade e desafios da preservação**. Recife: Massangana, 2010.

LACERDA, W. A. **Estabilidade de Taludes**. Rio de Janeiro: Oficina de Textos, 2019.

UNESCO. **World Heritage Committee Report: Historic Centre of Olinda**. Paris: UNESCO, 2012.

VARGAS JR., E. A.; PEREIRA, J. H. F. **Geotecnia Ambiental: Conceitos e Aplicações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

# Avaliação do potencial industrial da síntese de Fischer-Tropsch para a produção de combustíveis sustentáveis

**Cinthia Raquel Amarante de Souza, Universidade de Pernambuco (cras@poli.br)**
**Deivson Cesar Silva Sales, Universidade de Pernambuco (deivsonsales@poli.br)**
**Sergio Peres Ramos da Silva, Universidade de Pernambuco (sergio.peres@upe.br)**

De acordo com o Banco de Dados de Emissões para Pesquisa Atmosférica Global (do inglês: *Emissions Database for Global Atmospheric Research*), as emissões de gases de efeito estufa (GEE) aumentaram em todos os setores de atividade em 2023, comparado a 2022. O incremento foi particularmente elevado no setor de transportes, que registrou acréscimo absoluto de 301 $MtCO_2eq$ (milhões de toneladas equivalentes de dióxido de carbono) e relativo de +3,7% (EDGAR *et al.*, 2024). Nesse cenário de agravamento climático, a busca por combustíveis alternativos, especialmente aqueles produzidos a partir de resíduos via síntese de Fischer-Tropsch (FT), ganha relevância por permitir a obtenção de combustíveis de combustão mais limpa, tais como gasolina e diesel sintéticos. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo investigar, por modelagem matemática, a composição de hidrocarbonetos $C_{5+}$ produzidos por FT. Utilizando o estudo de Souza, Sales e Silva (2025), um modelo matemático fenomenológico foi elaborado para um reator tubular de leito fixo, integrando equações de balanço de massa com modelos cinéticos mecanísticos. A cinética de reação considerou não apenas a reação principal de formação de hidrocarbonetos $C_{5+}$, mas também a reação de deslocamento água-gás (do inglês: *water-gas shift* – WGS). O catalisador 15%Co–0,1%Pd/SBA-15 foi adotado devido à sua alta seletividade para a produção de hidrocarbonetos de cadeia média ($C_6$–$C_{12}$). O paládio (Pd) aumenta a fração metálica ativa exposta, elevando assim a taxa de crescimento da cadeia. Paralelamente, o suporte SBA-15, sob condições de pressão elevada, favorece a seletividade aos hidrocarbonetos desejados ($C_{5+}$) (Gupta *et al.*, 2021). As simulações foram realizadas em uma faixa de temperaturas entre 503 e 523 K, pressões de 2,0 a 3,0 MPa e razão molar $H_2$/CO fixa de 2,0, condições representativas da operação industrial (Kim *et al.*, 2023; Horáček, 2020). A implementação computacional foi realizada em Python 3.12, empregando um conjunto de bibliotecas voltadas à solução numérica pelo método das diferenças finitas e à visualização dos resultados. As bibliotecas NumPy e Math foram utilizadas para operações matriciais e cálculos numéricos, enquanto Pandas auxiliou na organização e tratamento dos dados gerados. A visualização gráfica foi conduzida por Matplotlib, com recursos de formatação de eixos e gerenciamento tipográfico, e complementada por Plotly, que permitiu gerar representações interativas dos resultados simulados. Adicionalmente, foram incorporadas as ferramentas Ipywidgets e IPython.display, que possibilitaram a construção de interfaces interativas no ambiente Jupyter, facilitando a exploração dinâmica dos cenários simulados. Essa integração computacional viabilizou a solução das equações diferenciais e a análise comparativa entre condições operacionais, permitindo identificar os parâmetros que maximizam a formação de hidrocarbonetos $C_{5+}$. As tendências foram analisadas, fixando-se um dos parâmetros de controle (temperatura ou pressão) e variando-se o outro. Os resultados indicaram que a condição de P = 2,5 MPa e T = 523 K apresentou desempenho favorável, com rendimento de $C_{5+}$ de 27,60% e seletividade de 10,13%. Nessas condições, a composição de saída foi de 12,11% de CO, 23,02% de $H_2$, 9,20% de $C_{5+}$ e 55,67% de $H_2O$ sem presença de $CO_2$. Observou-se que tanto o aumento da pressão quanto o de temperatura promoveram o crescimento da fração molar final de $C_{5+}$, elevando também seu rendimento e seletividade. Com base nessa tendência, projetou-se que a condição ótima seria 3,0 MPa e 523 K. A simulação nesse ponto confirmou a hipótese, alcançando rendimento de $C_{5+}$ de 28,23% e seletividade de 10,39%. A composição correspondente foi de 11,62% de CO, 22,02% de $H_2$, 9,41% de $C_{5+}$, 56,95% de $H_2O$ sem a presença de $CO_2$, evidenciando que a reação foi

fortemente direcionada para a formação dos hidrocarbonetos de interesse, enquanto a geração de $CO_2$ permaneceu praticamente nula. Esses achados corroboram as tendências descritas por Kim *et al*. (2023) e Horáček (2020), que também relataram aumento da seletividade a $C_{5+}$ em condições de pressão elevada e temperaturas intermediárias. Em conjunto, os resultados sugerem alto potencial de aplicação industrial para o aproveitamento de gás de síntese residual na produção de combustíveis sustentáveis, contribuindo para a descarbonização do setor de transportes. Além disso, a modelagem evidencia que ajustes nos parâmetros operacionais podem direcionar o rendimento e a seletividade sem a necessidade imediata de desenvolver novos materiais catalíticos, o que reduz barreiras ao escalonamento tecnológico.

**Palavras-chave:** *Valorização de resíduos, modelagem matemática, mitigação climática, combustíveis sintéticos.*

**Referências**

EDGAR - EMISSIONS DATABASE FOR GLOBAL ATMOSPHERIC RESEARCH; EC - EUROPEAN COMMISSION.; IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY; JRC - JOINT RESEARCH CENTRE. **GHG emissions of all world countries.** Luxembourg: Publications Office, 2024. Disponível em: https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2024. Acesso em: 6 mar. 2025.

GUPTA, Pavan Kumar; MAHATO, Abhishek; GUPTA, Goutam Kishore; SAHU, Gajanan; MAITY, Sudip. Fischer–Tropsch synthesis over Pd promoted cobalt based mesoporous supported catalyst. **Oil & Gas Science and Technology – Revue d'IFP Energies nouvelles**, [*s. l.*], v. 76, p. 21, 2021. https://doi.org/10.2516/ogst/2021002.

HORÁČEK, Jan. Fischer–Tropsch synthesis, the effect of promoters, catalyst support, and reaction conditions selection. **Monatshefte für Chemie - Chemical Monthly**, [*s. l.*], v. 151, n. 5, p. 649–675, maio 2020. https://doi.org/10.1007/s00706-020-02590-w.

KIM, Ji Hee; RHIM, Geun Bae; CHOI, Naeun; YOUN, Min Hye; CHUN, Dong Hyun; HEO, Seongmin. A hybrid modeling framework for efficient development of Fischer-Tropsch kinetic models. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, [*s. l.*], v. 118, p. 318–329, 2023. https://doi.org/10.1016/j.jiec.2022.11.016.

SOUZA, Cinthia Raquel Amarante De; SALES, Deivson Cesar Silva; SILVA, Sergio Peres Ramos Da. Optimizing C5+ hydrocarbon production via Fischer-Tropsch Synthesis on 7Fe3Co-SBA-15 catalyst: Effects of temperature, pressure and H2/CO ratio. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, [*s. l.*], v. 11, n. 1, p. 22431, 1 ago. 2025. https://doi.org/10.18540/jcecvl11iss1pp22431.

# Análise do estado de conservação da Igreja de Santo Antônio através da elaboração de mapas de danos

**Lívia Campos Lins, Universidade de Pernambuco (lcl@poli.br)**
**Eliana Barreto Monteiro, Universidade de Pernambuco (eliana@poli.br)**
**Emilia R. Kohlman Rabbani, Universidade de Pernambuco (emilia.rabbani@upe.br)**
**Camila Marques do Rêgo Gonzaga, Universidade de Pernambuco (cmrg@poli.br)**

Os edifícios históricos representam o legado materializado e as memórias de um povo. Nesse contexto, a meta 11.4 do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS 11) da Organização das Nações Unidas (ONU), de 2015, adquire notável relevância, pois visa salvaguardar o patrimônio cultural para construir cidades e comunidades mais resilientes. As construções históricas, com suas técnicas e materiais distintos, são suscetíveis a danos. A falta de manutenção periódica agrava o problema, tornando o diagnóstico precoce e a solução adequada cruciais para a prolongação de sua vida útil (Carmo, 2003; Rocha, 2017; Tinoco, 2007). Assim, o mapa de danos se apresenta como uma ferramenta fundamental para esse diagnóstico. A Igreja e Convento de Santo Antônio, em Recife, foi selecionada como objeto de estudo por sua relevância histórica e arquitetônica, e pela extensa quantidade de patologias visíveis que afetam sua integridade estética e estrutural. O objetivo desta pesquisa é realizar o diagnóstico qualitativo das anomalias identificadas na fachada, altar e sacristia, investigando suas possíveis causas para orientar futuras intervenções de restauro. A metodologia foi estruturada em três etapas. A primeira envolveu a pesquisa histórica em documentos para contextualizar o bem. A segunda consistiu na inspeção visual *in loco* para o diagnóstico das anomalias. Por fim, a terceira foi a elaboração dos mapas de danos, que, de acordo com Silva *et al*. (2016), são uma ferramenta essencial para a formulação de planos de restauro e conservação eficientes. Esses mapas permitem a representação gráfica e detalhada das patologias, sendo o *software* AutoCAD utilizado para sua criação. A análise da fachada revelou danos severos causados pela exposição direta à chuva. A retenção de umidade em reentrâncias arquitetônicas, causada pelo péssimo escoamento, favoreceu a proliferação de microrganismos e vegetação, além do acúmulo de sujeira, o que resultou na formação de biofilmes e eflorescência. Além disso, foram identificadas fissuras pontuais, geralmente associadas a sobrecargas ou a variações de temperatura. O altar, por sua vez, apresentou diversas manifestações patológicas, onde a umidade, somada à falta de manutenção, causou a degradação da madeira, resultando no descolamento e esfarelamento do revestimento. Fissuras, possivelmente causadas pela movimentação das placas, e sujidades também foram identificadas, contribuindo para a deterioração geral. Na sacristia, o estudo se concentrou em sua sala principal e suas paredes foram denominadas de "A" a "D". A Parede A apresentou danos concentrados no lado direito, onde a umidade causou fissuras e desplacamento do revestimento, além de haver presença de sujidades. A Parede B, a mais danificada, exibiu patologias ligadas à infiltração de águas pluviais, como descascamento da pintura e oxidação das dobradiças. O estado dos revestimentos azulejares também é crítico, com desgaste severo do vidrado e trechos indevidamente cobertos por pintura. O portal da abóbada de cruzeta apresenta um quadro de deterioração complexo, com manchas de umidade e desagregação do revestimento na base dos pilaretes e nas aduelas superiores. O dano se estende por toda a superfície na forma de fissuras, com uma grande trinca na janela à esquerda, o que sinaliza um ponto de fragilidade estrutural. A Parede C, com melhor estado de conservação devido a proteção do arcaz, mostrou danos pontuais, a exemplo de sujidades e fissuras, possivelmente causados pela umidade proveniente da Parede B. Porém, a ausência de revestimento em uma área atrás do arcaz representa uma vulnerabilidade, pois permite a entrada de intempéries. Os portais de pedra nesta parede mostram um desgaste natural, com perda de material granular nas juntas. Finalmente, a Parede D, exposta diretamente às águas pluviais, revelou danos por

infiltração, agravados pela ausência de calhas e rufos. As janelas e a superfície da parede exibiram descascamento, manchas de umidade e mofo. Além disso, há uma proliferação de insetos xilófagos no forro de madeira. Trincas na parte superior das janelas e um padrão de degradação similar ao da Parede "B" também foram identificados. A análise qualitativa das patologias evidenciou que a umidade é o principal agente de deterioração da Igreja e Convento de Santo Antônio. A infiltração de águas pluviais e a umidade por capilaridade, agravadas pela ausência de manutenções periódicas, foram as causas mais relevantes. Essa constatação reforça a necessidade de um projeto de intervenção imediata. O mapa de danos mostrou-se uma ferramenta essencial para a classificação e priorização das áreas críticas, e sugere-se que seu uso seja mantido em estudos futuros de análises quantitativas. A matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência) pode complementar a pesquisa, auxiliando a medir a extensão dos danos e a estabelecer uma hierarquia de intervenção mais eficiente. Preservar o patrimônio histórico não é apenas uma questão de restaurar o passado, mas de assegurar sua existência para as futuras gerações.

**Palavras-chave:** *Edifícios históricos; manifestações patológicas; mapa de danos.*

**Referências**

DO CARMO, P. O. **Patologia das construções**. Santa Maria: Programa de Atualização Profissional – CREA – RS, 2003.

ONU BRASIL. **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Nações Unidas Brasil. 2015. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11. Acesso em: 28 ago. 2025.

ROCHA, E. de A. **Manifestações Patológicas em Fachadas de Edificações Religiosas dos séculos XVI e XVII: Um estudo na Região do Sítio Histórico de Olinda – PE**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco, Recife, 2017.

SILVA, L.; FLORES-COLEN, I.; VIEIRA, N.; TIMMONS, A. B.; SEQUEIRA, P. Durability of ETICS and Premixed one-coat renders in natural exposure conditions. *In*: DELGADO, J. (Org.). **New Approaches to Building Pathology and Durability**. Singapore: Springer, 2016. p. 131-158. DOI: 10.1007/978-981-10-0648-7_7.

TINOCO, J. E. L. Telhados tradicionais: Patologias, preparos e manutenção. **Revista Brasileira da Arquitetura Restauração e Conservação**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 5, p. 232-237, 2007.

# Mapeamento de manifestações patológicas em edificações históricas: Estudo de caso do Convento de Santo Antônio

**Romulo Rangel Braz Filho, Universidade de Pernambuco (rrbf@poli.br)**
**Eliana Cristina Barreto Monteiro, Universidade de Pernambuco / Universidade Católica de Pernambuco (eliana@poli.br)**
**Felipe Duan Moura Vasconcelos, Universidade De Pernambuco (fdmv@poli.br)**

O acervo histórico de uma cidade resguarda as lembranças do passado e a essência cultural de um povo. As construções antigas desempenham um papel fundamental nesse contexto, pois comunicam essas memórias de forma visual a cada geração, promovendo um sentimento de continuidade e conexão coletiva entre os moradores de uma região (Bersch *et al.*, 2020). Além de fortalecer os laços entre as pessoas, a herança histórica de um lugar também simboliza uma memória coletiva do passado, tornando-se um pilar essencial da identidade cultural de uma comunidade (Costa; Silveira; Torres, 2021). Entretanto, é recorrente a ideia de que os edifícios antigos são ultrapassados e inadequados, havendo a defesa de sua substituição por construções contemporâneas. Essa visão equivocada acarreta graves impactos na conservação e valorização do patrimônio histórico, pois contribui para o descaso e o abandono desses bens culturais pela sociedade (Barreto, 2020). Um aspecto importante que alimenta essa percepção é o surgimento de diversas manifestações patológicas nas edificações ao longo do tempo. Segundo Rocha (2017), muitas construções históricas que adotaram as técnicas construtivas introduzidas pelos colonizadores portugueses, como o uso de métodos empíricos e materiais rudimentares, tais como alvenarias de pedra, barro e madeira, atualmente apresentam os mais variados tipos de danos estruturais. Por isso, destaca-se a relevância de investigar minuciosamente as causas, origens e mecanismos de degradação responsáveis por essas manifestações, uma vez que elas reduzem a durabilidade das estruturas e comprometem a segurança das edificações históricas (Tutikian; Pacheco, 2013). Nesse cenário, o Mapa de Danos surge como um método eficiente para catalogar e avaliar essas falhas, ao ilustrar de forma gráfica os defeitos presentes na edificação. Paralelamente, o Método GUT funciona como um recurso complementar, transformando as análises qualitativas do Mapa de Danos em informações numéricas, permitindo assim a identificação e hierarquização dos setores com maior vulnerabilidade. Desse modo, esta pesquisa teve como finalidade identificar e analisar as manifestações patológicas existentes nas alas do Claustro do Convento Franciscano de Santo Antônio, utilizando o Mapa de Danos e o Método GUT. Essas alas são constituídas por colunas e arcos de pedra e painéis de azulejos, que divide o pátio dos corredores do Claustro. Nesse contexto, conduziu-se um estudo descritivo e prático, com uma abordagem qualiquantitativa, empregando o estudo de caso como estratégia de investigação. O processo metodológico iniciou-se com uma revisão bibliográfica sobre os principais trabalhos relacionados ao tema. Em seguida, realizou-se uma investigação histórica sobre o local analisado, buscando entender suas técnicas construtivas e intervenções prévias. Posteriormente, efetuaram-se inspeções *in loco*, assim como a documentação fotográfica da região escolhida, visando a criação dos mapas de danos. Por fim, utilizou-se o Método GUT para classificar os danos conforme seus respectivos níveis de criticidade. Os resultados demonstraram que todas as áreas avaliadas apresentavam problemas recorrentes, como fissuras e trincas nos painéis de azulejo, manchas de sujidades que predominavam na base das colunas, provavelmente pela ação da capilaridade que deixa essa região com uma umidade maior, desagregação granular e eflorescências. Para complementar a análise, aplicou-se a Matriz GUT, a qual apontou manchas de sujidade, trincas e fissuras como as questões de maior urgência. A avaliação das quatro alas do edifício

identificou a ala Norte como a mais comprometida e, consequentemente, a que demanda prioridade na futura intervenção. A principal causa para tal comprometimento é, provavelmente, a sua maior exposição às intempéries, em especial às precipitações pluviais intensas impulsionadas por ventos vindos do Sul durante o inverno, fator que potencializa a ação da umidade. Concluiu-se então que o Mapa de Danos foi uma ferramenta valiosa para o diagnóstico das construções históricas, facilitando a identificação precisa das suas manifestações patológicas. Já o Método GUT mostrou-se eficaz ao apontar com exatidão os pontos críticos que necessitam de intervenções. Por fim, verificou-se que muitos dos problemas detectados poderiam ter sido prevenidos ou identificados antecipadamente se um plano de conservação adequado tivesse sido adotado. Tal plano é fundamental para assegurar a integridade física, cultural e simbólica desses patrimônios, prolongando sua vida útil ao longo dos anos.

**Palavras-chave:** *Edificações históricas; mapas de danos; manifestações patológicas; método GUT.*

**Referências**

BARRETO, L. M. **Manifestações patológicas em fachadas de edificações religiosas**: Um estudo de caso na cidade de Recife-PE. 2020. 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco, Recife, 2020.

BERSCH, J. D.; VERDUM, G.; GUERRA, F. L.; SOCOLOSKI, R. F.; GIORDANI, C.; ZUCCHETTI, L.; MASUERO, A. B. Diagnosis of Pathological Manifestations and Characterization of the Mortar Coating from the Facades of Historical Buildings in Porto Alegre – Brazil: A case study of Château and Observatório Astronômico. **International Journal of Architectural Heritage**, Philadelphia, v. 15, n. 8, p. 1145-1169, 2021. DOI: http://dx.doi.org/10.1080/15583058.2020.1771475. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15583058.2020.1771475. Acesso em: 20 set. 2024

COSTA, V. S.; SILVEIRA, A. M.; TORRES, A. S. Evaluation of degradation state of historic building facades through qualitative and quantitative indicators: case study in Pelotas, Brazil. **International Journal of Architectural Heritage**, Philadelphia v. 16, n. 11, p. 1642-1665, 2022. DOI: https://doi.org/10.1080/15583058.2021.1901161. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15583058.2021.1901161. Acesso em: 25 out. 2024

ROCHA, E. de A. **Manifestações patológicas em fachadas de edificações religiosas do sec. XVI e XVII**: Um estudo na região do sítio histórico de Olinda – PE. 2017. 149 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco. Recife, 2017.

TUTIKIAN, B.; PACHECO, M. **Inspección, Diagnóstico y Prognóstico em la Construcción Civil.** Boletín Técnico. Alconpat Internacional, Mérida, 2013.

# Patologia em azulejos portugueses do século XIX no Recife: Uma análise da fachada azulejar na Rua São Gonçalo n° 42

**Anna Júlia da Silva Lapa, Universidade de Pernambuco (ajsl@poli.br)**
**Eudes de Arimatéa Rocha, Universidade de Pernambuco (eudes.rocha@poli.br)**
**Marcos Antoni da Silva, Universidade de Pernambuco (mas4@poli.br)**
**Júlia Oliveira dos Santos, Universidade de Pernambuco (jos1@poli.br)**
**Pedro Henrique Cabral Valadares, Universidade de Pernambuco (pedro.valadares@upe.br)**

Ao analisar o cenário de edificações civis recifenses a partir do século XIX, pode-se afirmar que os azulejos desempenham um papel significativo na valorização estética e simbólica das fachadas urbanas no Recife, tendo sido amplamente utilizados como forma de distinção social e expressão de prestígio material, assim como forma de atribuir enriquecimento artístico à cidade. Pode-se afirmar que essa prática foi impulsionada pelo intenso intercâmbio cultural e comercial estabelecido entre Brasil e Portugal no século XIX, o que facilitou a entrada de produtos importados, entre eles os revestimentos cerâmicos, amplamente aplicados em platibandas, frisos e alçados principais de edificações residenciais (Rached, 2018). No entanto, embora esses elementos cerâmicos tenham sido amplamente difundidos no tecido urbano recifense, observa-se atualmente a degradação contínua desse patrimônio, sem o devido acompanhamento técnico ou políticas eficazes de preservação. Diante desse cenário, foi desenvolvida uma pesquisa de natureza qualitativa, voltada para o mapeamento de azulejos de edificações civis no Recife, com a finalidade de diagnosticar e documentar as manifestações patológicas observadas em azulejos do século XIX aplicados na fachada do imóvel de nº 42 da Rua São Gonçalo, situado no bairro da Boa Vista, centro histórico do Recife. A escolha dessa abordagem metodológica justifica-se pela necessidade de compreender os danos a partir da análise visual detalhada e da interpretação de suas causas, permitindo não apenas registrar o estado de conservação, mas também subsidiar ações futuras de preservação e valorização deste bem cultural integrado. Para isso, a pesquisa fundamentou-se em um referencial teórico sobre a azulejaria histórica pernambucana, com ênfase no Inventário do IPHAN, e foi complementada por visitas técnicas ao local, nas quais foram realizadas inspeções visuais sistemáticas, registros fotográficos detalhados, análise das condições de conservação e mapeamento das anomalias presentes no revestimento cerâmico. As peças analisadas apresentaram características formais e decorativas típicas da produção industrial da segunda metade do século XIX, com forte presença de padrões modulares e ornamentação seriada. O painel azulejar da fachada da edificação apresenta motivos geométricos repetitivos que remetem à tradição ornamental islâmica reinterpretada pela indústria cerâmica portuguesa (Rached, 2018) e também se destaca por um arranjo mais elaborado, com painéis delimitados por molduras e elementos florais ou estilizados nos cantos, sugerindo influência neoclássica, característica do período romântico. Segundo Rocha (2023), a sofisticação dessas peças está relacionada ao avanço das técnicas industriais da época, que possibilitaram a produção em série de azulejos com alto nível de detalhamento cromático e ornamental. Durante a análise visual dos azulejos presentes na fachada, foram identificadas diversas manifestações patológicas que comprometem não apenas a estética, mas também a integridade físico-química das peças cerâmicas. Dentre os danos identificados, destacam-se a perda parcial do vidrado, eflorescências salinas, trincas superficiais, desprendimento de peças, gerando espaços vazios na fachada, sujidades incrustadas e desagregações no esmalte. Essas manifestações patológicas são compatíveis com os processos de degradação que afetam os azulejos históricos do século XIX, especialmente quando expostos por longos períodos às intempéries, sem a devida manutenção. Além disso, os sinais de desgaste observados reforçam a sua permanência prolongada em exposição direta ao ambiente urbano. A degradação de azulejos históricos está fortemente associada à composição química e

mineralógica das peças, destacando-se que a presença de altos teores de porosidade pode levar a baixos índices de resistência mecânica, o que favorece o surgimento de problemas patológicos. Essa realidade é agravada pela exposição das fachadas à radiação solar direta e à poluição urbana, fatores que aceleram a perda da camada de vidrado e promovem o aparecimento de manchas, eflorescências e microfissuras (Rocha, 2023). A inspeção realizada no imóvel em estudo revelou que diversas peças se encontram deslocadas, fragmentadas, reposicionadas de forma desordenada, comprometendo a leitura original do painel, uma vez que também possui espaços com ausência de peças, indicando desprendimento ou até mesmo furto do material existente. No contexto da arquitetura moderna, observa-se que a azulejaria permanece como elemento expressivo de valor estético e simbólico, mas muitas vezes dissociado do cuidado técnico necessário. Sendo assim, pode-se afirmar que a degradação progressiva dessas fachadas tem sido acompanhada não só por falhas nos processos anteriores de intervenção, mas também pela ausência de políticas públicas de preservação adequadas o que, por sua vez, evidencia a falta de valorização do painel histórico e o descaso em relação à preservação do patrimônio. Vale ressaltar que a metodologia de inspeção baseada em registros fotográficos e análise da situação geral das peças diretamente no local, utilizada como forma de mapear e identificar os danos nas peças da fachada azulejar, se mostrou bastante eficaz. A escolha desse método se justifica por sua capacidade de documentar visualmente as manifestações patológicas, permitindo o acompanhamento evolutivo dos danos e garantindo maior precisão no mapeamento dos danos patológicos. Assim, é possível afirmar que essa estratégia metodológica pode ser aplicada em outros contextos, especialmente em edificações históricas que apresentem revestimentos cerâmicos ou materiais suscetíveis a degradação ambiental. Dessa forma, pode-se concluir que a análise dos resultados obtidos reforça a necessidade de ações de diagnóstico, catalogação e restauro embasadas tecnicamente, com o uso de metodologias adequadas para avaliação de danos e identificação de causas-raiz.

**Palavras-chave:** *Azulejos; manifestações patológicas; fachada; patrimônio.*

**Referências**

BRASIL. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), Superintendência em Pernambuco. **Inventário do Acervo Azulejar em Pernambuco**: séculos XVI a XIX. Recife, IPHAN/PE, 2008.

RACHED, M. da S. **As tramas azulejadas nas fachadas da arquitetura moderna e contemporânea brasileira**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano. Recife, 2018.

ROCHA, E. de A. **Proposição de um método para estudo da degradação de azulejos portugueses em monumentos históricos**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Recife, 2023.

# Aplicação da Fotogrametria no Levantamento Arquitetônico: Estudo de Caso do Bloco A da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco

**Guilherme Figueirêdo de Araujo, Universidade de Pernambuco (2004guilhermefigueiredo@gmail.com)**
**Pedro Henrique Cabral Valadares, Universidade de Pernambuco (pedro.valadares@upe.br)**
**Thaís Conte Rocha, Universidade de Pernambuco (thaisconterocha@gmail.com)**
**Júlia Oliveira dos Santos, Universidade de Pernambuco (jos1@poli.br)**
**Eudes de Arimatéa Rocha, Universidade de Pernambuco (eudes.rocha@poli.br)**

Segundo Docci, Bianchini e Ippolito (2011), o levantamento arquitetônico, que consiste em aferir as medidas de uma edificação de modo a desenhá-la com precisão, é uma das etapas desenvolvidas por arquitetos e engenheiros para elaboração de projetos e obras em edificações existentes. Em paralelo, os mesmos autores consideram que a fotogrametria tem se consolidado como uma ferramenta auxiliar para levantamentos e mapeamentos na construção civil, e Silva (2015) destaca que sua aplicação antecede a popularização do computador, realizada com câmeras analógicas e montagem manual de fotografias para gerar ortomosaicos e ortofotocartas. Segundo Arruda (2013), ortomosaicos é uma imagem resultante da combinação de fotografias sequenciais, com ajustes e correções de combinação de pontos coincidentes, gerando uma imagem final ortogonal, com medidas e escala reais. As ortofotocartas, por sua vez, se aplicam a terrenos, áreas urbanas e rurais em geral e, no cenário digital, Arruda (2013) aponta que a fotogrametria combina princípios ópticos e processamento computacional para gerar modelos fotográficos tridimensionais e imagens ortográficas bidimensionais, resultado do alinhamento de fotografias capturadas em sequência. Desta forma, é possível representar objetos e edificações em escala, que podem ter diversas finalidades, como servir de base para elaboração de desenhos e modelagem tridimensional por meio de digitalização em programas CAD e BIM, com alto grau de precisão e confiabilidade. A fotogrametria evoluiu para processos automatizados, capazes de integrar nuvens de pontos a modelos 3D precisos, sendo aplicada em várias áreas de conhecimento e atuação, a exemplo de cartografia, arquitetura, restauro de edifícios históricos e operações urbanas (Historic England, 2017). As medições obtidas em campo são utilizadas como pontos de referência para dimensionar os elementos, como fenestrações, ou mesmo a extensão dimensão total do edifício. Arruda (2013) destaca que, após a geração do modelo geométrico tridimensional, é possível aplicar texturas diretamente extraídas das imagens fotográficas do objeto real, o que confere maior realismo à representação digital. Além disso, é possível exportar o modelo 3D produzido para diversas plataformas, como softwares de renderização, animação ou simulação computacional. Trata-se de um processo que possibilita uma compreensão aprofundada da geometria, estrutura e forma do objeto construído, superando os limites da observação empírica. Diante do exposto, a presente pesquisa tem como objetivo geral avaliar a produtividade e a eficiência da aplicação da fotogrametria digital no levantamento arquitetônico, por meio da análise comparativa entre métodos tradicionais e digitais, baseando-se no estudo de caso do Bloco A da Escola Politécnica de Pernambuco (POLI / UPE). Dos objetivos específicos, visa observar o tempo de execução, nível de detalhamento e a qualidade dos produtos gerados, fazendo uma análise comparativa entre a fotogrametria e o método tradicional (Entende-se como "tradicional" aquele levantamento que consiste na medição manual do espaço, com auxílio de trenas). A metodologia adotada é classificada como pesquisa de campo, com abordagem quali-quantitativa, consistindo na aplicação da fotogrametria. Durante a etapa de coleta de dados, foi realizado um sobrevoo com Veículo

Aéreo Não Tripulado (VANT), modelo DJI Mini 4 Pro, para captura das imagens da edificação. Em seguida, as imagens foram adicionadas e processadas em *software* para fotogrametria, por meio de técnicas de alinhamento e reconstrução digital, utilizando medidas de referência como a largura da fachada frontal e altura de janelas, gerando os produtos finais: ortomosaico e modelo tridimensional do edifício em escala real. Os resultados obtidos evidenciam a eficiência da fotogrametria em comparação com os métodos tradicionais. Enquanto o levantamento manual demandaria aproximadamente três dias para a medição e quatro dias para a elaboração dos desenhos, totalizando sete dias, a assistência do drone permitiu a realização de todo o processo fotográfico em poucas horas, com a geração de ortomosaicos e desenhos em apenas dois dias. Os resultados apresentaram uma significativa otimização de tempo, além de proporcionar melhores condições ergonômicas ao operador, uma vez que o processo dispensou deslocamentos repetitivos e permitiu a execução das atividades em ambiente protegido da exposição direta ao sol. Em suma, houve uma redução de 86% do tempo de um levantamento tradicional. Vale ressaltar que, em um cenário onde fosse necessário um mapeamento de danos, estima-se que demoraria cerca de uma semana para a realização manual do trabalho, enquanto as ortofotos geradas para o levantamento já atenderam às exigências técnicas para essa etapa projetual. Entretanto, também foram verificados alguns itens a serem considerados antes da utilização dessa metodologia. VANTs não são obrigatoriedades, o registro fotográfico pode ser realizado por câmera profissional ou telefone, contanto que possam garantir uma boa qualidade de imagem e visualização de todos os trechos do objeto de estudo; os *softwares,* além de pagos, exigem que o computador tenha boas especificações. Diante do resultado, pode-se concluir que a fotogrametria se mostra eficaz não só para fins de levantamento como para o mapeamento de danos, minimizando o trabalho *in loco* sem sacrificar qualidade.

**Palavras-chave:** *Levantamento arquitetônico; fotogrametria; mapeamento; ortomosaico.*

**Referências**

ARRUDA, A. K. T. **Preservação e gestão do patrimônio construído**: a contribuição do Heritage Information System. 2013. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013. p. 100–101.

DOCCI, M.; BIANCHINI, C.; IPPOLITO, A. **Contributi per una teoria del rilevamento architettonico**. Disegnare Idee Immagini, n. 42/2011, p. 34–40, 2011.

HISTORIC ENGLAND. **Photogrammetric Applications for Cultural Heritage**. Guidance for Good Practice. Swindon, 2017. Disponível em: HistoricEngland.org.uk/advice/technical-advice/recording-heritage/. Acesso em 14 jun. 2025.

SILVA, D. C. **Evolução da Fotogrametria no Brasil**. Revista Brasileira de Geomática, Pato Branco, v. 3, n. 2, p.081-96,2015.

# Risco Ambiental e Declividade: Uma Abordagem com Geotecnologias no Bairro Dois Unidos, Recife/PE.

**Dayrla Mayrla Mendes de Paiva, Universidade de Pernambuco (dmmp@poli.br)**
**Kalinny Patrícia Vaz Lafayette, Universidade de Pernambuco (klafayette@poli.br)**

A expansão das cidades e o modo como os espaços urbanos são ocupados influenciam diretamente nos impactos ambientais em regiões classificadas como áreas de risco, locais suscetíveis à ocorrência de fenômenos naturais ou provocados pela ação humana, capazes de comprometer a segurança física e causar prejuízos materiais e patrimoniais aos moradores (Ministério das Cidades - IPT, 2007). A análise desses processos é essencial para entender e reconhecer as rápidas mudanças na paisagem, especialmente em encostas urbanas e fundos de vale. As ações humanas nesses ambientes alteram as formas do relevo e os processos naturais que nele atuam, podendo provocar desequilíbrios ecológicos e desastres, dependendo da localização e das características geológicas da área (Guerra, 2011; Gonçalves, Guerra, 2009). Diante disso, a pesquisa busca a avaliação e análise das áreas de risco a partir da sua declividade no bairro de Dois Unidos, em Recife/PE, utilizando o geoprocessamento, a fim de entender as condições reais de risco em uma área de ocupação desordenada da cidade de Recife. O bairro de Dois Unidos está localizado no município de Recife, faz parte da Região Político Administrativa 2 (RPA 2), e possui o equivalente a 312 hectares, com uma população residente que correspondente a aproximadamente 32.805 habitantes (Recife, 2010). A declividade de uma vertente corresponde ao ângulo de inclinação em relação ao plano horizontal, tendo em vista que vertentes com maiores graus de inclinação apresentam valores mais elevados de declividade, o que contribui para o aumento da suscetibilidade à intensificação de processos erosivos (Silva, 2023). Para a realização deste estudo, foi realizado um levantamento na região, localizada na parte posterior de algumas residências, o que exigiu autorização e acesso às propriedades para a realização da visita técnica. O objetivo principal foi realizar o levantamento de dados in loco, observando características do relevo, uso e ocupação do solo e sinais de processos erosivos. Essa etapa foi essencial para compreender os fatores que contribuem para a ocorrência de deslizamentos, permitindo a coleta de informações georreferenciadas. Além disso, aproximadamente quatro pessoas participaram diretamente da atividade de campo, garantindo a eficiência e segurança do processo, que também contou com o acompanhamento da Defesa Civil, visando assegurar que a intervenção não comprometesse a estabilidade das moradias nem colocasse em risco os envolvidos. O projeto foi conduzido ao longo de um período aproximado de seis meses, abrangendo etapas de planejamento, visita em campo e processamento dos dados obtidos. A partir disso, a abordagem metodológica adotada nesta etapa consistiu na elaboração de um mapa de declividade, considerando que este é um dos principais fatores condicionantes para a ocorrência de movimentos de massa. A escolha desse parâmetro foi fundamentada em sua recorrência e relevância apontadas pela literatura especializada, sendo, portanto, essencial para a análise geotécnica da área em estudo. O processamento dos dados espaciais e a fotointerpretação foram realizados por meio da linguagem de programação Python, integrada ao software QGIS (versão 3.32), o que permitiu maior precisão e automatização das etapas analíticas. Para garantir a consistência geográfica dos dados, foi adotado o sistema de coordenadas UTM, fuso 25S, com base no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000). O mapa obtido classificou a área em terreno plano (0-3%), suave-ondulado (3-8%), ondulado (8-20%) e forte-ondulado (20-45%), o que possibilita uma melhor visualização das áreas de risco e sua localização na região. Com base na análise realizada, verificou-se que as maiores declividades estão concentradas nas porções norte e oeste da RPA 2, abrangendo a área de estudo. A área analisada, encontra-se situada na zona de transição morfológica entre terrenos suave-ondulados e ondulados, com predominância de

terrenos com declividade classificada como ondulada, variando entre 8% e 20%. Essa característica indica maior vulnerabilidade à ocorrência de movimentos de massa, devido à inclinação acentuada que favorece processos de instabilidade do solo. Desse modo, o uso de geotecnologias em pesquisas voltadas para a identificação de áreas de risco contribui significativamente para a análise em múltiplas escalas, oferecendo subsídios essenciais ao planejamento de ações preventivas e estratégias de mitigação de desastres naturais (Amaral, 2017). Dentre os principais benefícios dessa abordagem destacam-se o custo reduzido de implementação e a facilidade no processamento e análise dos dados geoespaciais, o que favorece sua adoção em diferentes contextos geográficos, especialmente em regiões com limitações de acesso ou infraestrutura. Ressalta-se, ainda, a relevância da produção de estudos dessa natureza como instrumento fundamental para orientar políticas de ordenamento urbano e territorial, com foco na prevenção e mitigação de riscos geológicos e ambientais. A ocorrência de movimentos de massa pode ser significativamente reduzida por meio de práticas sustentáveis, como a manutenção da cobertura vegetal nativa, o manejo adequado de resíduos sólidos e a ocupação racional do solo, respeitando as características naturais da paisagem. Portanto, a identificação de áreas suscetíveis a deslizamentos, aliada ao uso de geotecnologias, revela-se essencial para o planejamento estratégico da expansão urbana e para ações de monitoramento e mitigação de riscos. Esses resultados são fundamentais, sobretudo para a população residente em zonas de risco, pois oferecem suporte à tomada de decisão pelos órgãos públicos e à definição de prioridades. Além disso, fortalecem o diálogo com a comunidade local, promovendo iniciativas participativas que visam minimizar a exposição a riscos ambientais e ampliar a eficácia das medidas preventivas.

**Palavras-chave:** *áreas de risco; declividade; geoprocessamento; suscetibilidade.*

**Referências**

AMARAL, C. M. **Áreas de Risco e Vulnerabilidade Social em Áreas Urbanas: Soluções de Mapeamento com Técnicas de Geotecnologias para Viçosa-MG**, 2017. Disponível em: file:///C:/Users/dayrl/OneDrive/%C3%81rea%20de%20Trabalho/a%CC%81reas%20de%20risco-%20CINTHIA-MARIA-AMARAL%20(1).pdf. Acesso em: 14 jul. 2025.

GONÇALVES, L. F. H.; GUERRA, A. J. T. **Movimentos de massa na cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro)**. In: CUNHA, S. B; GUERRA, A. J. T. (orgs.). Impactos ambientais urbanos no Brasil. 5ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 189 – 252.

GUERRA, A. J. T. **Encostas Urbanas**. In: GUERRA, A. J. T. Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 13-42.

MINISTÉRIO DAS CIDADES - IPT. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades. Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 176 p. Disponível em: http://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/PrevencaoErradicacao/Livro_Mapeamento_Enconstas_Margens.pdf. Acesso em: 14 jul. 2025.

RECIFE - PREFEITURA DO RECIFE. **Dois Unidos**, 2010. Disponível em: https://www2.recife.pe.gov.br/servico/dois-unidos?op=NzQ1NQ==. Acesso em: 14 jul. 2025.

SILVA, D. A. da. Análise das classes de declividade do Chapadão do Diamante (Serra da Canastra) e sua relação com padrões de compartimentação do relevo e geocoberturas. Universidade Federal de Uberlândia, 2023. Disponível em: https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/38454/1/An%C3%A1liseDasClasses.pdf. Acesso em: 19 jul. 2025.

# Pedologia e Geoprocessamento: Aliados na identificação de riscos Ambientais em Recife/PE

**Maria Eduarda Barbosa Fabrício, Universidade de Pernambuco (mebf3@poli.br)**
**Kalinny Patrícia Vaz Lafayette, Universidade de Pernambuco (klafayette@poli.br)**
**Amaury Gouveia Pessoa Neto, Universidade de Pernambuco (agpn@poli.br)**

O crescimento demográfico descontrolado, junto à escassez de planejamento urbano, tem levado muitas pessoas a se estabelecerem em áreas de risco. Sendo assim, esse processo de urbanização informal aumenta a vulnerabilidade das populações, tornando ainda mais difícil a implementação de políticas públicas de prevenção e mitigação (ZAMBON; SALVATI, 2018; SHEN *et al*., 2022). Segundo o IBGE (2022), a capital pernambucana, Recife, possui uma população estimada com aproximadamente 1.488.920 habitantes, representando uma densidade demográfica com cerca de 6.803,60 hab./km². O município é bastante povoado e urbano e, de acordo com o IBGE (2022), 38,1% dessa população possui um rendimento mensal de ½ salário-mínimo, sendo possível identificar que é uma das maiores causas da ocupação desordenada nas áreas de encostas e morros, devido a esta baixa renda das pessoas e ausência das políticas públicas. A realização de estudos e análises em áreas de riscos de deslizamentos pode apresentar desafios, devido a diversas interferências antrópicas, o que acaba dificultando os avanços para se evitar acidentes nessas áreas. Diante disso, a pesquisa busca a avaliação e análise geológica por meio do geoprocessamento, mostrando os fatores considerados no mapeamento de uma área de risco no bairro de Dois Unidos, em Recife/PE, destacando os principais impactos socioambientais e econômicos, decorrentes das ações inadequadas na ocupação dessas áreas. O bairro de Dois Unidos faz parte da Região Político Administrativa 2 (RPA 2) da cidade, possuindo uma área territorial de cerca de 312 hectares, com uma população residente de 31.437 habitantes, sendo sua densidade demográfica equivalente a 100,76 habitantes por hectare (IBGE, 2022). O mapeamento foi feito com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para a pedologia, obtendo o arquivo no formato vetorial (shapefile) e na escala 1:250.000, da distribuição espacial dos solos do Estado de Pernambuco, sendo processados através do Sistema de informações Geográficas (SIG) utilizando o Software livre QGIS (versão 3.34.9), em coordenadas UTM (Fuso 25S) e no Sistema Geodésico de Referência para as Américas (SIRGAS 2000). Como resultado, verificou-se que na RPA 2, a qual a encosta está inserida, o tipo de solo predominante é o Latossolo Amarelo, ocupando cerca de 97,22% da área, além de possuir uma pequena parcela de Argissolo Amarelo, ocupando 2,77% da área. Nesse contexto, os latossolos são solos que possuem baixa fertilidade, devido a sua composição formada por óxidos de ferro, alumínio, sílico e titânio, além de ser altamente intemperados, bem drenados, associado a relevos planos e suave ondulados (Bócoli, 2021; Jatobá e Silva, 2022). Quanto aos argissolos, são solos profundos, podendo ter uma drenagem moderada a bem drenado, sendo mais influente nas causas de deslizamento, podendo ser mais encontrado em relevos mais acidentados e ondulados (Jatobá; Silva, 2022). Como conclusão, pode-se verificar que o tipo de solo associado a elevadas declividades da área apresenta alto risco de movimentos de massa, e assim contribui para o melhor entendimento sobre os possíveis deslizamentos que venham a ocorrer e prejudicar a população residente na região. Isto proporciona uma importância no planejamento estratégico e socioambiental, utilizando ferramentas que auxiliem no monitoramento e tomada de decisão pelo poder público em áreas de risco.

**Palavras-chave:** geoprocessamento, áreas de riscos, pedologia, geotecnologias.

**Referências**

BÓCOLI, F. A. **Caracterização de latossolos em topossequência e de argissolos em hidrossequências com apoio de sensores próximos.** 2021. Dissertação em Ciência do Solo - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2021.

CARVALHO, A. P. de. Solos do arenito Caiuá. In: PEREIRA, V. de P.; FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da. (Ed.). **In: Solos altamente suscetíveis à erosão**. Jaboticabal: UNESP/ SBCS, 1994. p. 39-50

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Recife (PE)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/recife.html. Acesso em 13 de julho de 2025.

JATOBÁ, L.; SILVA, A. F. Estruturação natural de paisagens da Zona da Mata do Estado de Pernambuco. **Ciência Geográfica**. v. 26, n. 1, p. 9-33, 2022.
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Recife (PE)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe/recife.html. Acesso em 13 de julho de 2025.

SHEN, P. *et al*. Urbanization-induced Earth's surface energy alteration and warming: A global spatiotemporal analysis. **Remote Sensing of Environment**, v. 284, p. 113361, 2023. DOI: 10.1016/j.rse.2022.113361.

ZAMBON, I., & SALVATI, L. Demographic dynamics, economic expansion and settlement dispersion in Southern Europe: contrasting patterns of growth and change in three metropolitan regions. **Management Research and Practice**, v.10, n.2, p.41-62, 2018.

# Fotogrametria como ferramenta para mapa de danos em azulejos: Estudo de caso em uma fachada do Bloco A da Escola Politécnica da UPE

**João Victor Farias Gomes da Silva, Universidade de Pernambuco (jvfgs@poli.br)**
**Eudes de Arimatéa Rocha, Universidade de Pernambuco (eudes.rocha@poli.br)**
**João Pedro Meneses de Melo, Universidade de Pernambuco (jpmm1@poli.br)**
**Júlia Oliveira dos Santos, Universidade de Pernambuco (jos1@poli.br)**
**Pedro Henrique Cabral Valadares, Universidade de Pernambuco (pedro.valadares@upe.br)**

A preservação de edificações históricas é fundamental na manutenção da memória cultural e na valorização do patrimônio arquitetônico. No entanto, a busca por ações voltadas para a conservação ainda enfrenta desafios, sobretudo quando se trata de registros técnicos precisos e atualizados, esbarrando em uma ausência considerável, especialmente no que se refere a detalhes construtivos e desenhos originais, em consonância com recomendações que apontam a necessidade de inventários e disponibilização sistemática de informações (Duarte Júnior, 2010). Esse cenário compromete a eficácia das intervenções e escancara as limitações dos métodos tradicionais de levantamento, que por muitas vezes não tem a precisão necessária para uma boa avaliação em estruturas complexas ou degradadas. Nesse contexto, a fotogrametria digital, técnica muito usada em áreas como cartografia e topografia, surge como uma alternativa promissora, capaz de gerar modelos tridimensionais tanto de objetos, como ambientes com maiores detalhes sendo cada vez mais inserida em ambientes de realidade virtual e aumentada (Al-Ruzouq *et al*., 2023) e auxiliar no diagnóstico das patologias construtivas. A técnica é, sumariamente, empregada para documentações, sendo capaz de registrar texturas com acurácia de ordem milimétrica, quando comparada a tecnologias correlatas, segundo Fawzy (2019). Vale salientar que um dos principais desafios está na captura dessas imagens, pela necessidade de uma maior simetria horizontal e da menor curvatura nas colunas verticais, tornando quase impossível obter tal enquadramento em um ambiente não controlado (Soycan, A.; Soycan, M., 2019). Este estudo aplicou essa técnica à fachada Norte do Bloco A da Escola Politécnica, na Universidade de Pernambuco, edifício eclético do século XIX revestido por 3.655 azulejos portugueses lisos de 10x10 cm de dimensões e raros no acervo pernambucano da época. O objetivo foi avaliar o processo de mapeamento dos danos e sua precisão diagnóstica. Além disso, a pesquisa se propõe a analisar a produtividade e limitações da ferramenta usada, identificando as lacunas existentes na aplicação e traçar estratégias que possam melhorar ainda mais os resultados. A pesquisa se justifica pela ausência de documentos técnicos mais atualizados sobre edificações históricas, e na introdução de formas mais precisas e assertivas no levantamento do patrimônio edificado. Para isso, inicialmente foi realizada uma inspeção *in loco* de caracterização da edificação, com o levantamento de informações destinadas ao preenchimento de uma Ficha de Identificação de Danos (FID). Foram observados aspectos de exposição da fachada (orientação, incidência solar, cobertura etc.), complementados por informações de origem, data, quanto a técnica de produção, frequência de manutenções e manifestações patológicas identificadas. O levantamento fotogramétrico foi realizado com auxílio de um drone modelo DJI Mini 4 Pro, que executou varredura ortogonal de toda a fachada norte, a uma distância padrão de 1,20m. A segunda etapa iniciou no processamento das imagens no *software MetaShape,* e com a formação da nuvem de pontos e posterior aplicação de textura, o ortomosaico da fachada em questão foi exportado em escala real para o *AutoCAD*, onde foi possível delinear precisamente cada peça azulejar que compõe a fachada. Para melhor compreensão da severidade e profundidade dos danos, hachuras distintas para os problemas identificados no vidrado, chacota e base suporte do revestimento foram aplicadas. De modo geral, os danos

concentram-se predominantemente no vidrado, com gretamento generalizado, alteração cromática e perda parcial, representando 37% do total das peças da fachada. Painéis seculares, com juntas irregulares e reposições pontuais, costumam desafiar traçados automáticos que padronizam módulos; a fotogrametria, contudo, registrou variações de planeza e deslocamentos de peças, produzindo mapa de danos geométrico e metricamente consistente. Nesse sentido, a metodologia adotada no mapeamento permitiu: (i) quantificar o universo total de azulejos danificados, (ii) destacar as peças passíveis de recuperação (limpeza, consolidação ou reaplicação de argamassa colante), (iii) identificar as que exigem substituição para restabelecer o desempenho do subsistema de revestimento. Além disso, os dados mais precisos subsidiam estimativas de insumos, projeções periódicas de intervenções e priorização das medidas preventivas. No entanto, coberturas reflexivas, como o vidrado, sofrem com a iluminação desigual que, por sua vez, prejudicam interpretações, podendo mascarar manchas e descolorações nas peças. Para mitigar estes efeitos, recomenda-se garantir sobreposição fotográfica de, pelo menos, 65%-70%, além de planejar o levantamento em dias e horários cujos fatores ambientais e obstáculos no entorno possam ser previstos, reduzindo variabilidades na captura do objeto. Os achados demonstram que a fotogrametria, integrada à FID, fornece uma base métrica rigorosa e expõe padrões de degradação muitas vezes imperceptíveis durante a inspeção de campo, permitindo analisá-los com mais precisão e conforto a partir dos ortomosaicos gerados. O protocolo adotado mostrou-se replicável a outros conjuntos azulejares, fortalecendo rotinas de documentação e planos de manutenção preventiva e corretiva do patrimônio edificado. No entanto, cabe ressaltar que a fotogrametria pode ser limitada em situações de espaços restritos por cobertura vegetal ou edificações vizinhas.

**Palavras-chave:** *Fotogrametria; azulejos; levantamento; manifestações patológicas.*

**Referências**

AL-RUZOUQ, R.; ABU DABOUS, S.; JUNAID, M T.; HOSNY, F. E. Nondestructive deformation measurements and crack assessment of concrete structure using close-range photogrammetry. **Results in Engineering**, [*s.l.*], v. 18, p. 101058, 2023. DOI: 10.1016/j.rineng.2023.101058

DUARTE JÚNIOR, R. Programa Monumenta: uma experiência em preservação urbana no Brasil. **Revista CPC**, São Paulo. N.10, p.49-88. 2010. DOI: https://doi.org/10.11606/issn.1980-4466.v0i10p49-88

FAWZY, H. 3D laser scanning and close-range photogrammetry for buildings documentation: A hybrid technique towards a better accuracy. **Alexandria Engineering Journal**, [*s. l.*], v. 58, 1191-1204. 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aej.2019.10.003

SOYCAN, A.; SOYCAN, M. Perspective correction of building facade images for architectural applications. **Engineering Science and Technology**, an International Journal, [*s.l.*] v. 22, n. 3, p. 697-705, 2019. DOI:10.1016/j.jestch.2018.12.012

# Indicadores de consumo de água em prédios administrativos: uma revisão de literatura

**Karolina Ribeiro Soares dos Reis, Universidade de Pernambuco (krsr@poli.br)**
**Simone Rosa da Silva, Universidade de Pernambuco (simonerosa@poli.br)**
**Alison Lopes da Silva, Universidade de Pernambuco (als@poli.br)**
**Maria Eduarda Santos Magalhães, Universidade de Pernambuco (mesm1@poli.br)**

O aumento dos efeitos ambientais relacionados à falta de água e às mudanças climáticas tem incentivado a implementação de métodos sustentáveis em construções administrativas. Em relação ao consumo de água, têm-se dado ênfase na utilização de indicadores para diagnóstico, supervisão e administração do consumo consciente desse recurso. De acordo com Silva *et al*. (2019), os indicadores de consumo de água constituem instrumentos fundamentais para a avaliação da eficiência hídrica em edificações. Esses indicadores, como o consumo específico por área construída (L/m²/dia) e por usuário (L/pessoa/dia), permitem a quantificação precisa do uso da água, viabilizando diagnósticos operacionais e subsidiando a formulação de estratégias de racionalização. O objetivo deste estudo foi investigar, com base na literatura, as abordagens empregadas para estabelecer indicadores de consumo de água em prédios administrativos e analisar como esses indicadores têm sido utilizados na gestão do consumo de água nesta tipologia de edifício. A pesquisa foi desenvolvida por meio de uma revisão de literatura em três bases de dados: Google Acadêmico, ResearchGate e ScienceDirect. Para orientar a busca, foram utilizadas palavras-chave em português e inglês, como “consumo de água”, “indicadores de consumo”, “gestão de recursos hídricos” e “edifícios administrativos”. Foram selecionados trabalhos publicados nos últimos dez anos, nacionais e internacionais, com foco em edificações administrativas. Os estudos encontrados sobre o tema (quatro no total) evidenciam uma trajetória de evolução na forma de avaliar o consumo hídrico em prédios administrativos a partir de indicadores. Em um primeiro momento, destacam-se os indicadores tradicionais, como a relação entre consumo e população fixa (Silva *et al.*, 2019). Por exemplo, Silva (2018) utilizou o indicador de consumo per capita (litros/pessoa/dia) para comparar o uso de água em 32 edifícios públicos administrativos na Região Metropolitana do Recife, durante o ano de 2016. O estudo identificou indicadores de consumo variando entre 4,10 e 110,16 L/funcionário/dia, sendo a média de 33,45 L/funcionário/dia. A maioria dos prédios com indicadores de consumo acima da média não usavam equipamentos hidrossanitários economizadores e apresentaram condições ruins ou regulares destes, enquanto os prédios com os indicadores abaixo da média geralmente possuíam esses equipamentos, que estavam em bom ou excelente estado. Além disso, os indicadores de consumo dos prédios analisados foram comparados com outros encontrados na literatura, os quais não se mostraram muito discrepantes. Ações como programas de conscientização, modernização das instalações e combate a vazamentos tiveram um efeito benéfico na utilização eficiente da água alguns edifícios. O estudo mostra que, quando há variações na população fixa e as instalações hidrossanitárias das edificações apresentam vazamentos e jardins extensos, o consumo hídrico é impactado significativamente. Na sequência, surgem estudos que aprofundam a análise dos fatores contextuais que influenciam o consumo. Hackbarth *et al.* (2023) modelaram o uso de água em 53 escritórios comerciais no sul do Brasil e evidenciaram também a influência de fatores como a idade do edifício, o número de funcionários e a posse do imóvel sobre os indicadores de consumo per capita e por área construída. Além disso, a pesquisa avaliou os efeitos da pandemia, observando a diminuição no consumo em grande parte das atividades empresariais, com exceção dos escritórios de engenharia, onde houve um aumento de 15% e 12%, respectivamente, durante a primeira e segunda onda da COVID-19. Os testes estatísticos aplicados, como o Wilcoxon e a regressão Prais-Winsten, confirmaram alterações significativas

nos padrões de consumo de água durante este período. Entretanto, o estudo enfrentou limitações relacionadas à caracterização da amostra, uma vez que a ausência de medição individualizada do consumo de água em muitos edifícios impossibilitou o uso de dados de 112 empresas de um total de 165 que foram entrevistadas. Essa limitação evidencia a necessidade de regulamentações que obriguem a instalação de medidores individuais de consumo de água em edificações administrativas no Brasil, o que já é realidade para prédios residenciais. Mais recentemente também, os trabalhos têm avançado para abordagens tecnológicas e integradas de gestão. Batista *et al.* (2022) propôs uma metodologia para automatizar o gerenciamento do consumo de água em edificações comerciais. O chamado sistema AquaBIM combina o *Building Information Modeling* (BIM), a Internet das Coisas (IoT) e o *Facility Management* (FM) em uma plataforma automatizada que gerencia o uso de água em tempo real, utilizando gráficos de controle de Shewhart para detectar consumos anormais e vazamentos. Os resultados da simulação demonstraram um potencial de redução de até 15% no consumo total de água dos edifícios analisados. Com a revisão, pode-se concluir que os indicadores de consumo de água em prédios administrativos têm evoluído de métricas tradicionais, como o consumo per capita e por área construída, para análises que incorporam fatores contextuais, como o impacto da COVID-19, e para soluções tecnológicas de monitoramento em tempo real, como o sistema AquaBIM. Essa trajetória evidencia o amadurecimento das pesquisas na área e reforça a importância de integrar diferentes abordagens para apoiar estratégias de eficiência hídrica em edificações administrativas.

**Palavras-chave:** *Parâmetros de consumo; eficiência hídrica; edifícios administrativos.*

**Referências**

BATISTA, L. T. *et al*. Metodologia para determinação de indicadores sustentáveis de consumo de água em edificações. **Sustainability**, v. 14, n. 9, p. 5695, 2022.

HACKBARTH, F. B. *et al*. Modelagem do consumo de água em edifícios de escritórios: um estudo de caso no sul do Brasil. **Revista de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos**, v. 149, n. 9, p. 05023009, 2023.

SILVA, A. F. A. da. **Análise de viabilidade técnica e econômica de medidas de conservação da água em prédios públicos administrativos do Estado de Pernambuco**. 2018. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2018.

SILVA, S. R. *et al*. **Conservação de água em prédios públicos no município do Recife - Volume 2**: prédios públicos administrativos. Recife: EDUPE, 2019. 132 p.

# Caracterização de materiais e sistemas construtivos em edificações históricas

**Guilherme Figueirêdo de Araujo, Universidade de Pernambuco (2004guilhermefigueiredo@gmail.com)**
**Pedro Henrique Cabral Valadares, Universidade de Pernambuco (pedro.valadares@upe.br)**
**Eudes de Arimatea Rocha, Universidade de Pernambuco (eudes.rocha@poli.br)**
**Lucas Costa Tenorio, Universidade de Pernambuco (Lct@poli.br)**
**Mariana Vitoria Costa Ferreira, Universidade de Pernambuco (Mvcf@poli.br)**

A conservação e preservação do patrimônio histórico edificado é um tema que vem se ampliando e se complexificando desde o século XIX e que, na atualidade, ganha contornos cada vez mais amplos. Os estudos acerca da salvaguarda do acervo patrimonial das cidades brasileiras são realizados por diversas áreas de atuação acadêmica e profissional, sempre visando a preservação da memória arquitetônica da sociedade e de sua cultura construtiva. Os diversos órgãos de preservação, que tem como representação máxima o Instituto do Patrimônio Histórico de Artístico Nacional (Iphan), estabelecem diretrizes, parâmetros e recomendações normativas e legais para orientar proprietários, arquitetos, engenheiros e demais profissionais da área a lidar adequadamente com os edifícios históricos. Tais órgãos, assim como estudiosos da área, como Choay (2017), Lemos (1981) e Vieira-de-Araújo (2025) salientam o caráter científico da preservação do patrimônio material, justificando que, ao longo de toda a história, os avanços e as inovações, inclusive na construção civil, se deram não apenas pelos auspícios dos desenvolvedores, pesquisadores e profissionais, mas também pela observação empírica, criteriosa, das edificações existentes, de suas técnicas, materiais, compartimentação, funcionalidade e estética. Benevolo (2019) comenta que, no século XV, uma das maiores cúpulas do mundo só foi viabilizada graças ao estudo minucioso das propriedades estruturais da forma arqueada, utilizada desde séculos antes de Cristo, mas em menores dimensões e para outras finalidades. Desta forma, é consenso no campo do patrimônio que preservar o acervo edificado vai além da perpetuação da memória, coletiva ou individual, mas adquire também um caráter pedagógico, no sentido de que os desenvolvimentos do presente podem ocorrer com o entendimento do passado. Diante disso, entre os avanços normativos e legais empreendidos pelos órgãos de preservação está a exigência da elaboração de estudos pormenorizados dos edifícios que serão objeto de restauro. Entre esses estudos, o Iphan (2005) estabelece que, dentre as etapas para a elaboração de um projeto de intervenção, cabe ao profissional realização da identificação dos materiais e dos sistemas construtivos empregados nas edificações, que contribui para a formulação de medidas de proteção e enfrentamento de manifestações patológicas, permitindo a leitura de sua evolução histórica e a inserção no espaço urbano. Diante disso, a presente pesquisa visa caracterizar a diversidade e a ocorrência de materiais de revestimento das fachadas dos edifícios históricos do bairro do Recife, mais especificamente na área delimitada pelo polígono de tombamento federal, estabelecido pelo Iphan-PE. O objetivo geral da pesquisa é identificar e quantificar a ocorrência de materiais de revestimento existentes nestas fachadas. Os objetivos específicos são identificar, também, elementos de composição de fachada, período de construção, estilo arquitetônico, entre outros aspectos. A pesquisa visa contribuir para o mapeamento técnico do patrimônio edificado local, fornecendo subsídios para futuras intervenções de preservação, em consonância com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em especial o item 11.4 da ODS 11, que enfatiza a necessidade de intensificar esforços voltados à proteção e valorização dos patrimônios culturais e naturais, além de constituir um documento de referência para órgãos responsáveis pela salvaguarda do

patrimônio histórico. Metodologicamente, a pesquisa se classifica como uma pesquisa de campo, com abordagem quali – quantitativa. Durante a etapa de campo, foi aplicado um roteiro de análise padronizado, que permitiu o registro sistemático das características arquitetônicas e construtivas por meio de inspeção visual e registro fotográfico. As informações coletadas foram organizadas em fichas individuais para cada edificação analisada, com o intuito de compor um banco de dados que possibilite análises comparativas entre os imóveis. Atualmente, a pesquisa ainda está em andamento e, como resultado preliminar, foram escolhidas as edificações localizadas na Rua do Bom Jesus como recorte específico para análise, considerando sua relevância histórica, estado de preservação e representatividade dentro do conjunto arquitetônico do Bairro do Recife. Com isso, constatou-se a predominância de revestimentos em argamassa nas fachadas, presentes em 11 das 25 edificações analisadas. Um dado que chama atenção recorrência do granilite, presente em 11 fachadas, sendo o segundo revestimento mais comum, que é pouco citado nos manuais técnicos e normativos. Esse estudo consolida a compreensão de que este revestimento não só era o mais utilizado na época de construção desses edifícios, como contribui para as análises de projetos de restauro por parte dos órgãos de preservação, no sentido de elaborar diretrizes acerca de restauro dos revestimentos e da adoção de novo revestimentos em edifícios passíveis de alteração de fachada. A recorrência do granilite nas fachadas do Bairro do Recife indica que esse material, apesar de pouco citado nos manuais de restauro, desempenhou papel relevante no repertório construtivo urbano. Sua ampla adoção revela não apenas qualidades funcionais, como resistência e durabilidade, mas também um valor estético associado a determinadas fases da modernização arquitetônica.

**Palavras-chave:** *Patrimônio edificado; Arquitetura; Caracterização de materiais; Análise.*

**Referências**

BENEVOLO, Leonardo. **História da cidade.** São Paulo: Perspectiva, 2019.

BRASIL. Ministério da Cultura. Instituto do Programa Monumenta. **Manual de elaboração de projetos de preservação do patrimônio cultural.** Elaboração: José Hailon Gomide, Patrícia Reis da Silva, Sylvia Maria Nelo Braga. Brasília, 2005.

CHOAY, François. **A alegoria do patrimônio.** São Paulo: Unesp, 2017.

LEMOS, Carlos. **O que é patrimônio histórico.** São Paulo: Brasiliense, 1981.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável:** ODS. ONU Brasil, 2015. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11. Acesso em: 8 jul. 2025.

VIEIRA-DE-ARAÚJO, Natália. **O campo preservacionista no Brasil:** da teoria ao projeto. Recife: Edufpe, 2025.

# Análise do desenvolvimento do sistema de esgotamento Sanitário no município de Camaragibe – PE

**Nathalya Ranyere Alves Lima, Universidade de Pernambuco (nral@poli.br)**
**Maurício Costa Goldfarb, Universidade de Pernambuco (mcg@poli.br)**
**Júlia Aline Câmara da Silva, Universidade de Pernambuco (jacs@poli.br)**

Os problemas relacionados a ineficiência ou inexistência dos sistemas de esgotamento sanitário, tratado por pesquisadores como Sanganyado e Kajau (2022) e Sousa (2023), incluem a poluição das águas dos rios, a qual compromete a vida de plantas e animais que compõe os ecossistemas aquáticos. Incluem também sérias limitações a saúde, a segurança econômica e alimentar, e de forma ampla, a qualidade de vida, principalmente das populações mais vulneráveis. Esta pesquisa objetivou a análise do desenvolvimento do sistema de esgotamento sanitário do município de Camaragibe (PE), localizado na região metropolitana de Recife (RMR), na Zona da Mata de Pernambuco. Os parâmetros analisados foram: a cobertura de atendimento total de esgoto (IN056 – [percentual]), dado pela relação entre a população atendida e a população residente no município; o índice de coleta de esgoto, dado pela razão entre o volume de esgoto coletado e de água fornecida pelo sistema público (IN015 - [percentual]); e, a extensão da rede de esgoto com relação ao número de ligações do município (IN021 – [m/ligações]). As informações foram oriundas do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, vinculada ao Ministério das Cidades, disponível em SNIS (2023). Na análise dos dados, para verificação de normalidade, o teste utilizado foi o de Shapiro-Wilk, com significância de 5%. Uma vez verificada a não normalidade da totalidade dos dados, para verificação da tendência, foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Kenddall, conforme apresentado em Yue e Pilon (2004), também com significância de 5%. As análises foram feitas com o software excel, para criação de tabelas e gráficos e o software estatístico R, com o RStudio, para aplicação dos testes. Os dados são do ano de 2008 (a partir da tabela de valores desagregados gerada 2009) até 2022 (e tabela de valores gerada em 2023). O teste de Shapiro-Wilk indicou a condição de não normalidade para o índice de coleta de esgoto, com valor da estatística W=0,802 e p-valor de 0,004. O teste de Mann-Kenddall forneceu os valores tal de Kendall (T), de -0,25 para a variável IN056, de 0,510 para IN015 e 0,771 para IN021, com respectivos p-valores de 0,0327, 0,0099 e 0,0001. É possível observar uma redução do índice de atendimento associado a uma possível ampliação do índice de coleta de esgoto. Este resultado pode estar associado a um pequeno acréscimo da coleta industrial em relação a coleta domiciliar. Ou seja, este resultado ocorre pelo fato do setor industrial contribuir para o sistema com um volume per capto muito superior as residências. No entanto este resultado precisa ser ainda melhor investigado. De forma geral é possível afirmar que o sistema de esgotamento sanitário no município está muito aquém dos ideais de universalização desejados e não foi possível observar uma evolução consistente no período analisado.

**Palavras-chave:** *Saneamento Básico; Esgotamento Sanitário; Universalização*

**Referências**

SANGANYADO, E.; KAJAU, T. A. **The fate of emerging pollutants in aquatic systems**: An overview. Emerging Freshwater Pollutants: Analysis, Fate and Regulations, p. 119–135. 2022. Disponível em: https://researchportal.northumbria.ac.uk/en/publications/the-fate-of-emerging-pollutants-in-aquatic-systems-an-overview. Acesso em: 3 abr. 2024.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos.** Governo Federal. Ministério das Cidades, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/diagnosticos-anteriores-do-snis/agua-e-esgotos-1. Acesso em: 12 mar. 2024.

SOUSA, Bianca Anacleto Araújo de. **Avaliação da poluição hídrica e suas fontes geradoras em trechos urbanizados do rio Capibaribe.** 2023. 62 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

YUE, S., & PILON, P. (2004). A comparison of the power of the t test, Mann-Kendall and bootstrap tests for trend detection. **Hydrological Sciences Journal**, 49(1), 21–37. Disponível em: https://doi.org/10.1623/hysj.49.1.21.53996. Acesso em: 21 mai. 2025.

# Estudo do potencial de economia de água de uma edificação do tipo escolar

**Camila Barreto Monteiro, Universidade de Pernambuco (cbm1@poli.br)**
**Simone Rosa da Silva, Universidade de Pernambuco (simonerosa@poli.br)**

O crescimento populacional acelerado e as mudanças climáticas têm intensificado a pressão sobre os recursos hídricos, contribuindo para o aumento do estresse hídrico em diversas regiões do planeta. Estima-se que cerca de quatro bilhões de pessoas vivem em áreas com escassez de água durante pelo menos um mês por ano (UNESCO, 2022). Para Carvalho (2011), uma parte da solução para os desafios hídricos consiste na redução do consumo da água potável pelo meio do aproveitamento de fontes alternativas, como irrigação de jardins e lavagem de pisos, além da conscientização da sociedade quanto ao uso racional desse recurso. Dessa maneira, o presente estudo tem como objetivo avaliar a viabilidade técnica e econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais na Escola Técnica estudada, localizada no município de Arapiraca, estado de Alagoas. A edificação foi escolhida por apresentar características favoráveis à captação de água da chuva, como ampla área de cobertura, por situar-se em uma região de escassez hídrica e perfil institucional estratégico para as práticas sustentáveis. Para realizar o estudo, foi utilizado o software Netuno, desenvolvido pelo LabEEE/UFSC, que realiza simulações com dados inseridos pelo usuário, como dados de precipitação diários, consumo de água potável, descarte inicial de água pluvial e porcentagem de água potável a ser substituída pela pluvial, estimando o volume de água potável que pode ser substituído por água pluvial em usos que não demandam qualidade potável, como irrigação de jardins, limpeza de pisos e lavagens em geral (Ghisi; Cordova, 2014). A partir da análise das faturas da concessionária de água local entre 2022 até 2025, verificou-se um consumo médio mensal de água na edificação de 147,6 m³. Entretanto, estimou-se que as atividades de irrigação de jardins e lavagem de pisos representam um consumo mensal de 37,66 m³, correspondente a 447,22 m³ anualmente. Esses dados evidenciam o significativo potencial de economia hídrica por meio da substituição da água potável por água pluvial para essas finalidades. Dessa forma, a simulação do software Netuno demonstrou que a adoção de um sistema de captação de águas pluviais com um reservatório de 3.000 litros representa a alternativa mais eficiente para a edificação analisada, pois atende a aproximadamente 93,89% da demanda hídrica para usos não potáveis, resultando em uma economia de 24,30% no consumo total de água potável. Após a definição do tamanho do reservatório, foi realizado uma simulação do curso da água e definido a quantidade de material necessária para a construção do sistema. Com base na lista de materiais foi utilizado como referência a tabela do SINAPI- Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, da região de Alagoas (CEF, 2024), o custo total estimado para a implementação do sistema de captação de água pluvial foi de R$ 5.052,95. A partir dessa estimativa e dos dados inseridos, o software Netuno calculou o Valor Presente Líquido (VPL) do projeto, que corresponde ao lucro líquido acumulado ao longo do tempo. O sistema apresentou um VPL de R$ 12.149,82 no período analisado de 20 anos, evidenciando sua viabilidade econômica e um retorno financeiro expressivo. Ademais, o tempo de retorno do investimento foi estimado em 36 meses, ou seja, apenas três anos após a instalação. Sendo assim, além do retorno financeiro direto, o sistema contribui significativamente para a redução do consumo de água potável, promovendo o uso consciente dos recursos hídricos, especialmente em contextos urbanos, onde o desperdício ainda é elevado. Ao aliar sustentabilidade ambiental com eficiência econômica, o projeto representa uma ação prática e acessível para incentivar a gestão integrada da água, em consonância com os princípios do desenvolvimento sustentável e os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), em

especial o ODS 6: Água potável e saneamento para todos. A importância de ações como essa é reforçada por estudos que apontam a necessidade de ampliar a conscientização e o conhecimento da população, principalmente de jovens estudantes, sobre o papel da água no contexto urbano e a urgência de uma mudança de comportamento frente ao cenário de escassez hídrica (Monteiro *et al.*, 2024).

**Palavras-chave:** *Conservação de água; sustentabilidade hídrica; netuno.*

**Referências**

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL (CEF). **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI**. 2024. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_653. Acesso em: 30 jul. 2025.

CARVALHO, R. C. A. **Uso racional da água em edifícios residenciais na Região Metropolitana do Recife (RMR)** - PE. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

GHISI, E.; CORDOVA, M. M. **NETUNO 4**: manual do usuário. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. 2014. 62 p. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/. Acesso em: 5 abr. 2025.

MONTEIRO, C. B.; SILVA, S. R.; SOUZA, C. R. A.; BARROS, A. G. S. ODS 6: Conhecimento dos estudantes da cidade do Recife sobre recursos hídricos e saneamento. **Mostra de Extensão, Inovação e Pesquisa - POLI-UPE 2024**, Recife, v.11, n.1, 2024. Disponível em: revistas.poli.br/index.php/anais/issue/archive. Acesso em: 9 jul. 2025.

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e a Cultura. **Relatório Mundial de Desenvolvimento da água das Nações Unidas 2018** – Soluções baseadas na natureza para a água. Perúgia, 154 p., 2018. Disponível em: https://en.unesco.org/wwap. Acesso em: 14 jul. 2024.

# Identificação das patologias presentes nas fachadas da Igreja de Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos do Recife

**Yago Braga do Amaral, Universidade de Pernambuco (yba1@poli.br)**
**Willames de Albuquerque Soares, Universidade de Pernambuco (was@poli.br)**

A Cidade do Recife foi fundada no ano de 1537, como uma vila de comerciantes e antes de ser ocupada, possuía uma grande importância nacional e internacional por ser o porto mais movimentado da América portuguesa por volta do século XVII (Prefeitura do Recife, 2020). Assim, o estudo girou em torno da edificação religiosa tombada, a Igreja de Nossa Senhora do Rosário dos Homens Pretos do Recife localizada no Bairro de Santo Antônio no Recife, fundada entre os anos de 1660 e 1670, devido sua importância histórica e social da edificação e pelo visível estado de degradação do monumento. O município do Recife enfrenta problemas relacionados às precipitações, principalmente no período de abril a julho, que se caracteriza como de maior pluviosidade (Wanderley *et al.*, 2018). Sendo assim, o objetivo do projeto é realizar um estudo de caso analisando e classificando as manifestações patológicas da edificação em estudo. Para isso, foi realizada inspeções presenciais na edificação, elaboração de mapa de danos das fachadas e cálculo da matriz GUT. Além disso, foi realizado registros fotográficos das manifestações patológicas encontradas, contribuindo para identificar os problemas. A fachada oeste, correspondente à lateral esquerda da edificação, apresentou manifestações patológicas significativas, sendo as mais expressivas as manchas de umidade, ocasionadas pela ação das chuvas e dos ventos. Também foram identificadas marcas de vandalismo nessa fachada, especialmente nas regiões inferiores, onde a facilidade de acesso favorece a ocorrência desse tipo de intervenção danosa. Outra manifestação patológica observada foi a corrosão das grades das janelas, resultando na perda progressiva de material. Essa deterioração está diretamente associada à localização da edificação, próxima ao mar, e ao clima tropical quente e úmido característico da cidade do Recife. Já na fachada frontal, correspondente à fachada principal da igreja, foram identificadas marcas de vandalismo, uma manifestação patológica recorrente em edificações localizadas nas regiões centrais urbanas. Além disso, observaram-se manchas de umidade, patologia frequente em fachadas expostas à elevada incidência de chuvas e à ação dos ventos, conforme apontado por Mazer *et al.* (2016). Na torre sineira, verificou-se a presença de sujidades sobre as cantarias, atribuída à própria configuração arquitetônica da estrutura. Por estar situada no topo da edificação, essa área apresenta dificuldades de acesso, o que dificulta a realização de limpezas e manutenções periódicas. Também foi constatado o desgaste do material original na fachada, manifestado por quebras e deteriorações, resultado tanto da longa vida útil da edificação, em funcionamento contínuo há quase 300 anos, quanto da ausência de um plano de manutenção preventiva, intervenções indevidas e da grande lacuna entre as intervenções de restauro. Por fim, destaca-se que a fachada frontal (norte) sofre maior impacto dos agentes climáticos, especialmente por sua orientação perpendicular e proximidade com o mar. Tal exposição intensifica os danos estruturais em comparação às demais fachadas do edifício. Vale ressaltar que as demais fachadas são inacessíveis e possuem abertura para o meio externo junto a outras edificações, impossibilitando de realizar o estudo de modo a completar todas as quatro fachadas. Sendo assim, após o estudo concluiu-se que as principais manifestações patológicas encontradas nas fachadas da Igreja foram, manchas de umidade, sujidades, desplacamento de pintura, rachaduras, perda de material, fissuras, oxidação de grades de proteção e pixação. Com isso, foi evidenciado uma degradação geral do monumento, bem como necessidade de projetos de restauração, tendo em vista que o monumento do estudo foi restaurado há mais de 17 anos pelo Iphan e desde então não houve restaurações, somente pinturas superficiais nas paredes e manutenções emergenciais. Com isso, ressalta-se a importância de manutenções preventivas

em edificações históricas como forma de conservação e de prolongamento da vida útil das construções, da sua finalidade social, artística e cultural na sociedade.

**Palavras-chave:** *Manifestações patológicas; preservação; Igreja do Rosário dos Pretos; manutenção preventiva.*

**Referências**

Prefeitura do Recife. **Ancoradouro de navios e ideias**. Disponível em: http://www2.recife.pe.gov.br/pagina/hisoria. Acesso em: 15 jun. 2025.

Mazer et al. Avaliação de manifestações patológicas em edifícios em função da orientação geográfica. **Revista ALCONPAT**, v. 6, n. 2, p. 145-156, 2016.

Wanderle et al. As chuvas na cidade do Recife: uma climatologia de extremos**. Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 22, n. 14, p. 149-164, jun. 2018.

# Aproveitamento de água gerada por condicionadores de ar para fins não potáveis em edificação escolar

**Yasmin Ayumi Gushiken, Universidade de Pernambuco (yag@poli.br)**
**Simone Rosa da Silva, Universidade de Pernambuco (simonerosa@poli.br)**

A água é um recurso natural renovável indispensável para a manutenção da vida, sendo principal alvo de confronto entre o homem e a natureza. Questões que envolvem sua conservação tornaram-se nos últimos anos uma preocupação mundial (Costa *et al.*, 2020). Nesse cenário, as tecnologias alternativas para o aproveitamento de água de diversas fontes vêm sendo cada vez mais utilizadas nas edificações (Melo, 2020). Nesse contexto, este estudo tem por objetivo avaliar a viabilidade do aproveitamento da água do condensado, proveniente dos aparelhos de ar-condicionado (AC), para fins não potáveis em uma edificação de tipologia escolar técnica localizada na cidade de Arapiraca-AL. O prédio estudado possui 153 aparelhos de ar-condicionado, está em atividade desde o final de 2022 e oferece 20 cursos, de diversas áreas (beleza, gastronomia, saúde, tecnologia e moda) e com diferença nos turnos ofertados. Além disso, possui mais de 5 mil m² de área construída e 959,15 m² de área de jardim. A metodologia aplicada consistiu em adotar vazões de referência para os aparelhos de ar-condicionado da edificação, visto que não foi possível realizar o monitoramento de vazões conforme previsto, devido a dificuldades logísticas. A qualidade da água não foi analisada porque as finalidades não potáveis consideradas neste estudo (lavagem de piso e rega de jardim) não necessitam de uma qualidade de tratamento superior, como a água potável (Melo,2020).Assim, foi realizado um levantamento bibliográfico de estudos de aproveitamento de água de condensado, no qual foram destacados os estudos de Boni (2019), Araújo (2019), Gomes (2019), Ermes (2020), Furtado Filho (2020), Fernandes (2023) e Novakoski (2024), tendo sido todos realizados em prédios de tipologia escolar no Brasil. Finalmente, foi adotada a vazão média condensada de 1,15 L/h, a partir de Pereira (2020). A vazão de referência foi escolhida a partir dos critérios de tipologia predial, temperatura e condições climáticas do local, que foram as mais semelhantes às do prédio estudado em Alagoas, em contraste com os outros estudos avaliados. Tal estudo foi realizado em uma instituição também de ensino técnico, em um estado do nordeste brasileiro, no qual se desenvolveu um sistema de captação e armazenamento de água que foi testado e instalado em 25 aparelhos de ar-condicionado, a fim de medir a vazão de água condensada. Paralelamente, foram estimados 3 tipos de demandas não potáveis de água que podem ser substituídas pela água condensada: lavagem de piso, lavagem de banheiros e rega de jardim. A estimativa do volume de água adotado para a rega do jardim foi calculada por meio de metodologia proposta por Tomaz (2010), e as demandas para lavagem de piso e lavagem de banheiros foram calculadas a partir de contato com a equipe de limpeza do prédio. Além disso, a fim de avaliar o padrão de consumo de água da edificação, também foi levantado o quantitativo de peças hidrossanitárias, bem como o consumo médio mensal de água em 2024, por meio das faturas emitidas pela concessionária de água e saneamento local. A estimativa possibilitou verificar que são consumidos anualmente, em média, 33.610 L de água potável com lavagem de piso, 394.000 L com irrigação de jardim e 19.520 L com lavagem dos banheiros. Além disso, o volume coletado de água condensada seria o equivalente a 175,95 L/h, ou 1850,35 L/dia, o que corresponde a uma média de 469.989 L por ano, considerando-se a diferença no tempo de funcionamento dos aparelhos de ar-condicionado do prédio. Finalmente, conclui-se que o volume condensado seria capaz de suprir totalmente a demanda total não potável. A partir dos resultados obtidos, conclui-se que este trabalho foi de grande importância para ampliar os estudos nesta tipologia predial para a conservação de água em edificações de grande porte.

**Palavras-chave:** *Edificação escolar; sustentabilidade hídrica.*

**Referências**

ARAÚJO, S. M. G. *et al.* Reuso da água de condensação dos aparelhos de ar-condicionado para atividades de limpeza na UFCG, Campus Pombal/ PB. **Brazilian Journal of Development**, v.5, n.11, p. 25134-25140 (2019).

BONI, C. R.; BONI, S.S.N.; SOUSA, J.M.M. Análise do potencial de aproveitamento de água de aparelhos de ar condicionado em prédios do Campus Anil da Universidade CEUMA-MA. *In:* SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS, 1., 2019, Porto Alegre. **Anais** [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2019.

COSTA, M. *et al.* Contextualização do uso racional da água pelas escolas públicas de Limoeiro do Norte (Ceará – Brasil): Experiência formativa na Extensão Universitária. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.8, n.1, p. 30-42 (2020).

ERMES, A, S, V. *et al.* Proposta de implantação de sistema de reuso de água proveniente de condicionadores de ar em uma instituição de ensino do Amazonas. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v.3, n.3, p.1713-1728 (2020).

FERNANDES, I, L. **Estudo do aproveitamento da água proveniente de equipamentos de ar condicionado em instituição pública de ensino no ifsertão pernambucano**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPE, Monteiro - PB.

FURTADO FILHO, J. C. S. Viabilidade da reutilização da água proveniente de ar condicionado. **Engenharia no Século XXI**, v.17, p. 50-61 (2020).

GOMES, J. A. C. *et al.* Reúso da água condensada por aparelhos de ar condicionado no IFPI, Campus Teresina Central. **Meio Ambiente, Sustentabilidade e Agroecologia**, v.2, p. 7-16 (2019).

MELO, Allan Jayson Nunes de. **Aproveitamento da água gerada por condicionadores de ar para fins não potáveis:** estudo de caso em um hospital na cidade do Recife. 2020. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Recife, 2020.

NOVAKOSKI, C, K. *et al*. **Utilização da água proveniente de aparelhos de ar condicionado para fins não potáveis:** Estimativa do volume gerado. Revista Ciência e Natura, v.46, n.3 (202

PEREIRA, V. F. V. *et al.* Uso sustentável da água. **Revista Caravana: diálogos entre extensão e sociedade**, v.5, n.1, p. 87-103 (2020).

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. São Paulo: Plínio Tomaz, 2010. 491 p. ISBN: 85-87678-23-X.

# Potencial de uso de drones em inspeções de barragens: estudo de caso em Pernambuco

**Alisson Roberto Olimpio Camelo, Universidade de Pernambuco (aroc1@poli.br)**
**Simone Rosa da Silva, Universidade de Pernambuco (simonerosa@poli.br)**
**Dalton Messias Batista da Silva, Universidade de Pernambuco (dmbs1@poli.br)**
**Anna Elis Paz Soares (anna.soares.poli.br)**

A inspeção de segurança de barragens é uma questão de fundamental importância no controle de riscos estruturais e ambientais no Brasil. Em Pernambuco, é visto que esse cenário se destaca ainda mais, pois conta com 588 barragens catalogadas, onde 240 são classificadas como Alto Dano Potencial Associado (DPA), de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (SNISB, 2025). Esse cenário demonstra a urgente necessidade de aprimoramento de mecanismos e técnicas de fiscalização, devido às dificuldades enfrentadas pelos órgãos públicos, como a falta de profissionais qualificados, o acesso restrito a certas estruturas e à dificuldade de se ter dados constantemente atualizados. De acordo com o relatório de segurança de barragens da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2025), “a prioridade na inspeção de barragens voltadas ao abastecimento humano reforça a necessidade de estratégias eficientes de monitoramento, incluindo o emprego de tecnologia de ponta, como drones, para garantir a segurança da população”. Diante disso, este estudo se propõe a analisar o potencial uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), conhecidos como drones, em inspeções de segurança de barragens. Dessa maneira, o foco se estende sobre o caso da Barragem Açude de Apipucos, situada em Recife. A metodologia adotada para a pesquisa envolveu três pilares principais. Primeiramente, realizou-se um aprofundamento teórico por meio de revisão de literatura, com base em estudos sobre o uso de VANTs em segurança de barragens, como apontado por Silva, Silva e Rabbani (2025), que destaca o aumento da aplicação dessas tecnologias como ferramenta de apoio à gestão e à tomada de decisão no monitoramento de estruturas hidráulicas. Também foi realizada participação no curso "Guia de Orientação e Formulários para Inspeções de Segurança de Barragens", oferecido pela Escola Nacional de Administração Pública (ENAP). Por fim, foi realizada uma inspeção de segurança na Barragem Açude de Apipucos, onde foi feita uma visita técnica para verificação e análise de sua estrutura física, fazendo uso de equipamento aéreo não tripulado equipado com câmera de alta definição e confrontando diretamente com os métodos tradicionais de inspeção visual. O planejamento da operação aérea foi detalhista, abrangendo aspectos como segurança, otimização de rotas de voo e a captura de imagens precisas dos principais componentes da estrutura, incluindo vertedouro, reservatório e áreas adjacentes. Durante a inspeção com o VANT, foi possível coletar imagens com alto detalhamento em diversas altitudes, o que permitiu registrar locais de difícil acesso por meios terrestres. Essa captação detalhada evidenciou manifestações patológicas como erosões, presença de vegetação invasiva e assoreamento parcial do reservatório. Além da sistematização da documentação visual, a aplicação dessa tecnologia aérea em inspeções de segurança permitiu maior abrangência visual, acesso a áreas críticas sem exposição humana direta e documentação sistematizada da estrutura inspecionada, integrando-se progressivamente às rotinas técnicas de campo (Pereira *et al.*, 2020). Essa tecnologia proporcionou maior segurança operacional, redução do tempo de trabalho em campo e eliminou a exposição direta do inspetor a áreas potencialmente instáveis. A experiência prática demonstrou a importância da preparação prévia para identificar anomalias e compreender os

critérios de risco e dano potencial em barragens. A vivência no Açude de Apipucos, que é considerada a barragem mais antiga ainda em operação no país, construída em 1796, permitiu não só comparar os dados obtidos com os laudos técnicos existentes, mas também compreender a complexidade inerente ao monitoramento de estruturas urbanas históricas. A atividade em campo foi fundamental para o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao planejamento de inspeções com drones, à interpretação de imagens técnicas e à ligação entre o diagnóstico visual e a modelagem digital. Apesar dos excelentes resultados, o estudo identificou alguns obstáculos à implementação do uso de VANTs, como as restrições regulatórias para operações em áreas urbanas e a dependência de condições climáticas favoráveis. Contudo, os notáveis benefícios operacionais e a qualidade da informação coletada deixam claro que os drones se apresentam como um recurso fundamental e estratégico para fortalecer as ações de fiscalização, especialmente em cenários de escassez de recursos técnicos e relacionados a orçamentos. Atualmente, o trabalho encontra-se na fase de compactação dos dados e desenvolvimento final do artigo científico. A expectativa é que os resultados alcançados contribuam para a difusão de práticas mais modernas, acessíveis e eficientes na fiscalização de barragens, tanto em Pernambuco quanto em outras regiões do Brasil, reforçando assim o compromisso com a segurança hídrica e estrutural em ambientes urbanos.

**Palavras-chave:** *Inspeção de segurança; Drone; Segurança Hídrica; Pernambuco.*

**Referências**

PEREIRA, G. C.; OLIVEIRA, P. H. C.; SOUZA, F. M.; MOURA, G. G. A. **Inspeções regulares em barragens de rejeito com uso de drone**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA – COBRAMSEG 2020. Anais [...]. São Paulo: ABMS, 2020.

GORKOS, Paola. Potencial de uso de drones em inspeções de barragens: estudo de caso da Barragem dos Rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim e Barragem Rodolfo da Costa e Silva. 2022. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Construção e Infraestrutura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2022.

ANA. **Relatório de segurança de barragens 2024-2025**. Brasília, DF: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2025.

BRASIL. **Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens**. Disponível em: https://www.snisb.gov.br/portalsnisb/consultar-barragem. Acesso em: 26 jul. 2025.

SILVA, D. M. B. da; SILVA, S. R. da; RABBANI, E. R. K. Utilização de sistemas de aeronaves não tripuladas na gestão de segurança de barragens – uma revisão sistemática de literatura. **Geofronter**, Campo Grande, v. 11, p. 1–26, 2025. ISSN 2447-9195.

# Análise de Estruturas e de Intervenções Urbanas no Sítio Histórico de Olinda.

**Lucas Costa Tenório, Universidade de Pernambuco (lct@poli.br)**
**Eudes de Arimatéa Rocha, Universidade de Pernambuco (eudes.rocha@poli.br)**
**Pedro Henrique Cabral Valadares (pedro.valadares@upe.br)**
**Alexandre Duarte Gusmão (Gusmão.alex@poli.br)**
**Pedro Eugênio Silva Oliveira, Universidade de Pernambuco (pedro.oliveira@poli.br)**

O sítio histórico de Olinda, inscrito na lista do Patrimônio Cultural da Humanidade pela UNESCO, constitui um dos mais importantes conjuntos arquitetônicos e urbanos do Brasil, sendo reconhecido por seu valor histórico, cultural e paisagístico (UNESCO, 2012). Entretanto, a preservação desse patrimônio enfrenta desafios relacionados às condições geotécnicas do terreno, às pressões do crescimento urbano e às intervenções antrópicas irregulares que comprometem tanto a integridade estrutural quanto a autenticidade cultural do sítio (FUNDAJ, 2010; Almeida e Silva, 2018). O relevo acidentado, a presença de solos de elevada plasticidade e a ausência de políticas públicas de monitoramento sistemático contribuem para a intensificação de manifestações patológicas em edificações, muros de contenção e passeios, evidenciando a vulnerabilidade da área e a urgência de medidas preventivas (Lacerda, 2019). A pesquisa em desenvolvimento tem como objetivo geral avaliar as condições estruturais e urbanísticas do sítio histórico de Olinda sob a perspectiva da geotecnia aplicada à preservação do patrimônio edificado, buscando identificar manifestações patológicas em muros de contenção, calçamentos e edificações históricas, bem como mapear intervenções urbanas irregulares que descaracterizam a paisagem cultural. Entre os objetivos específicos, destacam-se diagnosticar os principais problemas de estabilidade em muros de contenção e edificações, avaliar a condição dos passeios e calçamentos históricos, identificar a presença de obras irregulares e propor recomendações técnicas que conciliem a conservação do patrimônio histórico e o crescimento urbano sustentável. A metodologia adotada compreende a análise documental e bibliográfica de estudos anteriores sobre a ocupação urbana de Olinda, normas técnicas da ABNT (NBR 11.692 e NBR 15.575) e diretrizes da UNESCO, aliada ao trabalho de campo, que incluiu inspeções técnicas sistemáticas em muros de contenção, calçamentos e edificações históricas, com registro fotográfico e observação de fissuras, recalques diferenciais, deslocamentos de solo e descolamentos de pavimentos. Os dados coletados foram posteriormente analisados de forma crítica, buscando identificar padrões de degradação e continuidade de problemas patológicos entre diferentes elementos construtivos, além de mapear obras irregulares em áreas de elevado valor histórico. Os resultados preliminares indicam a ocorrência de danos recorrentes que comprometem a preservação do sítio histórico. Nos muros de contenção, foram observadas fissuras, recalques diferenciais e movimentação do solo que ameaçam a estabilidade das encostas. Nos passeios e calçamentos, identificaram-se fissuras, trincas e descolamentos, comprometendo tanto a segurança de pedestres quanto a estética e valorização do espaço urbano. Nas edificações históricas, verificaram-se manifestações patológicas semelhantes às dos muros e calçamentos, evidenciando a continuidade dos processos de deterioração ao longo do conjunto edificado. Além disso, foram constatadas obras irregulares que afetam negativamente a paisagem cultural, descaracterizando a arquitetura local e comprometendo a harmonia estética do sítio. Diante desses achados, torna-se evidente a necessidade de ações preventivas e corretivas articuladas entre engenharia geotécnica, gestão urbana e conservação patrimonial. Destacam-se como medidas recomendadas o monitoramento contínuo das encostas, a recuperação de calçamentos, a restauração de edificações históricas e a regulamentação mais rigorosa sobre novas construções. A pesquisa evidencia que a preservação do sítio histórico de Olinda

depende de políticas públicas integradas e normas técnicas específicas para áreas históricas, garantindo que futuras intervenções respeitem as características originais e assegurem a perenidade do patrimônio cultural. Espera-se que os resultados obtidos subsidiem diretrizes práticas para equilibrar a preservação histórica e o desenvolvimento urbano sustentável, promovendo a manutenção da integridade estrutural, estética e cultural do sítio histórico de Olinda para as próximas gerações.

**Palavras-chave:** *Estabilidade de encostas, Patrimônio histórico, Preservação urbana.*

**Referências**

ALMEIDA, L. S.; SILVA, R. L. Vulnerabilidade geotécnica em áreas históricas: o caso do sítio de Olinda-PE. **Revista Brasileira de Geotecnia Histórica,** v. 7, n. 2, p. 45–62, 2018

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11682:** Estabilidade de Encostas. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575:** Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

FUNDAJ – Fundação Joaquim Nabuco. **Olinda:** patrimônio da humanidade e desafios da preservação. Recife: Massangana, 2010.

LACERDA, W. A. **Estabilidade de Taludes.** Rio de Janeiro: Oficina de Textos, 2019.

UNESCO. **World Heritage Committee Report:** Historic Centre of Olinda. Paris: UNESCO, 2012.

# Inspeção Visual e Priorização de Manutenção de Pontes nas Microrregiões do Estado de Pernambuco

**Everson Silva de Albuquerque, Universidade de Pernambuco (esa1@poli.br)**
**Allefy Teles Sampaio, Universidade de Pernambuco (ats1@gmail.com)**
**Rômulo Pereira da Silva, Universidade de Pernambuco (romulo.p@live.com)**
**Willames de Albuquerque Soares, Universidade de Pernambuco (was@poli.br)**
**Eliana Cristina Barreto Monteiro, Universidade de Pernambuco/Universidade Católica de Pernambuco (eliana@poli.br)**

As pontes são elementos essencial para transportes e tráfegos de pessoas. A presente pesquisa teve como objetivo principal avaliar e estabelecer critérios de priorização para manutenção de pontes rodoviárias localizadas no interior do estado de Pernambuco, utilizando como base a metodologia de inspeção visual e o método GUT, que se destaca por sua simplicidade e aplicabilidade prática na gestão de ativos. O estudo concentrou-se em duas microrregiões: o Agreste, sob responsabilidade do 3º Distrito Rodoviário (DRO) com sede em Caruaru, onde foram inspecionadas 61 pontes; e o Sertão Central, vinculado ao 6º DRO de Salgueiro, com um total de 50 pontes analisadas, totalizando 111 estruturas inspecionadas. A escolha dessas regiões se deu por sua relevância no escoamento de produção e pelo alto tráfego de veículos pesados, o que intensifica o desgaste estrutural das pontes. A metodologia empregada consistiu em inspeções visuais simples, conforme os parâmetros estabelecidos pela norma ABNT NBR 9452:2023, que define os procedimentos mínimos para avaliação das condições estruturais, funcionais e operacionais de obras de arte especiais (OAE). Essa pesquisa trata-se de técnica cientifica, pois vai seguir e, segundo ABNT (2023), permite a padronização de critérios técnicos durante as vistorias, favorecendo diagnósticos mais confiáveis. Durante a etapa de campo, foram observadas patologias em diferentes componentes estruturais, como vigas, pilares, lajes, aparelhos de apoio e sistemas de drenagem. As informações coletadas foram registradas em fichas de inspeção, com registros fotográficos e observações técnicas. Para complementar essa análise e orientar decisões quanto à manutenção, foi aplicado o método GUT, que considera três dimensões: Gravidade (G), Urgência (U) e Tendência (T), classificadas com notas de 1 (menor impacto) a 5 (impacto máximo). O produto G×U×T forneceu um índice numérico individualizado para cada ponte, indicando a criticidade e a prioridade de intervenção e uma nota final para determinar esse conjunto, pois se essa nota final for superior a 60, representa que está em estado crítico. Essa abordagem foi inspirada em estudos recentes que evidenciam a efetividade do método GUT em diferentes contextos de gestão pública, como apontam Barros e Souza (2022), ao aplicarem a ferramenta em infraestrutura urbana com bons resultados. A análise dos dados revelou que as pontes situadas na microrregião do Agreste (com notas finais superiores a 60 se repetindo em várias pontes) apresentaram os maiores índices de GUT, evidenciando um estado mais crítico, em relação às estruturas do Sertão Central. Entre as manifestações patológicas mais comuns identificadas estavam corrosão de armaduras aparentes, trincas longitudinais e transversais, desplacamento de concreto, presença de infiltrações e falhas nos dispositivos de apoio e juntas de dilatação. Algumas estruturas, inclusive, apresentaram sinais de comprometimento em elementos principais, com risco potencial à estabilidade e à segurança dos usuários, fato também abordado por Freitas *et al.* (2022), que alertam sobre as limitações da inspeção visual quando não acompanhada por análises complementares. Apesar disso, o uso da inspeção visual, quando bem estruturada, permite diagnósticos eficazes para fins de triagem e planejamento, como reforçado por Oliveira e Moura (2023), que destacam sua importância no contexto brasileiro, especialmente em regiões onde faltam recursos para avaliações mais sofisticadas. O método GUT mostrou-se uma ferramenta valiosa para hierarquização das intervenções, uma vez que suas notas, quando aplicadas com critérios técnicos bem definidos, indicam de forma clara quais estruturas demandam atenção imediata.

A análise dos dados demonstrou ainda que muitas das estruturas com maior índice GUT estão localizadas em vias de ligação regional ou acesso a centros urbanos, superando mais de 100 na nota final, o que amplia o impacto social e econômico da degradação estrutural. Como observado por Silva e Lima (2022), métodos multicritério como o GUT auxiliam na tomada de decisão ao transformar variáveis técnicas em indicadores quantitativos, o que favorece o planejamento orçamentário e logístico das manutenções. A ausência de agrupamento das pontes em faixas de prioridade (como baixa, média ou alta) foi deliberada, de modo a manter a leitura individualizada de cada estrutura e preservar o foco na gravidade real dos problemas detectados. Essa estratégia já foi adotada por outros estudos, como o de Martins e Ferreira (2024), que sugerem que a análise caso a caso evita a subvalorização de problemas pontuais em estruturas com histórico crítico. A metodologia adotada na presente pesquisa permite, portanto, uma avaliação técnica precisa e realista, contribuindo diretamente para a gestão da infraestrutura viária estadual. A principal contribuição prática do trabalho está na proposta de um modelo simplificado, porém eficaz, para definição de prioridades em obras de arte especiais, unindo a objetividade da inspeção visual padronizada à versatilidade do método GUT. Além disso, os dados levantados nesta pesquisa podem servir de base para a elaboração de planos de manutenção periódica, atualização cadastral e futuras inspeções de maior profundidade, como a inspeção principal ou ensaios estruturais. Conclui-se, assim, que a aplicação conjunta da ABNT NBR 9452 com o método GUT é eficaz para o diagnóstico preliminar e priorização técnica de pontes, sendo uma estratégia viável e acessível para estados e municípios que enfrentam desafios orçamentários, especialmente em regiões interioranas com alta densidade de estruturas e carência de manutenção sistemática. O trabalho também reforça a necessidade urgente de políticas públicas voltadas à conservação de obras de arte especiais, considerando que a deterioração dessas estruturas compromete diretamente a segurança viária, a mobilidade regional e a eficiência logística. Diante disso, recomenda-se a institucionalização de programas de inspeção contínua com base em metodologias simplificadas e eficazes, como a utilizada neste estudo, a fim de garantir maior durabilidade e desempenho das infraestruturas rodoviárias brasileiras.

***Palavras-chave:*** *Pontes; diagnósticos; infraestruturas; manutenção preventiva.*

**Referências**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9452**: Pontes, viadutos e passarelas – Inspeção. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

BARROS, R. M.; SOUZA, A. C. Priorização de manutenção de infraestrutura urbana com o método GUT adaptado. **Revista Gestão & Tecnologia**, Belo Horizonte, v. 21, n. 1, p. 149–166, 2022.

FREITAS, J. R. de; COSTA, B. C.; ALMEIDA, A. A. **Análise da eficiência de inspeções visuais em pontes rodoviárias: estudo de caso em rodovias estaduais.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 2022.

MARTINS, V. L.; FERREIRA, H. R. Gestão de obras de arte especiais em rodovias estaduais: desafios e estratégias. **Revista Infraestrutura e Transporte**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 22–37, 2024.

OLIVEIRA, T. S.; MOURA, K. L. Inspeções visuais em pontes: uma abordagem prática baseada na norma NBR 9452. **Revista Técnica da Engenharia Civil**, São Paulo, v. 4, n. 2, p. 88–95, 2023.

SILVA, D. M.; LIMA, T. J. C. Aplicação de métodos multicritério para priorização de pontes com falhas estruturais. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA CIVIL, 10., 2022, Recife. **Anais [...]**. Recife: UFPE, 2022.

# Análise estatística das manifestações patológicas nos azulejos da Sala do Capítulo do Convento de Santo Antônio: Uma aplicação do Teste Qui-Quadrado

**Felipe Duan Moura Vasconcelos, Universidade de Pernambuco (fdmv@poli.br)**
**Willames de Albuquerque Soares, Universidade de Pernambuco (was@poli.br)**
**Eliana Cristina Barreto Monteiro, Universidade de Pernambuco / Universidade Católica de Pernambuco (eliana@poli.br)**

A conservação do patrimônio histórico edificado é uma tarefa complexa, que ultrapassa a simples manutenção física dos bens culturais, envolvendo a preservação de valores simbólicos e artísticos fundamentais para a memória coletiva de uma comunidade (Imtiaz *et al.*, 2024). No Brasil, os azulejos coloniais desempenham papel expressivo nesse contexto, representando não apenas elementos decorativos, mas verdadeiros documentos históricos que testemunham técnicas artísticas e dinâmicas sociais dos séculos XVII e XVIII (Araújo; Santos; Ventura, 2021). Entretanto, tais elementos se mostram altamente vulneráveis à ação de agentes naturais, como umidade, poluição atmosférica e intempéries, bem como a danos causados por intervenções humanas mal executadas ou ausência de manutenção preventiva. Essas manifestações patológicas, quando não diagnosticadas e tratadas precocemente, comprometem tanto a integridade material quanto o valor histórico e estético das edificações, gerando perdas irreparáveis para o patrimônio cultural de um local (Vasconcelos, 2025). Inserido nesse contexto, este estudo analisou, sob uma abordagem estatística, as manifestações patológicas identificadas nos painéis de azulejos da Sala do Capítulo do Convento de Santo Antônio, localizado na cidade do Recife (PE), com o objetivo de mapear padrões de degradação e orientar estratégias de conservação preventiva baseadas em dados concretos e analíticos. A pesquisa, de caráter quantitativo e descritivo, envolveu a inspeção visual e o registro fotográfico de 2.120 azulejos distribuídos pelas quatro paredes do ambiente, consideradas individualmente como unidades de observação. As manifestações patológicas identificadas foram classificadas em três categorias principais: danificação física, intervenções humanas e desgaste por ação do tempo. Para avaliar se havia diferenças significativas na distribuição desses danos entre as paredes, foi aplicado o teste qui-quadrado de homogeneidade, utilizando o software RStudio (Posit Team, 2025), que também permitiu calcular os resíduos padronizados ajustados e gerar representações visuais dos dados, como mapas de calor. Dessa forma, os resultados indicaram de forma contundente que as manifestações patológicas não se distribuem de maneira homogênea entre as paredes da Sala do Capítulo. A parede Norte apresentou elevados índices de danificação física, com 73 ocorrências observadas, muito acima das 32 esperadas, e também maior número de intervenções humanas, o que sugere histórico de reparos ou remanejamento de peças possivelmente realizados sem o rigor necessário para manter a integridade estética e documental do conjunto. A parede Oeste também se destacou pelo alto número de danos físicos (67 observações frente a 18,9 esperadas), registrando o maior resíduo padronizado positivo do estudo (+11,09), o que pode estar relacionado à exposição à ação direta de chuvas e infiltrações, comprometendo significativamente a coesão estrutural dos azulejos. Por outro lado, a parede Leste não apresentou casos de danificação física (0 observações frente a 60,4 esperadas), mas concentrou o maior número de ocorrências de desgaste por ação do tempo, com 291 registros, muito além das 199,6 esperadas, evidenciando sinais de sujidade e envelhecimento que, embora não comprometam a estrutura dos azulejos, prejudicam sua legibilidade estética e podem acelerar processos de degradação se não tratados. Já a parede Sul revelou menor comprometimento estrutural, com apenas 11 casos de danificação física, muito abaixo do esperado, embora tenha apresentado sinais pontuais de desgaste superficial.

A análise dos resíduos padronizados ajustados mostrou também diferenças estatisticamente significativas entre as paredes, confirmando que tais variações não ocorrem por acaso, mas refletem fatores específicos como orientação das fachadas, grau de exposição ambiental, histórico de intervenções e possíveis variações construtivas internas do edifício. Assim, concluiu-se que esses achados são essenciais para fundamentar futuros planos de conservação segmentados, que considerem as particularidades de cada parede, priorizando intervenções estruturais mais urgentes nas faces Norte e Oeste, e ações de limpeza e conservação superficial na face Leste. Somado a isso, constatou-se que a aplicação de métodos estatísticos, como o teste qui-quadrado aliado aos resíduos padronizados, mostrou-se extremamente eficaz para o diagnóstico detalhado das manifestações patológicas, viabilizando decisões mais assertivas na conservação de bens históricos. Além disso, o estudo reforça a relevância de investigações complementares para aprofundar a compreensão das causas subjacentes aos danos, como infiltrações, variações térmicas e vibrações estruturais, além de destacar a necessidade de integrar análises históricas, assegurando intervenções compatíveis com a autenticidade e o valor cultural do patrimônio. Dessa forma, o trabalho contribuiu de maneira significativa para o desenvolvimento de estratégias de conservação preventiva, unindo rigor técnico e sensibilidade cultural na preservação qualificada do patrimônio histórico brasileiro.

**Palavras-chave:** *Patrimônio histórico; azulejos portugueses; manifestações patológicas; teste qui-quadrado.*

**Referências**

ARAÚJO, R. F. de; SANTOS, L. B.; VENTURA, T. C. Diagnóstico de manifestações patológicas em edificações históricas: Estudo de caso no centro antigo do Recife. **Revista Brasileira de Conservação**, v. 7, n. 2, p. 44-59, 2021.

IMTIAZ, S.; ARIF, S.; NAWAZ, A.; SHAH, S. A. R. Conservation of Socio-Religious Historic Buildings: A Case Study of Shah Yousuf Gardez Shrine. **Buildings**, v. 14, 2116, 2024. https://doi.org/10.3390/buildings14072116.

POSIT TEAM. **RStudio: Integrated Development Environment for R**. Posit Software, PBC, 2025. Disponível em: https://posit.co/. Acesso em: 15 abr. 2025.

VASCONCELOS, F. D. M. **Elaboração de mapas de danos para identificação de manifestações patológicas em Edificações Históricas**: Estudo de caso do Convento de Santo Antônio. 2025. 139 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco. Recife, 2025.

# Análise de correlação das manifestações patológicas em fachadas de edifícios de alvenaria resistente: um estudo de caso em Jaboatão dos Guararapes-PE

**Mariana Lissa Saruhashi, Universidade de Pernambuco (mls8@poli.br)**
**Bianca Maria Vasconcelos, Universidade de Pernambuco (bianca.vasconcelos@upe.br)**
**Rayssa Valéria da Silva, Universidade de Pernambuco (rvs1@poli.br)**
**Eliana Cristina Barreto Monteiro, Universidade de Pernambuco (eliana@poli.br)**
**Willames de Albuquerque Soares, Universidade de Pernambuco (was@poli.br)**

A Região Metropolitana do Recife (RMR) possui a tradição do modelo construtivo baseado em alvenaria de vedação com função estrutural, conhecida como alvenaria resistente (Mota, 2015). Os denominados "prédios caixão", construídos com esta técnica, caracterizam-se por blocos de até quatro pavimentos - número máximo sem elevadores - os quais se assemelham a uma caixa sobre o terreno (Branco, 2015). No entanto, a falta de normatização ocasionou o surgimento de diversas manifestações patológicas e, em alguns casos, o colapso dessas edificações (Figueiredo *et al.*, 2017). Nas fachadas, é utilizado argamassa com acabamento em pintura, como uma opção de baixo custo, rápida execução e fácil manutenção (Breitbach *et al.*, 2016). O estudo do mapa de danos em edifícios de alvenaria resistente é de fundamental importância devido à sua relevância na identificação e compreensão detalhada das principais irregularidades, além de evidenciar a urgência necessária para a intervenção (Bersch *et al.*, 2021). Desse modo, o presente estudo visa realizar uma avaliação das condições das fachadas de um edifício de alvenaria resistente, estabelecendo dois objetivos principais: a identificação das suas manifestações patológicas através da execução de um mapa de danos e a análise de correlação entre as manifestações com a aplicação dos testes de Spearman e de Pearson. Trata-se de uma pesquisa aplicada com estudo de caso, de abordagem quantitativa. O edifício analisado, conhecido como Bloco 89, localizado no bairro Curado 4, em Jaboatão dos Guararapes, foi construído em 1978 pela Companhia de Habitação Popular do Estado de Pernambuco (COHAB-PE) e teve sua urgência constatada após notificação da Defesa Civil para reparos imediatos (Davidson, 2018). A metodologia adotada iniciou-se com inspeções visuais detalhadas, durante as quais foram registradas diversas manifestações patológicas e então documentado incluindo informações sobre o tipo de manifestação, localização, área afetada e data da observação no software AutoCAD. Dado que não existe uma regulamentação específica que defina os critérios para a criação de mapas de danos no país, optou-se por utilizar uma legenda de cores nos desenhos para representar as manifestações patológicas identificadas. Para a realização dos testes estatísticos, uma malha de 0,25x0,25m foi sobreposta aos mapas de danos elaborados, cuja densidade foi determinada a partir da escala dos danos, visando obter uma precisão adequada na coleta de dados. Com isso, a razão entre os quadrantes contendo uma manifestação e a malha total, resultou no percentual da manifestação por fachada. Os valores encontrados foram submetidos a um teste qui-quadrado de aderência utilizando o software estatístico RStudio, para confirmar a distribuição normal dos dados. Em seguida, a aplicação conjunta dos testes de Pearson e Spearman oferece uma análise mais robusta e detalhada das interações entre as diferentes manifestações patológicas. Enquanto o primeiro é amplamente utilizado para medir a força e a direção da relação linear entre duas variáveis contínuas; o segundo o complementa ao identificar correlações que podem não ser detectadas pela correlação linear, especialmente em casos em que as relações entre variáveis são não lineares ou os dados apresentam outliers. Para analisar os resultados, foi utilizado a interpretação proposta por Hinkle *et al.* (2003), na qual a correlação varia de -1 a 1, e valores próximos a esses limites indicam uma correlação forte, positiva ou negativa. Valores positivos indicam que são diretamente proporcionais, e negativos, inversamente proporcionais. Uma correlação próxima de 0 indica ausência de correlação. As manifestações identificadas no mapa de danos consistem em vegetação,

fissura, sujidade e desplacamento. No teste de aderência, todos os conjuntos de dados possuem valores-p significativamente maiores que 0,05 e, portanto, não se rejeita a hipótese nula de que seguem uma distribuição normal. No teste de Pearson, destacam-se uma correlação forte negativa (-0,8287) entre vegetação e desplacamento, e moderada positiva (0,4088) entre sujidade e desplacamento. No teste de Spearman, destacam-se uma correlação forte negativa (-0,8857) entre vegetação e desplacamento, e moderada negativa (-0,4857) entre sujidade e vegetação. O restante das manifestações apresentou uma correlação fraca ou muito fraca. Apesar da associação estatística entre vegetação e menor incidência de desplacamento, é importante destacar que o tipo de vegetação deve ser considerado, pois raízes podem induzir fissuração, umidade e até desplacamentos, comprometendo o revestimento. Por outro lado, a correlação moderada positiva entre sujidade e desplacamento indica que superfícies mais sujas tendem a apresentar maiores níveis de desplacamento. Isso pode ser explicado pelo fato de que a sujidade, muitas vezes, retém umidade, o que pode acelerar os processos de degradação e desplacamento da pintura e do reboco. Essas informações são de suma importância para orientar intervenções de manutenção e conservação mais eficazes e direcionadas, promovendo assim, uma preservação mais sustentável das edificações. Ao compreender a extensão e a gravidade dos danos, é possível mitigar riscos potenciais, protegendo não apenas o patrimônio arquitetônico, mas também a segurança e o bem-estar dos ocupantes e da comunidade em geral. Portanto, o estudo do mapa de danos utilizando correlação consiste em uma etapa crucial no processo de preservação e manutenção adequada de edifícios de alvenaria resistente.

**Palavras-chave:** *Manifestações patológicas; mapa de danos; análise de correlação; edifício de alvenaria resistente.*

**Referências**

BERSCH, J. *et al*. Diagnosis of pathological manifestations and characterization of the mortar coating from the facades of historical buildings in Porto Alegre – Brazil: a case study of Château and Observatório Astronômico. **International Journal of Architectural Heritage**, v. 15, n. 8, p. 1145-1169, 2021.

BRANCO, A. Prédio Caixão - Edifício Gregório Bezerra. **Revista Especialize On-line IPOG**, Goiânia, GO, v. 10, n. 01, 2015.

BREITBACH, A. *et al*. Avaliação de manifestações patológicas frequentes de pinturas externas em Florianópolis. In: REHABEND, 6, 2016, Burgos. **Anais** [...]. Burgos: UC, 2016.

DAVIDSON, J. **História do bairro do Curado – Jaboatão**. 2018. Disponível em: www.jaboataoguararapesredescoberto.com/2017/04/historia-do-bairro-do-curado-jaboatao.html. Acesso em: 05 de maio de 2024.

FIGUEIREDO, A. *et al*. Manifestações patológicas identificadas em um edifício residencial de alvenaria resistente em Recife (PE). **CONPAR**, ago. 2017.

HINKLE, D. *et al*. **Applied Statistics for the Behavioral Sciences**. 5th ed. Boston: Houghton Mifflin; 2003.

MOTA, J. **Reforço de alvenaria resistente com argamassa armada com adição de matacaulim**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

# Análise mineralógica de blocos cerâmicos de embasamento em edifício de alvenaria resistente: Estudo de Caso em Jaboatão dos Guararapes/PE.

**Laiane Maria de Carvalho, Universidade de Pernambuco (lmc6@poli.br)**
**Eudes de Arimatéa Rocha, Universidade de Pernambuco (eudes.rocha@poli.br)**
**Victor Marcelo Estolano de Lima, Universidade de Pernambuco (vmel@poli.br)**

Edifícios construídos em alvenaria resistente, mais conhecidos como prédio tipo caixão, tiveram importante impulso a partir do início da década de 1970, devido aos incentivos do Banco Nacional da Habitação (BNH) e seu sucesso deveu-se, em grande parte, ao baixo investimento, alto retorno financeiro e à rapidez na execução (Santos; Sobrinho, 2018). Os prédios foram executados sem fundamentação tecnológica e normas técnicas pertinentes, o que ocasionou, com o passar do tempo, o surgimento de diversas manifestações patológicas, incluindo o colapso de algumas dessas edificações (Figueiredo *et al*. 2017). Segundo Oliveira *et al*. (2017), a alvenaria resistente é uma técnica construtiva que se caracteriza pela utilização de unidades (cerâmicas ou de concreto) de vedação empregadas com finalidade estrutural, suportando cargas além do seu próprio peso. Araújo (2015) afirma que a alvenaria de embasamento é o elemento de ligação da estrutura com a fundação (infraestrutura), formando o caixão da base (este poderá ser vazio, ou aterrado); pode ser de alvenaria singela ou dobrada, composta de blocos de concreto ou cerâmicos. Encontra-se abaixo do nível do terreno, portanto, enterrado e sujeito a diversos ataques. Braga *et al.* (2016) pontuam que os laudos mais recentes apontam para as principais causas do colapso dessas edificações destacando, a baixa resistência do bloco de embasamento, a alta porosidade dos blocos cerâmicos de embasamento, a baixa qualidade do concreto e da argamassa empregados, a degradação do bloco do embasamento, o uso de blocos inadequados no embasamento e a ausência de elementos estruturais de concreto que possam suportar as deformações inerentes ao método construtivo. Segundo Zhu *et al*. (2025), para esclarecer melhor a estabilidade de desempenho dos tijolos cerâmicos em ambientes de serviço de alta temperatura, diversos estudos investigaram a influência da temperatura de queima, sendo que a temperatura de sinterização governa a formação e distribuição de várias fases dentro do material e afeta diretamente características microestruturais como densidade, porosidade e tamanho de grão. Nesta direção o trabalho discute a influência da mineralogia e da temperatura de queima nos blocos cerâmicos, defendendo que esses parâmetros afetam diretamente as características microestruturais e físicas, como densidade, porosidade e resistência à compressão (Zhu *et al.* 2025). Com o intuito de identificar possíveis causas relacionadas ao colapso ou desenvolvimento das manifestações patológicas nas alvenarias de embasamento do edifício Cambôa, localizado em Candeias, Jaboatão dos Guararapes/PE. O método de pesquisa envolveu a seleção de três pontos para extração das amostras das alvenarias do embasamento, em seguida a realização do ensaio de difração de raio x (DRX) para a análise mineralógica, fornecendo informações sobre sua microestrutura e propriedades a fim de identificar possíveis causas relacionadas à degradação ou manifestações patológicas nas alvenarias de embasamento. Os estudos constataram que a ausência de intervenções técnicas adequadas contribuiu para a ocorrência de diversas manifestações patológicas e não conformidades construtivas, comprometendo significativamente a integridade estrutural e funcional da edificação. As análises das amostras dos blocos cerâmicos do embasamento do edifício Cambôa evidenciam que tanto a composição mineralógica quanto a temperatura de queima são fatores determinantes no desempenho do material, onde a queima incompleta pode contribuir para a alta porosidade e baixa resistência, atrelados ao contato com agentes agressivos, essas condições tornam os blocos cerâmicos de embasamento mais suscetíveis à degradação progressiva e a perda de desempenho, podendo, em casos extremos, contribuir para processos de instabilidade e colapso da estrutura. O ensaio de Difração de Raios X (DRX)

utilizado na caracterização mineralógica se mostrou relevante, pois permitiu identificar com precisão que a presença significativa de caulinita, mineral característico de argilas *in natura*, presente na matriz das amostras dos blocos cerâmicos, não foi completamente transformada, o que pode indicar que o processo de queima foi incompleto ou com temperatura inadequada, influenciando na porosidade, resistência mecânica e durabilidade dos blocos cerâmicos do embasamento. Assim como a análise termogravimétrica (TG), foi aplicada para examinar os processos endotérmicos e exotérmicos durante a etapa de aquecimento, como perda de água e perda de massa da amostra do bloco cerâmico do embasamento próximo a fossa séptica, na qual se observou que entre 400 e 600°C, houve perda de massa causada pela desidroxilação da caulinita. O resultado comprova e complementa o ensaio de DRX, bem como indica que o processo de queima não foi efetivo.

**Palavras-chave:** *Prédio tipo caixão; difração de raio x (DRX); embasamento, manifestações patológicas;*

**Referências**

ARAÚJO, Rafael Campos de Alencar. **Principais patologias em prédios-caixão na RMR**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

BRAGA, Chelssy Emanuele de Oliveira. **Estudo de caso para análise de viabilidade de recuperação de prédio em alvenaria resistente com risco ao desabamento na cidade de Recife.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

FIGUEIREDO, A.; FIGUEIREDO, A.; SOUZA, N. M.; NASCIMENTO, E. **Manifestações patológicas identificadas em um edifício residencial de alvenaria resistente em Recife (PE).** CONPAR, 2017. Disponível em: http://revistas.poli.br/index.php/CONPAR/article/view/596 Acesso em: 27 ago. 2025.

MARTÍNEZ Sergio Martínez *et al*. Influence of firing temperature on the ceramic properties of illite-chlorite-calcitic clays. **Ceramics International**, Volume 49, Issue 14, Part B, Pages 24541-24557. 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2022.11.077. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0272884222040597. Acesso em: 2 set. 2025.

OLIVEIRA, R. A.; *et al.* Edificações em alvenaria resistente na região metropolitana do Recife. **Ambiente Construído**, [S.l.], v.17, n.2, p. 175–199,2017. Disponível em: https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/57974. Acesso em: 18 ago. 2025.

SANTOS, A.; SOBRINHO, C. Reforço estrutural em prédio caixão situado na Região Metropolitana de Recife. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada,** v. 3, n. 2, 2018. DOI: https://doi.org/10.25286/repa.v3i2.886.

ZHU Q. *et al*. Quantitative characterization of the relationship between microstructure and high-temperature mechanical properties of clay bricks under service conditions. **Ceramics International**. 2025. DOI:10.1016/j.ceramint.2025.06.224. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0272884225028810. Acesso em: 18 ago. 2025.

# Estudo da degradação e composição química de azulejos de Athos Bulcão em equipamento modernista pernambucano

**Júlia Oliveira dos Santos, Universidade de Pernambuco (jos1@poli.br)**
**Eudes de Arimatéa Rocha, Universidade de Pernambuco (eudes.rocha@poli.br)**
**Joyce Kettly Soares da Silva, Universidade de Pernambuco (jkss@poli.br)**
**João Victor Farias Gomes da Silva, Universidade de Pernambuco (jvfgs@poli.br)**
**Pedro Henrique Cabral Valadares, Universidade de Pernambuco (pedro.valadares@upe.br)**

A produção azulejar modernista no Brasil, consolidada a partir da década de 40, representou um esforço para aliar expressividade estética a soluções construtivas racionais voltadas ao clima tropical. No Recife e Região Metropolitana, o arquiteto Armando de Holanda Cavalcanti adotou em seus projetos soluções que possibilitam sombreamento permanente, ventilação cruzada e modulação pré-fabricada, articulando desempenho térmico e economia de meios. Em seu projeto do conjunto das lanchonetes do Parque Histórico Nacional dos Guararapes (1975), os painéis azulejados foram assinados por Athos Bulcão e passaram a sofrer com perda de material após décadas de pressão urbana, proveniente da progressão de habitações irregulares no entorno, abandono e consequente elevação da agressividade ambiental na área tombada onde estão situados. Diante da iminente reposição massiva dos azulejos, mediante ação judicial compensatória (Brasil, 2025), surgiu a necessidade de analisar as anomalias visuais e, com base na caracterização da composição elementar, subsidiar intervenções que se configurem compatíveis, duráveis e menos suscetíveis à reincidência de falhas. O estudo, de caráter investigativo e abordagem qualiquantitativa, realizou inspeção técnica durante visitas em abril de 2025, nas quais foram coletados fragmentos azulejares desprendidos. Um dos exemplares, ainda aderido à argamassa colante e que pertencia a uma das lanchonetes, foi levado a laboratório, onde foi realizada limpeza e delaminação das camadas (vidrado, chacota e argamassa). Cada uma delas foi então submetida ao ensaio de Fluorescência de Raios X com o equipamento S1 Titan da Bruker, operando com dois modos de excitação e colimador de 8 mm, em leituras de 60 segundos. Os resultados confirmam azulejos de produção industrial e indicam vidrados plumbíferos, à base de sílica (Si), chumbo (Pb) e zircônio (Zr), que configuram brilho, aderência e durabilidade no esmalte, segundo Gill; Rehren (2017). Entretanto, quantidades diferentes de cobalto (Co) confirmaram o desbotamento nos tons de azul, que em comparação ao teor de zinco (Zn) em quantidades contrastantes no esmalte branco, evidenciam alteração cromática que pode estar associada à vulnerabilidade do óxido de zinco (ZnO) em ambientes sombreados e muito úmidos, como sinaliza Reinosa *et al.* (2022). Ainda no vidrado, foram identificadas colonizações biológicas em trechos superiores e ocorrência de fissuras e crostas de fuligem nos inferiores, associadas à ação de queimadas frequentes muito próximas aos painéis, provocando uma incompatibilidade termoexpansiva entre esmalte e chacota. A perda do vidrado foi constatada em outros conjuntos mais recentes edificados no Parque dos Guararapes, e alertam para fragilidades na zona da interface dos azulejos, que podem ser promovidas por reações internas do elemento e exposição ambiental local. Para a argamassa colante, considerou-se que foi produzida em obra com agregados locais, dado cenário pré-industrialização do material no Brasil, porém o teor de cloro (Cl) presente na amostra sugere a presença de cloretos, que podem estar favorecendo fissurações e perda de aderência das peças, representando um fator de risco segundo Silva *et al.* (2024) e Drougkas *et al.* (2025). Este cenário compromete o desempenho do subsistema de revestimento, uma vez que partes onde já havia sido documentada perda do material anos antes, seguem expostos a intempéries e práticas inadequadas de uso, como vandalismo, grafitagem, impactos mecânicos e queima de depósitos. O resultado é desagregação da argamassa, fissuras, eflorescência e formação de biofilmes, indicando instabilidade físico-química do conjunto, onde

a simples substituição das peças contraria medidas conservativas, pois a NBR 13755 (ABNT, 2017) condiciona esta prática à plena integridade do sistema existente. Constatou-se, portanto, que o estado de degradação da edificação resulta da sinergia entre formulações suscetíveis à lixiviação de material, contaminações e ciclos higrotérmicos exacerbados e, portanto, recomenda-se ampliar o diagnóstico com ensaios como Difração de Raios X (DRX) para identificar as fases cristalinas no material, e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) para constatar vazios ou vulnerabilidades na interface vidrado-chacota. Tais medidas podem contribuir com estratégias de remoção ou estabilização do material, uma vez que identifica precisamente as camadas contaminadas e reforça a participação de análises técnicas laboratoriais em soluções precisas. Por fim, a interdisciplinaridade surge como uma alternativa de contenção ao desaparecimento de um testemunho singular da arquitetura modernista adaptada ao clima do Nordeste, cuja conservação exige sensibilidade técnica e responsabilidade histórica.

**Palavras-chave:** *Azulejos; modernismo; degradação; caracterização.*

**Referências**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13755:** Revestimentos de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

BRASIL. **Advocacia-Geral da União**. Acordo celebrado pela AGU acelera restauro do Parque Histórico dos Guararapes. 2025. Disponível em: https://www.gov.br/agu/pt-br/comunicacao/noticias/acordo-celebrado-pela-agu-acelera-restauro-do-parque-historico-dos-guararapes. Acesso em: 3 maio 2025.

DROUGKAS, A.; SARHOSIS, V.; MACENTE, A.; BASHEER, M.; D'ALESSANDRO, A.; UBERTINI, F. Mechanical and durability testing and XCT imaging of a lime-based micro-scale modified smart intervention mortar. **International Journal of Architectural Heritage**. V.19(2), 276-291. 2025. DOI: https://doi.org/10.1080/15583058.2023.2278067

GILL, M. S.; REHREN, T. An analytical evaluation of historic glazed tiles from Makli and Lahore, Pakistan. **Journal of Archaeological Science**: Reports. V. 16, 266–275. 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.10.011

REINOSA, J. J.; ENRÍQUEZ, E.; FUERTES, V.; LIU, S.; MENÉNDEZ, J.; FERNÁNDEZ, J. F. The challenge of antimicrobial glazed ceramic surfaces. **Ceramics Internacional**. V. 48, 7393-7404. 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2021.12.121

SILVA, J. S.; TORRES, S. M.; COSTA E SILVA, A. J.; SILVA, F. A. N.; AZEVEDO, A. C.; DELGADO, J. M. P. Q. Adhesion analysis of adhesive mortar joints in ceramic tiles under static loading. **Buildings**. V. 14(3), 670. 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings14030670

# Reaproveitamento de Perfis e Chapas Metálicas em Construção de Obra de Arte Especial na Cidade de Recife/PE

**Mônica Fernanda Tavares Pires, Universidade de Pernambuco (mftp@poli.br)**
**Kalinny Patrícia Vaz Lafayette, Universidade de Pernambuco (klafayette@poli.br)**

A reutilização de materiais metálicos na construção civil é uma estratégia eficaz para promover práticas sustentáveis alinhadas à economia circular, pois essa abordagem contribui para a conservação de recursos naturais ao possibilitar o uso de componentes já existentes, minimizando os impactos ambientais associados à fabricação e ao transporte de novos materiais, além de reduzir os custos com aquisição de matéria-prima, redução da geração de entulho em aterros sanitários e redução de custos com despesas com a destinação de resíduos (Fohl *et al.*, 2025; Pinto *et al.*, 2022). Neste contexto, torna-se relevante compreender os benefícios associados ao reaproveitamento de perfis e chapas metálicas, especialmente em empreendimentos que adotam estas soluções estruturais reutilizáveis ao longo das etapas construtivas. O presente trabalho tem como objetivo analisar a aplicabilidade e os benefícios econômicos deste reaproveitamento, por meio do estudo de caso da construção de uma Obra de Arte Especial (OAE), tratando-se de uma ponte, na cidade do Recife. A ponte possui extensão total de 335 m, distribuídos em sete vãos de 40 m, entre dois encontros de 30 x 25 m. O tabuleiro é composto por quatro faixas de rolamento, duas barreiras de segurança tipo New Jersey, uma ciclovia, dois passeios e guarda-corpos. A seção da superestrutura é composta por oito vigas pré-moldadas em concreto protendido, com laje em concreto armado e ligação nos apoios através de traversinas de concreto protendido nos apoios. A infraestrutura do trecho em vigas é constituída por blocos de fundação ligados por uma viga travessa que recebem as vigas diretamente. As fundações, tanto nos trechos que recebem as vigas quanto nos trechos dos encontros, são em estacas, em perfis de aço laminados. Paralelamente a esta ponte projetada, foi instalada uma ponte provisória, construída para desempenhar o papel essencial de acesso dos maquinários pesados sobre o leito do rio, garantindo a execução das etapas construtivas. Os perfis metálicos empregados na cravação das estacas da fundação desta ponte provisória, bem como as chapas de aço utilizadas na plataforma de apoio dessa estrutura, foram reaproveitados de outra obra de infraestrutura pública da cidade. Após ser removida esta estrutura temporária, o material utilizado foi armazenado, podendo ser encaminhado a uma nova obra, evidenciando a prática de reutilização de materiais metálicos na construção civil. Como metodologia foram obtidos dados de campo e registros documentais de medições dos materiais metálicos. Foi constatado que na atual fase construtiva da OAE (equivalente a 61% concluída), houve a utilização total de 1.433 t deste material metálico, sendo que 217 t foram reaproveitamento. A compra deste material representa um fator determinante para a tomada de decisão do reaproveitamento, uma vez que se trata de um investimento significativo. Desta forma, foi identificada uma economia superior a R$ 2.000.000,00, valor que reforça a relevância da prática para a gestão de recursos públicos. Entretanto, além do aspecto financeiro, outros fatores também influenciaram, como a disponibilidade imediata para utilização no canteiro, eliminando prazos de aquisição e transporte, a redução de resíduos e de poluentes atmosféricos, uma vez que se evitou a produção e o deslocamento de novos insumos, demonstrando ser uma estratégia integrada, capaz de unir eficiência econômica, sustentabilidade ambiental e agilidade executiva na condução da obra. Estima-se que este reaproveitamento resultou em uma redução de aproximadamente 84,9% nas emissões totais de dióxido de carbono, considerando o ciclo de produção e transporte do aço. De acordo com a World Steel Association (2023), a intensidade média global de emissões da produção de aço bruto é de 1,91 toneladas de dióxido de carbono ($CO_2$), valor amplamente utilizado em estudos de avaliação de impacto ambiental no setor siderúrgico. Para o transporte, foi considerado o trajeto rodoviário entre o fabricante e o

canteiro da obra (aproximadamente 1.900 km), com base em um fator médio de emissão para frete rodoviário de carga geral de 0,097 kg $CO_2$/t·km — admitindo estimativas da Global Logistics Emissions Council (GLEC Framework). Conforme descrevem Allen *et al.* (2025) a mitigação do impacto ambiental relacionado a fabricação e transporte deste insumo, pode representar uma economia considerável nas emissões de $CO_2$ em comparação com o uso de aço novo. A abordagem adotada demonstra a importância de se incentivar políticas e protocolos, que estimulem o reuso contínuo destes elementos como componente de uma gestão circular de resíduos, promovendo práticas sustentáveis no setor da construção civil (CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 2025). Considerando a significativa economia financeira e os impactos ambientais evitados, constata-se que a reutilização de insumos metálicos representa não apenas uma alternativa tecnicamente viável, mas também uma estratégia ambiental e economicamente vantajosa, capaz de contribuir de forma efetiva para a transição do setor da construção rumo a modelos mais resilientes.

**Palavras-chave:** *Reaproveitamento; custos; perfis metálicos; construção civil.*

**Referências**

ALLEN, M. D.; MYHRER, C.; SILVERSTEIN, L. Reusing heavy-section steel in buildings: carbon reduction potential and material availability. **Journal of Architectural Engineering**, v. 31, n. 2, p. 04025020, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1061/JAEIED.AEENG-1918. Acesso em: 13 jul. 2025.

CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. **Dia Mundial do Meio Ambiente**: os edifícios podem fazer parte da solução climática, mas apenas se agirmos agora. São Paulo, 5 jun. 2025. Disponível em: https://cbcs.org.br/dia-mundial-do-meio-ambiente-os-edificios-podem-fazer-parte-da-solucao-climatica-mas-apenas-se-agirmos-agora/. Acesso em: 16 jul. 2025.

FOHL, F.; HECHLER, O.; YANG, J. Recovery and reuse of salvaged products and building materials from existing structures. In: BRAGANÇA, L. et al. (org.). Circular economy design and management in the built environment. Cham: **Springer**, 2025. p. 89–105. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-031-73490-8_5. Acesso em: 13 jul. 2025.

GLOBAL LOGISTICS EMISSIONS COUNCIL. GLEC Framework: emission methodologies for logistics. v. 3.0, **Smart Freight Centre**, out. 2024. Disponível em: https://smart-freight-centre-media.s3.amazonaws.com/documents/GLEC_FRAMEWORK_v3_23_10_24_B.pdf. Acesso em: 1 set. 2025.

PINTO, J.; ALVES, P.; CASTENDO, C. Financing circular economy projects: a clinical study. **European Review of Business Economics**, Lisboa, v. 2, n. 1, p. 1-13, 2022. Disponível em: https://erbe.autonoma.pt/articles/ERBE02104-Financing-Circular-Economy-Projects-A-Clinical-Study.pdf. Acesso em: 17 jul. 2025.

WORLD STEEL ASSOCIATION. **Sustainability indicators 2023 report**. Bruxelas: World Steel Association, 2023. Disponível em: https://worldsteel.org/wp-content/uploads/Sustainability-indicators-report-2023.pdf. Acesso em: 1 set. 2025.

# Uso de resíduos de construção civil como subsídio para o melhoramento de solos em áreas de risco: uma revisão sistemática de literatura.

**Joyce Ingrid de Arandas Sobral, Universidade de Pernambuco (jias2@poli.br)**
**Kalinny Patrícia Vaz Lafayette, Universidade de Pernambuco (klafayette@poli.br)**
**Diogo Henrique Fernandes da Paz, Universidade de Pernambuco (dhfp_pec@poli.br)**

A expansão urbana consiste em uma das mais agressivas interações entre a sustentabilidade ambiental e o crescimento acelerado da população, tendo em vista a ampliação das demandas por moradias e infraestrutura urbana (Voukkali *et al*., 2024). Nesse contexto, a expansão desenfreada das cidades somado a escassez de políticas públicas e de fiscalização, corroboram para a ocupação de áreas de risco a deslizamentos e para a instabilidade do ambiente natural (Monteiro; Gregório; Mendonça, 2025; Nunes; Costa, 2023). O setor da construção civil destaca-se como um imenso causador de impactos ambientais, considerando a volumosa extração de matéria prima e o descarte inadequado de resíduos (Oliveira *et al*., 2024). De acordo com Pazare *et al*. (2023), a estabilização do solo pode ser feito de modo mecânico, químico e pela adição de materiais. Nesse contexto, diversas pesquisas vêm procurando por alternativas para a destinação do RCC em agregado, de maneira ambientalmente correto, inserindo-o na matriz de solos com baixa capacidade de suporte (Fangfang *et al*., 2024; Pinto *et al*., 2025; Safi; Singh, 2022). A opção pelo uso de resíduos de construção civil (RCC) visando o melhoramento de solos em áreas de risco a deslizamento é o objetivo dessa revisão sistemática de literatura, visando impulsionar soluções que assegurem a estabilidade do solo, uma melhor qualidade e segurança à população. Como metodologia, trata-se de uma pesquisa aplicada, por meio de uma revisão sistemática de literatura, que buscou sintetizar os resultados acerca de pesquisas sobre o uso de resíduos de construção civil como material alternativo no reforço de solos. Os trabalhos utilizados foram adquiridos por meio de plataformas disponíveis no website Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), limitando-se a artigos publicados em periódicos. Além disso, não ocorreu restrições quanto ao espaço temporal, visando tornar a revisão mais abrangente do ponto de vista do desenvolvimento de conhecimentos na área da construção civil. Em relação aos resultados, foram obtidos cerca de 51 artigos, possibilitando a elaboração de uma análise descritiva e bibliográfica da temática em estudo, permitindo uma maior compreensão no tocante aos benefícios observados com a incorporação de RCC no solo. Concluiu-se que a temática em estudo é um assunto global espalhado em diversos países, fazendo-se presente de modo descontínuo ao longo dos anos. Com isso, observa-se que o uso do RCC, em áreas de solos com baixa capacidade de carga, caracteriza-se como uma solução inovadora no âmbito geotécnico, contribuindo para uma melhoria nas propriedades do solo de modo econômico e ecologicamente correto.

**Palavras-chave:** *Melhoramento de solos; RCC; revisão sistemática de literatura.*

**Referências**

FANGFANG, Q.; CHANGCHANG, S.; JIAQI, Z.; LIWEI, J.; JINXING, Z. Soil quality variation under different land use types and its driving factors in Beijing. **Forest,** v.15, n.6, 2024.

MONTEIRO, F. L.; GREGÓRIO, L. T. D.; MENDONÇA, M. B. Aspectos do licenciamento urbanístico considerando o risco de movimentos de massa em Nova Friburgo, RJ. **Ambiente Construído,** v.25, 2025.

NUNES, W. P.; COSTA, C. R. R. Uma cidade em questão: Apontamentos da participação cidadã e processo de urbanização sobre o caso de Floriano - PI. **Sociedade em Debate,** v.5, n.1, p.182-205, 2023.

OLIVEIRA, L. J. C.; SOARES, M. C. B.; QUARESMA, W. M. G.; ADORNO, A. L. C. Gestão de resíduos: uma análise sobre impactos da geração de rejeitos na construção civil. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.5, p. 24447–24462, 2020.

PAZARE, R.; YEDE, G.; LONARE, A.; KHAWSHI, A.; CHARMODE, N.; INGLE, A. Use of recycled construction and demolition waste material in soil stabilization. **International Journal of Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)**, v.11, n.5, p. 135–141, 2023.

PINTO, A. B. P.; BRITO, C. F. N.; GOMES, E. B.; PAZ, E. D.; LOPES, G. L.; OLIVEIRA, J. P. L; GOIS, P. A. H. Agregados reciclados em pavimentação de concreto. **Revista Delos**, v.18, n.68, 2025.

SAFI, W.; SINGH, S. Efficient & effective improvement and stabilization of clay soil with waste materials. **Materials Today Proceeding**, v.51, n.1, p. 947–955, 2022.

VOUKKALI, L.; PAPAMICHAEL, I.; LOIZIA, P.; ZORPAS, A. A. Urbanization and solid waste production: prospects and challenges. **Environmental Science and pollution Research**, v.31, n.21, p. 17678–17689, 2024.

# Estado da arte em argamassas de restauro: materiais, técnicas e desafios na preservação do patrimônio construído

**Joyce Ketlly Soares da Silva, Universidade de Pernambuco (jkss@poli.br)**
**Eudes de Arimatéa Rocha, Universidade de Pernambuco (eudes.rocha@poli.br)**
**Júlia Oliveira dos Santos, Universidade de Pernambuco (jos1@poli.br)**
**Victor Marcelo Estolano de Lima, Universidade de Pernambuco (vmel@poli.br)**

A preservação do patrimônio construído depende da formulação de argamassas de restauro compatíveis físico-química e mecanicamente com os materiais originais. Uma intervenção eficaz deve assegurar durabilidade e prevenir patologias, em equilíbrio com a reversibilidade e a sustentabilidade. O objetivo deste trabalho é, portanto, apresentar as técnicas de análise, materiais e desafios que definem o estado da arte, a partir de revisão sistemática da literatura conduzida pelo método PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) (Moher *et al.*, 2009). A busca foi realizada nas bases Scopus, Science Direct, Web of Science e Springer Link, abrangendo publicações de 2014 a 2024, com aplicação de critérios de elegibilidade, resultando em 56 artigos. A análise temporal evidencia crescimento do tema, com pico em 2023. Os resultados foram organizados em duas categorias complementares: (i) métodos de caracterização, utilizados para determinar a composição e o desempenho dos materiais, destacando a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), em conjunto com a Espectroscopia de Dispersão de Energia (EDAX), aplicadas para realizar análises morfológicas e químicas (Klimek, 2023). Para a identificação da composição mineralógica, a Difração de Raios-X (DRX) auxilia na verificação da compatibilidade entre materiais novos e antigos (Perez-Rodriguez *et al.*, 2023). O comportamento da argamassa em relação à ação da água e sua durabilidade são medidos através da porosimetria por intrusão de mercúrio e da absorção de água por capilaridade (Moropoulou *et al.*, 2016). Atualmente, modelos de redes neurais artificiais são explorados para prever a resistência à compressão das argamassas (Apostolopoulou *et al.,* 2019). Paralelamente, investiga-se o desenvolvimento de argamassas com capacidade de autosselagem a partir de aditivos cristalinos (De Nardi *et al.,* 2017); e (ii) a análise dos materiais, que revela uma preferência clara pela cal hidráulica natural (NHL) como ligante em argamassas de restauro baseando-se na alta compatibilidade com substratos antigos, elasticidade e permeabilidade ao vapor, propriedades que ajudam a prevenir fissuras (Bompa; Elghazouli, 2021; Angiolilli; Gregori; Vailati, 2020). O cimento Portland, por outro lado, embora resistente, pode causar manchas, eflorescências e descamações, acelerando a deterioração das estruturas históricas (Pachta, 2021). Para otimizar as formulações, o metacaulim (MK) reduz ataques químicos e poros (Chantzi; Dotsika, 2016). A incorporação de fibras também aprimora o desempenho: as de basalto aumentam a resistência à flexão e compressão (Escamilla *et al.*, 2024); as de vidro melhoram a energia de fratura (Angiolilli; Gregori; Vailati, 2020); e as de carbono aumentam a resistência mecânica sem alteraração cromática (Drougkas *et al.*, 2023). Além disso, identificaram-se lacunas quanto à comparabilidade de métodos, validações de longo prazo em campo, limitação de bibliotecas espectrais e ausência de registros de intervenções prévias (Chantzi; Dotsika, 2016; Loke; Kumar; Cultrone, 2023). Diante dessas limitações, recomenda-se o desenvolvimento colaborativo de protocolos padronizados que integrem métodos de caracterização (laboratoriais e não invasivos) e ensaios de desempenho em condições reais de uso, permitindo comparações consistentes entre estudos. A criação de bancos de dados espectrais abertos e atualizados facilitaria a identificação precisa dos materiais históricos. Por fim, a articulação entre universidade, laboratórios especializados e setor de restauração é fundamental para converter o conhecimento gerado em soluções práticas, sustentáveis e reversíveis.

**Palavras-chave:** *Argamassas de restauro; materiais de construção históricos; conservação.*

**Referências**

ANGIOLILLI, M.; GREGORI, A.; VAILATI, M. Lime-based mortar reinforced by randomly oriented short fibers for the retrofitting of the historical masonry structure. **Materials**, v. 13, n. 16, p. 3462, 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/ma13163462.

APOSTOLOPOULOU, M. et al. Compressive strength of natural hydraulic lime mortars using soft computing techniques. **Procedia Structural Integrity**, v. 17, p. 914-923, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.prostr.2019.08.122.

BOMPA, D. V.; ELGHAZOULI, A. Y. Mechanical properties of hydraulic lime mortars and fired clay bricks subjected to dry-wet cycles. **Construction and Building Materials**, v. 303, e124458, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124458.

CHANTZI, P.; DOTSIKA, E. Advanced material technology for the conservation of historical buildings. *In*: ICAMS 2016. International Conference on Advanced Materials and Systems, 6. Bucharest, Romania. **Proceedings.** p. 539-544, 2016. DOI: http://dx.doi.org/10.24264/icams-2016.V.2.

DE NARDI, C. *et al.* Effectiveness of crystalline admixtures and lime/cement coated granules in engineered self-healing capacity of lime mortars. **Materials and Structures**, v. 50, n. 4, 2017.

DROUGKAS, A. *et al.* Design of a smart lime mortar with conductive micro and nano fillers for structural health monitoring. **Construction and Building Materials**, v. 367, n. 130024, 2023. DOI: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.130024.

ESCAMILLA, A. C. *et al*. Effect of basalt fiber length on the behavior of natural hydraulic lime-based mortars. **Reviews on Advanced Materials Science**, v. 63, n. 1, p. 20230191, 2024. DOI: https://doi.org/10.1515/rams-2023-0191.

KLIMEK, B. Characteristics of 13th-century mortars from the tower at Lublin Castle. **Archives of Civil Engineering**, v. 69, n. 2, p. 83-95, 2023. DOI: https://doi.org/10.24425/ace.2023.145254.

LOKE, M. E.; KUMAR, P.; CULTRONE, G. Challenges in characterization and development of suitable historic repair mortars. **International Journal of Conservation Science**, v. 14, p. 783-802, 2023. DOI: http://dx.doi.org/10.36868/IJCS.2023.03.02.

MOHER, D.; LIBERATI, A.; TETZLAFF, J.; ALTMAN, D. G.; PRISMA GROUP. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. **Annals of Internal Medicine**, v. 151, n. 4, p. 264-269, 2009. DOI: https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135.

MOROPOULOU, A. *et al.* The role of restoration mortars in the earthquake protection of the Kaisariani Monastery. *In*: ECCOMAS Congress 2016 - European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, 7. Crete, Greece. **Proceedings.** v. 3, p. 5340-5358, 2016. DOI: http://dx.doi.org/10.7712/100016.2184.11793.

PACHTA, V. The Role of Glass Additives in the Properties of Lime-Based Grouts. **Heritage**, v. 4, n. 2, p. 906-916, 2021. DOI: http://dx.doi.org/10.3390/heritage4020049.

PEREZ-RODRIGUEZ, J. L. *et al.* Seville history insight through their construction mortars. **Journal of thermal analysis and calorimetry**, v. 148, n. 23, p. 13157-13174, 2023. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/s10973-023-12313-y.

# Segurança e saúde ocupacional na produção de concreto com cinza de casca de arroz (RHA): riscos da sílica e medidas preventivas – uma revisão sistemática

**Diego Henrique Alves da Silva, Universidade de Pernambuco (dhas@poli.br)**
**Victor Marcelo Estolano de Lima, Universidade de Pernambuco (vmel@poli.br)**
**Vinicius F de Azevedo, Universidade de Pernambuco (vinicius.francis.ba@gmail.com)**
**Felipe Mendes da Cruz, Universidade de Pernambuco (felipemendeslsht@poli.br)**
**Bianca M Vasconcelos, Universidade de Pernambuco (bianca.vasconcelos@upe.br)**

A crescente preocupação com a escassez de recursos naturais e os impactos ambientais das atividades humanas tem levado à busca por soluções sustentáveis em diversos setores produtivos, especialmente na agricultura e na indústria da construção civil. A produção mundial de arroz, por exemplo, gera anualmente milhões de toneladas de resíduos e representam aproximadamente 20% do volume total produzido, sendo identificados como uma das maiores fontes de resíduos agrícolas no mundo (Schmidt *et al*., 2020), o que intensifica a necessidade de desenvolver soluções que promovam a reutilização desses materiais na cadeia produtiva de forma mais sustentável. Simultaneamente, a produção de cimento Portland, base da construção civil, é uma das principais responsáveis pelas emissões de dióxido de carbono ($CO_2$), o que reforça a urgência em identificar materiais alternativos que reduzam os impactos ambientais do setor (Paris *et al*., 2016; Schmidt *et al*., 2021). Nesse contexto, a cinza da casca de arroz (RHA, do inglês *rice husk ash*), subproduto da queima controlada das cascas para geração de energia de biomassa, tem se mostrado um material cimentício suplementar (MCS) promissor. Composta majoritariamente por sílica amorfa ($SiO_2$), que pode alcançar teores entre 90% e 95% em peso (He, 2012), a RHA tem potencial de substituir parcialmente o cimento na produção de concreto, agregando valor a um resíduo agrícola e contribuindo para práticas mais alinhadas à economia circular (Meyer, 2009; Thiedeitz; Ostermaier; Kränkel, 2022). No entanto, a introdução deste material pulverulento levanta questões sobre a Segurança e Saúde Ocupacional (SSO), visto que a exposição à sílica particulada pode acarretar riscos aos trabalhadores. O objetivo deste trabalho foi identificar, por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), os riscos ocupacionais associados à exposição à sílica presente na RHA durante o manuseio e a produção de concreto, bem como as medidas preventivas propostas na literatura científica, com foco em Segurança e Saúde Ocupacional (SSO). A metodologia seguiu o protocolo PRISMA, utilizando cinco bases de dados eletrônicas (Wiley Online Library, Taylor & Francis, Scopus, Web of Science e Science Direct), os operadores booleanos *AND* e *OR* e as seguintes palavras-chave: "*workers*", "*employees*", "*manpower*", "*work safety*", "*occupational health*", "*occupational diseases*", "*cementitious elements*", "*supplementary cementitious materials*", "*concrete mixing*", "*biomass ash*", "*rice husk ash*", "*sugarcane bagasse ash*". Também se fez uso da técnica de *snowballing* reverso para rastreamento de referências complementares, conforme as diretrizes de Pinheiro, Comis e Rodrigues (2024). A pesquisa abrangeu artigos publicados entre janeiro de 2016 e agosto de 2024 e, ao final, foram identificados 22 estudos na síntese primária. Os resultados da RSL, baseados nos 22 estudos identificados, revelam que a literatura se concentra nos riscos da sílica em sua natureza particulada, mas carece de dados quantitativos de exposição. A toxicidade de nanopartículas de sílica, que podem assumir forma cristalina, é o risco mais recorrente apontado, com a literatura indicando sua elevada capacidade de penetração no organismo por vias respiratória, dérmica e até digestiva (Crosera et al., 2009; Oberdörster et al., 2019). Essa preocupação com nanopartículas estabelece uma ligação direta com os riscos da RHA, pois, como alertado por autores como Reches (2018), os efeitos toxicológicos de nanomateriais na construção civil são pouco compreendidos. A base da discussão, no entanto, permanece qualitativa, pois a RSL evidenciou a escassez de estudos que quantifiquem com precisão a exposição dos trabalhadores à sílica da RHA e de avaliações experimentais sobre a eficácia das medidas de

controle, representando uma lacuna na rastreabilidade dos riscos efetivos. Conclui-se que a RHA tem forte potencial como insumo sustentável na produção de concretos, podendo contribuir significativamente para a redução da pegada de carbono do setor da construção. No entanto, sua incorporação em larga escala só poderá ocorrer de forma segura mediante o estabelecimento de medidas eficazes de proteção à saúde ocupacional. Assim, é fundamental que sejam estabelecidos limites seguros de exposição e desenvolvidas estratégias específicas de prevenção e controle baseadas em dados empíricos. Para complementar a análise e indicar estudos futuros, recomenda-se que novas pesquisas se concentrem em: (i) quantificar a exposição à sílica particulada em ambientes controlados de mistura de concreto com RHA; (ii) avaliar experimentalmente a eficácia de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs), especialmente os respiratórios, na filtragem de nanopartículas; e (iii) desenvolver guias de boas práticas para o manuseio seguro da RHA em escala industrial.

**Palavras-chave:** *Cinza de casca de arroz; sílica; riscos ocupacionais; concreto sustentável.*

**Referências**

CROSERA, Matteo *et al*. Nanoparticle dermal absorption and toxicity: a review of the literature. **International archives of occupational and environmental health**, v. 82, p. 1043-1055, 2009.

HE, Jian. **Synthesis and characterization of geopolymers for infrastructural applications**. Louisiana State University and Agricultural & Mechanical College, 2012.

MEYER, Christian. The greening of the concrete industry. **Cement and concrete composites**, v. 31, n. 8, p. 601-605, 2009.

OBERDÖRSTER, Günter *et al*. Extrapulmonary translocation of ultrafine carbon particles following whole-body inhalation exposure of rats. **Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A**, v. 65, n. 20, p. 1531-1543, 2002.

PARIS, Jerry M. *et al*. A review of waste products utilized as supplements to Portland cement in concrete. **Journal of cleaner production**, v. 121, p. 1-18, 2016.

PINHEIRO, Cassiano; COMIS, Diego; RODRIGUES, Elder de Macedo. Ferramentas para Snowballing: Uma Revisão Sistemática e Comparativa da Literatura. *In*: ESCOLA REGIONAL DE ENGENHARIA DE SOFTWARE (ERES), 8, 2024, Santiago/RS. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2024. p. 149 158.

RECHES, Yonathan. Nanoparticles as concrete additives: Review and perspectives. **Construction and Building Materials**, v. 175, p. 483-495, 2018.

SCHMIDT, Wolfram *et al*. Challenges, opportunities and potential solution strategies for environmentally and socially responsible urban development of megacities in Africa. *In*: **Proceedings of the 3rd RILEM Spring Convention and Conference Volume 1: Strategies for a Resilient Built Environment 3**. Springer International Publishing, 2021. p. 119-132.

SCHMIDT, Wolfram *et al*. Innovation potentials for construction materials with specific focus on the challenges in Africa. **RILEM Technical Letters**, v. 5, p. 63-74, 2020.

THIEDEITZ, Mareike; OSTERMAIER, Benjamin; KRÄNKEL, Thomas. Rice husk ash as an additive in mortar–Contribution to microstructural, strength and durability performance. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 184, p. 106389, 2022.

# Avaliação não destrutiva de concretos de escória álcali-ativada com cinza de bagaço de cana utilizando ensaios de ultrassom e modelagem estatística avançada

**Diego Henrique Alves da Silva, Universidade de Pernambuco (dhas@poli.br)**
**Victor Marcelo Estolano de Lima, Universidade de Pernambuco (vmel@poli.br)**
**Willames de Albuquerque Soares, Universidade de Pernambuco (was@poli.br)**

A indústria da construção civil impacta significativamente o meio ambiente através do esgotamento de recursos naturais e da emissão de gases de efeito estufa, sendo o cimento Portland um dos principais contribuintes (Schiemenz; Eichler-Löbermann, 2010; Proaño *et al*., 2020). Diante desses desafios, a busca por materiais inovadores e ecologicamente corretos tem impulsionado a pesquisa em alternativas, com destaque para os concretos álcali-ativados que incorporam resíduos, como a cinza do bagaço da cana-de-açúcar (CBC), um subproduto agroindustrial abundante no Brasil (Meyer, 2009; Bega, 2014). Contudo, a avaliação desses novos materiais é complexa, pois a relação entre ensaios não destrutivos, como a velocidade de pulso ultrassônico (VPU), na qual velocidades mais altas geralmente indicam um material mais denso e com menor índice de vazios, e o desempenho mecânico, como a resistência à compressão, pode variar de forma significativa dependendo da composição da mistura, necessitando de investigações aprofundadas para cada sistema (Godinho *et al*., 2020). O objetivo deste trabalho, portanto, foi reanalisar, através de uma abordagem estatística aprofundada, os resultados experimentais previamente disponíveis na literatura (Lima, 2022) para elucidar a complexidade dessas inter-relações, analisando a rede de influências entre o percentual de cinza, tipo e teor de ativador, idade, VPU e resistência à compressão em concretos de escória álcali-ativada. Para atingir tal objetivo, a metodologia baseou-se na análise estatística deste conjunto de dados, que contém 48 observações e contempla teores de cinza de 0 a 70% e idades de 3 a 28 dias. A análise foi conduzida no software RStudio com os pacotes *tidyverse* (para a manipulação geral dos dados), *janitor* (para a limpeza dos nomes das colunas), o *lavaan* (para a modelagem estatística) e *semPlot* (para a plotagem dos diagramas). Para tanto, foram aplicadas técnicas de Modelagem de Equações Estruturais (MEE), comparando-se dois modelos: um Modelo A, de Análise de Caminho, para investigar uma estrutura de influência hierárquica, e um Modelo B, de Regressão Múltipla Direta, para avaliar o poder preditivo direto das variáveis. Como diferença conceitual, a Análise de Caminho (Modelo A) testa uma estrutura de influências em cascata, onde uma variável pode influenciar outra indiretamente através de uma terceira, enquanto a Regressão Múltipla (Modelo B) avalia apenas as relações diretas de múltiplas variáveis sobre um único resultado. A análise dos modelos revelou que a idade do concreto foi o preditor mais influente e positivo da resistência à compressão ($\beta = 0{,}546$; $p < 0{,}001$), enquanto o percentual de cinza apresentou uma forte e significativa relação negativa com a velocidade do ultrassom ($\beta = -0{,}573$; $p < 0{,}001$), mas não demonstrou um efeito direto e significativo sobre a resistência. A velocidade do ultrassom, por sua vez, exibiu uma tendência de relação negativa com a resistência, com significância marginal ($\beta = -0{,}249$; $p = 0{,}078$). O conjunto de variáveis preditoras no modelo de regressão para a resistência à compressão explicou 36,0% de sua variância total ($R^2 = 0{,}360$). Conclui-se, portanto, que a Análise de Caminho se mostrou uma ferramenta estatística eficaz e robusta para quantificar as relações diretas e indiretas em compósitos cimentícios complexos. Os resultados sugerem que o efeito da cinza no desempenho mecânico é indireto, possivelmente mediado por alterações microestruturais que o ensaio de VPU é capaz de detectar, evidenciando a necessidade de modelos específicos para estes materiais alternativos e validando a abordagem estatística como uma base sólida para a otimização de misturas e a validação de ensaios não destrutivos em futuros trabalhos, que podem incluir: (i) a aplicação do modelo a outros resíduos agroindustriais; (ii) a inclusão de variáveis de durabilidade na análise; e (iii) a validação dos achados com uma nova campanha experimental.

**Palavras-chave:** *Concreto Álcali-Ativado; Cinza de Bagaço de Cana; Análise de Caminho; Modelagem de Equações Estruturais.*

**Referências**

BEGA, Rodrigo Merighi. **Aplicação de cinza do bagaço de cana-de-açúcar em latossolo cultivado com cana-de-açúcar**. 2014, 55 p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, 2014.

GODINHO, Jayson Pereira *et al*. Factors influencing ultrasonic pulse velocity in concrete. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 13, p. 222-247, 2020.

LIMA, Victor Marcelo. E. **Misturas Binárias de Cinza do Bagaço da Cana-de-Açúcar com Escória Álcali-Ativada**. 2022, 196 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022.

MEYER, Christian. The greening of the concrete industry. **Cement and concrete composites**, v. 31, n. 8, p. 601-605, 2009.

PROAÑO, Laura *et al*. Techno-economic evaluation of indirect carbonation for CO2 emissions capture in cement industry: A system dynamics approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 263, p. 121457, 2020.

SCHIEMENZ, Katja; EICHLER-LÖBERMANN, Bettina. Biomass ashes and their phosphorus fertilizing effect on different crops. **Nutrient cycling in agroecosystems**, v. 87, p. 471-482, 2010.

# Interação entre o relevo e características pedológicas como fatores de risco a movimentos de massa no bairro de Vasco da Gama Recife/PE

**Queren-Hapuque de Oliveira Aquino, Universidade de Pernambuco (qoa@poli.br)**
**Kalinny Patrícia Vaz Lafayette, Universidade de Pernambuco (klafayette@poli.br)**
**Amaury Gouveia Pessoa Neto, Universidade Federal Rural de Pernambuco (agpn@poli.br)**

O crescimento desordenado nas áreas urbanas, é uma realidade em diversos países e está diretamente relacionado ao risco de ocorrência de desastres (Pereira *et al.,* 2025; Liu e Shao; Shao, 2024; Ozturk *et al*., 2022). A exposição às áreas de risco é ainda maior entre as populações com menor poder aquisitivo, visto que as áreas de morro são menos atrativas para o mercado imobiliário (Bastos Moroz e Thieken, 2024). Por isso, é fundamental entender a correlação entre os movimentos de massa e os seus fatores influentes, visto que, até certo ponto, esse conhecimento favorece a mitigação de possíveis desastres (Ke *et al*., 2024; Zhai *et al*., 2025). Dessa forma, o estudo tem como objetivo analisar a correlação entre a declividade e as características pedológicas do terreno, no bairro de Vasco da Gama, a fim de identificar áreas com potencial suscetibilidade a movimentos de massa. O mapeamento da declividade foi realizado com base em dados do Pernambuco Tridimensional (PE3D), enquanto os dados pedológicos foram obtidos junto à Agência Nacional de Águas (ANA). Ambos os conjuntos de dados foram processados com o auxílio do Sistema de Informações Geográficas (SIG). Foi realizado a atribuição de notas para a reclassificação dos fatores quanto a propensão ao movimento de massa, de modo que, as classes dos fatores observados nos mapas obtiveram notas de 1 a 10 de acordo com sua suscetibilidade, considerando-se a nota 1 baixa suscetibilidade e 10 alta suscetibilidade. Foi identificado que o tipo de solo que compõem predominantemente o bairro de Vasco da Gama é o Latossolo Amarelo, que recebeu nota 3 (IBGE, 2019). Este tipo de solo é caracterizado por apresentar forte coesão natural, no estado seco, mas na presença de umidade perde esta característica, tornando a região mais propícia a movimentos de massa (Freire *et al.,* 2022; Silva, 2024). Observou-se que o bairro de Vasco da Gama apresentou predominância de classe Ondulado, que apresenta declividades de 8% até 20% e presença de Suave-ondulado (3-8%), com existência de áreas planas (0-3%) em uma pequena área na porção sul do bairro. As classes Ondulada, Suave-ondulado e Plano receberam as notas 5, 3 e 1, respectivamente. Verificou-se que a declividade possui um papel fundamental no condicionamento de processos gravitacionais, visto que quanto maior a o ângulo formado entre a encosta e o plano horizontal, maior é risco de deslizamento (IBGE, 2019; Pessoa Neto *et al.,* 2023). A combinação do tipo de solo (latossolo amarelo) com áreas de declividade mais elevadas (ondulado e suave ondulado) contribuem para o entendimento de que o bairro de Vasco da Gama apresenta áreas suscetíveis a movimentos de massa.

**Palavras-chave:** *Movimentos de massa, área de risco, geoprocessamento.*

**Referências**

BASTOS MOROZ, Cassiano; THIEKEN, Annegret H. Urban growth and spatial segregation increase disaster risk: lessons learned from the 2023 disaster on the North Coast of São Paulo, Brazil. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 24, n. 9, p. 3299–3314, 27 set. 2024. DOI: 10.5194/nhess-24-3299-2024. Disponível em: https://nhess.copernicus.org/articles/24/3299/2024/. Acesso em: 2 set. 2025.

FREIRE, Lisyanne Vasconcelos; JÚNIOR, Olavo Francisco dos Santos; INGUNZA, Maria del Pilar Durante; CHAVES, Leonardo Flamarion Marques; NETO, Osvaldo de Freitas.

Caracterização química, mineralógica e geotécnica de sedimentos da formação barreiras e pós-barreiras - litoral sul do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 8, n. 2, p. 76–90, 2022. DOI: 10.21680/2447-3359.2022v8n2ID23638. Disponível em: https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/23638. Acesso em: 2 set. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Suscetibilidade a deslizamentos do Brasil: primeira aproximação**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

KE, Chaoying; Sun, Ping; Zhang, Shuai; Li, Ran; Sang, Kangyun. Influences of non-landslide sampling strategies on landslide susceptibility mapping: a case of Tianshui City, Northwest of China. **Bulletin of Engineering Geology and the Environmen**t, v. 84, art. 123, 11 fev. 2025. DOI: 10.1007/s10064-025-04147-9. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s10064-025-04147-9. Acesso em: 2 set. 2025.

LIU, Xiaokang; SHAO, Shuai; SHAO, Shengjun. Landslide susceptibility zonation using the analytical hierarchy process (AHP) in the Great Xi'an Region, China. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, p. 2941, 5 fev. 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-53630-y. Disponível em: https://www.nature.com/articles/s41598-024-53630-y#citeas. Acesso em: 2 set. 2025.

PESSOA NETO, Amaury Gouveia; LAFAYETTE, Kalinny Patrícia Vaz; SILVA, Flaviana Gomes Alves da; FERREIRA, Vinícius Dias. Método de análise hierárquica (AHP) para determinar a suscetibilidade a movimentos de massa no bairro da Macaxeira (Recife-PE, Brasil). **Revista geográfica acadêmica**, v. 17, n. 1, 26 jul. 2023. Disponível emhttps://revista.ufrr.br/rga/article/view/7742. Acesso em: 2 set. 2025.

OZTURK, Ugur; BOZZOLAN, Elisa; HOLCOMBE, Elizabeth A.; SHUKLA, Roopam; PIANOSI, Francesca; WAGENER, Thorsten. How climate change and unplanned urban sprawl bring more landslides. **Nature, London**, v. 608, n. 7922, p. 262–265, ago. 2022. DOI: 10.1038/d41586-022-02141-9. Disponível em: https://www.nature.com/articles/d41586-022-02141-9. Acesso em: 2 set. 2025.

PEREIRA, Pedro Gomes dos Santos; COUTINHO, Roberto Quental; SOUZA NETO, Danisete Pereira de; GOMES, Igor Fernandes. Stability Analysis of an Urban Slope Under Human Activities and Critical Rainfall: Case Study of Recife, Brazil. **Geotechnical and Geological Engineering**, v. 43, n. 2, p. 68, 3 jan. 2025. DOI: 10.1007/s10706-024-03011-z. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s10706-024-03011-z#article-info. Acesso em: 2 set. 2025.

SILVA, Rayane Gabriella Pereira da. **Avaliação do reforço de um solo proveniente de uma encosta em área de risco com adição de RCC e fibras em Recife/PE**. 2024. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco, Recife, 2024.

ZHAI, Siyang; SUN, Yue; LEI, Jiantao; SHAO, Chongjian. An improved information quantity method for non-landslide selection to enhance landslide susceptibility evaluation: a case study in Yongfeng, South China. **Natural Hazards**, 25 abr. 2025. DOI: 10.1007/s11069-025-07261-9. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s11069-025-07261-9#article-info. Acesso em: 2 set. 2025.

# O uso da realidade virtual na formação de trabalhadores: uma revisão sistemática da literatura.

**Gláuber Islan Ferreira Vieira, Universidade de Pernambuco (gifv@poli.br)**
**Bianca Maria Vasconcelos, Universidade de Pernambuco (bianca.vasconcelos@upe.br)**
**Felipe Mendes da Cruz, Universidade de Pernambuco (felipemendeslsht@poli.br)**
**Vinícius Francis Braga de Azevedo, Universidade de Pernambuco (vinicius.francis.ba@gmail.com)**

A construção civil é um dos setores mais relevantes da economia brasileira, sendo responsável por cerca de 7 milhões de postos de trabalho formais e informais em 2023 (CBIC, 2024). Contudo, a escassez de mão de obra qualificada ainda representa um grande desafio, impactando diretamente a produtividade e a segurança nos canteiros de obras. Em 2023, foram registrados 15.476 acidentes apenas no setor de construção de edifícios (MTE, 2024), o que reforça a urgência de melhorias nos métodos de capacitação. Nesse contexto, a Realidade Virtual (RV) desponta como tecnologia promissora para o treinamento de trabalhadores, permitindo a simulação segura de ambientes de alto risco. Este trabalho apresenta uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) visando analisar como a RV tem sido aplicada no treinamento de trabalhadores da construção civil, com ênfase em riscos críticos como quedas, choques elétricos e esmagamentos. A metodologia adotada seguiu as diretrizes PRISMA e a estratégia PICo (Jidong *et al*., 2021), abrangendo seis bases de dados internacionais: ScienceDirect, Scopus, Compedex, IEEE Xplore, SpringerLink e Web of Science. Os critérios de inclusão, publicação em periódicos e com um recorte temporal de 10 anos, e de exclusão analise de título, resumo e palavras-chave, não ser aplicado a construção civil, não aplicar treinamentos, que apresentassem foco em obras de infraestrutura e não houve aplicação pratica, resultando na seleção de 28 artigos publicados entre 2015 e 2025. Com intuito de estruturar os processos de implementação descritos pela literatura, foram analisados 4 eixos, os métodos de treinamentos utilizados, o processo de desenvolvimento do treinamento utilizando a RV, as ferramentas utilizadas, e os critérios de avaliação listados pelos autores. A revisão permitiu identificar quatro dimensões principais: métodos de treinamento empregados, processos de desenvolvimento das simulações em RV, ferramentas utilizadas e critérios de avaliação do aprendizado. Constatou-se que 57% dos trabalhos analisados desenvolveram treinamentos imersivos com *feedback* em tempo real e análise de comportamento, destacando ganhos relevantes de engajamento e retenção do conteúdo de segurança (Abotaleb *et al.,* 2022; Eiris; Gheisari; Esmaeili, 2020). Observou-se ainda que parte dos estudos utilizou registros oficiais, como os do OSHA, NIOSH e CPWR, para construir cenários mais próximos das situações enfrentadas em obras reais (Isingizwe; Eiris; Al-Bayati, 2024). Em relação à modelagem tridimensional, os *softwares* amplamente consolidados, como Autodesk Revit, 3ds Max e SketchUp, foram os mais empregados, enquanto a renderização dos ambientes ocorreu majoritariamente com o motor gráfico Unity 3D, programado em C#, pela compatibilidade entre linguagem e plataforma (Shi *et al*., 2019; Liu *et al.,* 2024). A execução das simulações ocorreu, em sua maioria, com dispositivos como *Oculus Quest* e HTC Vive, que garantem maior imersão e interação, favorecendo a performance dos usuários (Alzarrad *et al.,* 2024). No que se refere à avaliação do aprendizado, os estudos aplicaram testes pré e pós-treinamento, com destaque para a escala *Likert,* o *System Usability Scale* (SUS) e o modelo *Technology Acceptance Model* (TAM) (Jacobsen *et al.,* 2022; Liu *et al.,* 2024), cujos resultados indicaram melhorias expressivas na percepção de segurança, na navegação pelos ambientes virtuais e na capacidade de identificação de riscos. De forma geral, conclui-se que a RV possui elevado potencial para ser utilizada como ferramenta de capacitação no setor da construção civil, contribuindo para a disseminação do conhecimento e para a redução dos índices de acidentes.

Os estudos analisados sugerem que o caminho mais adequado para sua implementação consiste em treinamentos baseados em *feedback* comportamental reforçado, desenvolvidos a partir de dados reais de ocorrências, com modelagem e renderização em *softwares* especializados e integrados a dispositivos de imersão. Recomenda-se ainda que a eficácia desses treinamentos seja avaliada por meio de testes aplicados antes, durante e após as simulações, a fim de consolidar a validação dos resultados obtidos.

**Palavras-chave:** *Tecnologias imersivas, treinamento, segurança do trabalho, construção civil.*

**Referências**

ABOTALEB, I. *et al.* An interactive virtual reality model for enhancing safety training in construction education. **Computer Applications in Engineering Education**, v. 10, p. 1-12, 2024.

ALZARRAD, A. *et al.* Revolutionizing construction safety: introducing a cutting-edge virtual reality interactive system for training US construction workers to mitigate fall hazards. **Frontiers in Built Environment**, v. 10, p. 1-12, 2024.

CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Indicadores da Construção Civil.** Brasília: CBIC, 2024. Disponível em: https://cbic.org.br/. Acesso em: 18 abr. 2025.

EIRIS, R.; GHEISARI, M.; ESMAEILI, B. Desktop-based safety training using 360-degree panorama and static virtual reality techniques: A comparative experimental study. **Automation in Construction**, v. 109, p. 102969, 2020.

GETULI, V. *et al.* Integrating spatial tracking and surveys for the evaluation of construction workers' safety training with virtual reality. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 29, p. 1181–1199, 2024.

ISINGIZWE, J.; EIRIS, R.; AL-BAYATI, A. J. Enhancing safety training engagement through immersive storytelling: A case study in the residential construction. **Safety Science**, v. 179, p. 106631, 2024.

JACOBSEN, E. L. *et al.* Active personalized construction safety training using run-time data collection in physical and virtual reality work environments. **Construction Innovation**, v. 22, n. 4, p. 657-675, 2022.

JIDONG, Y. *et al.* Application of PRISMA and PICo strategy in systematic reviews. **Systematic Reviews**, v. 10, n. 117, p. 1-11, 2021.

LIU, H. *et al.* Exploring the acceptance of virtual reality training systems among construction workers: a combined structural equation modeling and artificial neural network approach. **Frontiers in Public Health**, v. 12, p. 1-13, 2024.

MTE – MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **Estatísticas de Acidentes de Trabalho – 2023.** Brasília: MTE, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-emprego. Acesso em: 18 abr. 2025.

SHI, Y. *et al.* Impact assessment of reinforced learning methods on construction workers' fall risk behavior using virtual reality. **Automation in Construction**, v. 104, p. 197–214, 2019.

# Correlação entre o uso e cobertura da terra e a suscetibilidade a movimentos de massa no Cabo de Santo Agostinho-PE

**Queren-Hapuque de Oliveira Aquino, Universidade de Pernambuco (qoa@poli.br)**
**Kalinny Patrícia Vaz Lafayette, Universidade de Pernambuco (klafayette@poli.br)**
**Amaury Gouveia Pessoa Neto, Universidade Federal Rural de Pernambuco (agpn@poli.br)**

A movimentação de massa geralmente ocorre quando há o deslocamento descendente do material do talude e pode ser desencadeado por vários motivos, como terremotos, precipitações elevadas e ação antrópica. Essas movimentações são um risco natural grave, pois representam ameaça à segurança humana e podem causar perdas econômicas e ambientais (Ke *et al*., 2024; Alam *et al*., 2025). A expansão urbana desordenada em áreas de risco suscetíveis a movimentos de massa, contribuem para alterações nas condições naturais do terreno. Em geral essas modificações ocorrem nas condições de uso do solo, como retirada da vegetação, aumento de área impermeabilizadas e mudanças na topografia (Ahmed, 2021; Bastos Moroz; Thieken, 2024; Kalia, 2023; Pessoa Neto *et al.,* 2023). Neste contexto, o objetivo do trabalho é entender como os padrões de uso e ocupação da terra influenciam na suscetibilidade a movimentos de massa no município de Cabo de Santo Agostinho-PE. Realizou-se o mapeamento do município através do Sistema de Informações Geográficas (SIG) com os dados espaciais referentes ao uso e cobertura da terra obtidos através do MapBiomas. Em seguida foi feita a reclassificação do fator uso e cobertura da terra quanto à sua suscetibilidade a movimentos de massa, onde, as classes encontradas no mapa receberam notas de 1 a 10, sendo 1 menos suscetível a movimentos de massa e 10 mais suscetível a movimentos de massa (IBGE, 2019). Verificou-se as seguintes classes de uso e cobertura da terra, com suas respectivas notas: Formação Florestal (1), Formação Savânica (2), Mangue (2), Campo Alagado e Área Pantanosa (2), Pastagem (8), Cana (9), Mosaico de Usos (9), Praia, Duna e Areal (5), Área Urbanizada (10), Mineração (10), Apicum (2), Rio, Lago e Oceano (1), e Outras Lavouras Temporárias (9). O mapa apresentou predominância das classes Cana e Mosaico de Usos, além de concertações significativas de Áreas Urbanizadas e de Formação Florestal na região leste. A reclassificação demonstrou que as classes mais predominantes são as que sugerem interferência antrópica, (cana, mosaico de usos e áreas urbanizadas) que são associadas a notas mais altas e reflete o maior potencial da ação antrópica na suscetibilidade a movimentos de massa, seja pela impermeabilização do solo, remoção ou alteração da sua vegetação. Visto que a vegetação adequada é responsável por um papel essencial na estabilização de encostas (Pessoa Neto *et al.,* 2023; Silva, 2024). Entende-se que o uso e cobertura do Cabo de Santo Agostinho exerce influência significativa no potencial suscetibilidade a movimentos de massa, especialmente pela predominância de classes com notas elevadas.

**Palavras-chave:** *Movimentos de massa, área de risco, geoprocessamento.*

**Referências**

ALAM, Mohd. et al. A comparative evaluation of geostatistical techniques of frequency ratio (FR), Shannon Entropy (SE), and analytical hierarchy (AHP) in landslide prediction: a case study of Uttarakhand, India. **Discover Geoscience**, v. 3, n. 1, p. 28, 24 mar. 2025.

AHMED, Bayes. The root causes of landslide vulnerability in Bangladesh. **Landslides**, v. 18, n. 5, p. 1707–1720, 1 maio 2021.

BASTOS MOROZ, Cassiano; THIEKEN, Annegret H. Urban growth and spatial segregation increase disaster risk: lessons learned from the 2023 disaster on the North Coast of São Paulo, Brazil. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 24, n. 9, p. 3299–3314, set. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Suscetibilidade a deslizamentos do Brasil: primeira aproximação**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

KALIA, Andre Cahyadi. Landslide activity detection based on Sentinel-1 PSI datasets of the Ground Motion Service Germany—the Trittenheim case study. **Landslides**, v. 20, n. 1, p. 209–221, 1 jan. 2023.

KE, Chaoying; Sun, Ping; Zhang, Shuai; Li, Ran; Sang, Kangyun. Influences of non-landslide sampling strategies on landslide susceptibility mapping: a case of Tianshui City, Northwest of China. **Bulletin of Engineering Geology and the Environmen**t, v. 84, art. 123, 11 fev. 2025.

PESSOA NETO, Amaury Gouveia *et al.* Mapeamento das áreas suscetíveis a movimentos de massa no município de Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco. **Revista Baru - Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos**, v. 9, p. 23, 2023.

SILVA, Rayane Gabriella Pereira da. **Avaliação do reforço de um solo proveniente de uma encosta em área de risco com adição de RCC e fibras em Recife/PE**. 2024. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de Pernambuco, Recife, 2024.

# Efeito de ações de fiscalização e embargos de auditores fiscais do trabalho sobre a ocorrência de acidentes na construção de edifícios

**Gabriel Queiroz Moraes Resende, Universidade de Pernambuco (gqmr@poli.br)**
**Bianca Maria Vasconcelos, Universidade de Pernambuco (bianca.vasconcelos@upe.br)**
**Vinícius Francis Braga Azevedo, Universidade de Pernambuco (vfba@poli.br)**
**Willames De Albuquerque Soares, Universidade de Pernambuco (was@poli.br)**
**Felipe Mendes da Cruz, Universidade de Pernambuco (felipemendeslsht@poli.br)**

O setor da construção civil tem experimentado significativo crescimento nas últimas décadas, impulsionado pelas demandas decorrentes do aumento populacional global (Rodrigues *et al.*, 2024). Apesar disso, este avanço é acompanhado por um índice alarmante de acidentes ocupacionais, frequentemente associados à fragilidade das práticas preventivas, ineficácia da gestão de riscos e falhas nas metodologias de fiscalização (Azevedo; Vasconcelos, 2024; Ensslin *et al.*, 2022; Godoy; Silva, 2024). Segundo a Organização Internacional do Trabalho, aproximadamente 2,78 milhões de mortes por acidentes de trabalho ou doenças ocupacionais são registradas anualmente (Hämäläinen; Takala; Boon Kiat, 2017), cenário que reforça a urgência por medidas efetivas de prevenção, sobretudo no setor da construção civil, caracterizado por ambientes laborais com diversos riscos inerentes às atividades desempenhadas (Peinado *et al.*, 2019). Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo investigar os efeitos das ações fiscalizatórias conduzidas por Auditores Fiscais do Trabalho (AFT) e a quantidade de acidentes típicos registrados, com ênfase no subsetor de construção de edifícios (CNAE F-41). A metodologia adotada foi de abordagem quantitativa, com coleta de dados secundários disponibilizados por fontes oficiais do Ministério da Previdência Social (2023) e dos relatórios da Secretaria de Inspeção do Trabalho (Ministério do Trabalho, 2025), abrangendo todos os dados disponíveis desde 2018, ano inicial da divulgação destes relatórios, até 2023. As variáveis analisadas incluíram o número de AFT ativos, quantidade de embargos por descumprimento das Normas Regulamentadoras NR-35 (Trabalho em Altura) e NR-18 (Condições de Segurança na Construção), percentual de estabelecimentos fiscalizados e quantidade de acidentes típicos. Os dados foram organizados e analisados com apoio do software R Studio, onde foram aplicados testes de normalidade (Shapiro-Wilk), homoscedasticidade (Levene) e autocorrelação (Durbin-Watson), seguidos de correlações de Pearson e Spearman, e regressões simples com ajuste exponencial. Os principais achados indicaram associação negativa entre o número total de AFT ativos e a quantidade de acidentes típicos na construção civil ($r = -0,83$; $R^2 = 0,71$; $p < 0,05$), além de correlação negativa entre embargos por NR-35 e os acidentes registrados no setor ($r = -0,71$; $R^2 = 0,54$; $p < 0,10$). A redução progressiva nas ações fiscalizatórias e no número de embargos desde 2018 coincidiu com o aumento de acidentes típicos no período, sugerindo que a fiscalização atua como fator preventivo relevante. Conclui-se que o aumento da presença e da efetividade das ações fiscalizatórias pode indicar um efeito de redução de acidentes típicos, especialmente em atividades de maior risco como o trabalho em altura. Recomenda-se que futuras pesquisas utilizem séries temporais mais extensas a partir da divulgação de novos relatórios ou realização de metanálises para reforçar os achados apresentados no presente artigo. Os resultados fornecem evidências úteis em caráter exploratório com base nos dados disponíveis, utilizando esses efeitos analisados entre as variáveis para a formulação de políticas públicas mais eficazes e direcionadas à redução de acidentes de trabalho na construção civil.

**Palavras-chave:** *Acidentes típicos ocupacionais; segurança do trabalho; construção de edifícios; mineração de dados.*

**Referências**

AZEVEDO, Vinícius Francis Braga; VASCONCELOS, Bianca M. **Accident prevention in construction:** an analysis of the use of digital tools for risk mitigation in the design**.** Arq.urb, n. 39, p. 662, 2024.

ENSSLIN, Leonardo; GONÇALVES, Alex; DUTRA, Ademar; ENSSLIN, Sandra Rolim. Gestão de riscos de acidentes de trabalho na indústria da construção civil**:** revisão bibliográfica**. Gestão e Desenvolvimento em Revista**, v. 8, n. 1, p. 59-80, 2022. Disponível em: http://e-revista.unioeste.br/index.php/gestaoedesenvolvimento/index. Acesso em: 27 abr. 2025.

GODOY, Thiago Vinicius Torejani de; SILVA, Leandro de Oliveira. Segurança do trabalho na construção civil**:** o impacto dos acidentes de trabalho**. Revista Filosofia Capital**, Brasília, v. 20, n. 26, p. 01-14, 2024. DOI: https://doi.org/10.51497/rfc.v20n26-017.

HÄMÄLÄINEN, Päivi; TAKALA, Jukka; BOON KIAT, Tan. **Global estimates of occupational accidents and work-related illnesses**. World, v. 2017, p. 3-4.

MINISTÉRIO DA PREVIDÊNCIA SOCIAL (Brasil). **Anuário estatístico de acidentes de trabalho – AEAT 2023.** Brasília, DF, 2023. Disponível em: https://www3.dataprev.gov.br/aeat/inicio.htm. Acesso em: 9 jun. 2025.

MINISTÉRIO DO TRABALHO (Brasil). **Relatórios anuais da Inspeção do Trabalho.** Brasília, DF, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/assuntos/inspecao-do-trabalho/relatorios-anuais. Acesso em: 9 jun. 2025.

PEINADO, Hugo Sefrian *et al*. **Segurança e saúde do trabalho na indústria da construção civil.** São Carlos: Editora Scienza, 2019.

RODRIGUES, Igor Alencar; AZEVEDO, Vinícius Francis Braga de; SILVA NETO, Vicente Estevam da; KOHLMAN RABBANI, Emilia Rahnemay; VASCONCELOS, Bianca M. Explorando o papel do BIM na gestão do conhecimento em projetos da construção civil**. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 12, n. 86, 2024.

# A viabilidade do uso de poliestireno expandido e conchas marinhas como argamassa isolante para unidades habitacionais sociais

**Luka Monday, Universidade de Pernambuco (lm@poli.br)**
**Emília R. Kohlman Rabbani, Universidade de Pernambuco(emilia.rabbani@upe.br)**
**Mahmoud Shakouri, Colorado State University (mahmoud.shakouri@colostate.edu)**
**Maria Helena de Sousa, Universidade Federal de Pernambuco(Helena.sousa@ufpe.br)**
**Sérgio Peres Ramos da Silva, Universidade de Pernambuco (sergio.peres@upe.br)**

De acordo com projeções da Agência Internacional de Energia, até 2035, a demanda por eletricidade em edifícios deverá representar 45% do consumo total de energia (IEA, 2024). A crescente necessidade de suprir o déficit habitacional, principalmente por meio de iniciativas de habitação social (Buckley *et al*., 2016), tem sido impulsionada pela rápida migração rural-urbana. No entanto, essas iniciativas também criaram um ônus financeiro insustentável para as famílias de baixa renda por meio de contas de energia mais altas (Bertoli *et al*., 2024), causadas em grande parte pelo aumento do uso de sistemas de refrigeração, eletrodomésticos e aquecimento ambiente (IEA, 2024). Além disso, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente relata que a demanda de energia relacionada a edifícios representou cerca de 27% das emissões globais em 2022, com outros 7 a 9% ligados à produção de materiais de construção (ONU, 2023). Esses desafios destacam a necessidade urgente de estratégias que reduzam tanto o uso de energia quanto as emissões, particularmente por meio de materiais de construção sustentáveis. Nesse contexto, a integração de materiais reciclados está ganhando atenção por promover os princípios da economia circular e melhorar a eficiência energética. Com base nisso, o presente estudo avaliou a viabilidade do uso de poliestireno expandido (EPS) e conchas marinhas como materiais reciclados na produção de argamassa de isolamento térmico para habitações sociais, adotando uma abordagem de avaliação do ciclo de vida (ACV). A pesquisa foi conduzida por meio de uma revisão sistemática da literatura (RSL), com fontes recuperadas de três grandes bancos de dados: *ScienceDirect, Web of Science* e *Engineering Village*. As sequências de pesquisa utilizadas foram (“Expanded polystyrene” OR “EPS”) OR (“Seashells” OR “Mollusk shells” OR “Bivalve shells” OR “Aquaculture waste”) AND (“Insulation material” OR “Thermal insulation”) AND (“Social housing” OR “Affordable housing”) AND (“Life cycle assessment” OR “LCA”) AND “Energy efficiency”. Os critérios de inclusão restringiram os resultados a artigos revisados por pares e de acesso aberto publicados em inglês entre 2015 e 2024 na área de engenharia. Estudos não relacionados aos objetivos da pesquisa ou com inconsistências metodológicas foram excluídos, resultando em uma amostra final de 63 artigos para síntese. Os dados desses estudos foram analisados para abordar três questões de pesquisa: (1) Quais são as propriedades físicas e mecânicas do EPS e das conchas marinhas que as qualificam como agregados isolantes? (2) Quais são as proporções ideais de mistura de conchas marinhas e EPS para a produção de argamassa isolante composta? e (3) Como o desempenho térmico e os impactos ambientais do EPS e das conchas marinhas se comparam aos materiais isolantes convencionais? Foi realizada uma análise de correlação entre as variáveis selecionadas, incluindo densidade, absorção de água, condutividade térmica e níveis de substituição. O EPS, conhecido por sua leveza e capacidade de isolamento, demonstrou excelentes resultados em vários estudos. Apesar das reduções na resistência à compressão e à flexão em altos níveis de substituição, as argamassas à base de EPS ainda satisfaziam os requisitos para aplicações estruturais e não estruturais (Horma *et al*., 2022; Zaragoza-Benzal *et al.,* 2023). Foi observada uma forte correlação negativa entre o teor de EPS e a condutividade térmica; à medida que a concentração de EPS aumentava, a condutividade térmica diminuía. No entanto, permanecem preocupações quanto à sua inflamabilidade, desempenho acústico limitado e impactos ambientais da fabricação e descarte. Da mesma forma, as conchas marinhas, compostas principalmente por carbonato de cálcio, exibiram características mecânicas e térmicas favoráveis, como resistência ao fogo e

desempenho acústico (Martínez-García *et al.,* 2020). Foi relatado que sua morfologia irregular diminui a densidade e melhora a trabalhabilidade em níveis de substituição mais baixos, embora uma maior incorporação geralmente reduza a trabalhabilidade (Menezes *et al.,* 2022). Vários estudos sugeriram níveis ideais de substituição de 10 a 30% em massa (Cardoso *et al.,* 2024; Menezes *et al.,* 2022). As proporções ideais relatadas para EPS e conchas marinhas usadas independentemente variaram de 20% a 50%. No entanto, o pré-tratamento das conchas marinhas foi identificado como um dos principais contribuintes para os impactos ambientais (Peceño *et al.,* 2020). No geral, a análise de correlação confirmou fortes relações lineares entre densidade, absorção de água e condutividade térmica. Embora existam extensos estudos independentes sobre EPS e conchas marinhas, ainda há lacunas significativas na pesquisa sobre seu uso combinado dentro de uma estrutura de ciclo da vida (ACV). No entanto, quando comparadas com materiais de isolamento convencionais, as argamassas à base de EPS e conchas marinhas demonstraram desempenho térmico e ambiental superior. A sustentabilidade desses materiais depende não apenas do desempenho térmico, mas também de uma perspectiva de ciclo de vida completo abrangendo as etapas de extração, uso e fim de vida e e. Isso ressalta a importância de incorporar a ACV em pesquisas e práticas futuras para abordar as dimensões sociais, econômicas e ambientais da construção sustentável.

**Palavras-chave**: *Materiais sustentáveis; argamassa de isolamento térmico; agregados isolantes; conchas marinhas*

**Referências**

BUCKLEY, R. M.; KALLERGIS, A.; WAINER, L. The emergence of large-scale housing programs: Beyond a public finance perspective. **Habitat International**, v. 54, p. 199–209, 2016.

BERTOLI, G. *et al.* Life cycle integrated analysis of thermal, environmental, and cost performance of building envelope system: Small house case study considering grid mix change in Brazil. **Energy and Buildings**, v. 310, 2024.

CARDOSO, A. DA S. *et al.* Evaluating Sururu shell waste (Mytella falcata) as an eco-friendly recycled aggregate in mortar production. **Frontiers in Built Environment**, v. 10, 2024.

MENEZES, R. C.; JUSTINO MARQUES, S. K.; MARQUES DE SOUZA, R. F. Development of masonry mortar with discarded sururu shells from the Mundaú-Manguaba lagoon estuary complex, Brazil. **Cleaner Engineering and Technology**, v. 8, 2022.

MARTÍNEZ-GARCÍA, C. *et al.* Mussel shells: A canning industry by-product converted into a bio-based insulation material. **Journal of Cleaner Production**, v. 269, 2020.

HORMA, O. *et al.* Thermal Performance Study of a Cement-Based Mortar Incorporating EPS Beads. **Frontiers in Built Environment**, v. 8, 2022.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). ***World Energy Outlook 2024***.

PECEÑO, B. *et al.* Is Recycling Always the Best Option? Environmental Assessment of Recycling of Seashell as Aggregates in Noise Barriers. **Processes**, v. 8, n. 7, p. 776, 2020.

UNITED NATIONS, **2023 Global Status Report for Buildings and Construction**.

ZARAGOZA-BENZAL, A. *et al.* New lightened plaster material with dissolved recycled expanded polystyrene and end-of-life tyres fibres for building prefabricated industry. **Case Studies in Construction Materials**, v. 18, 2023

# Geomorfologia e Risco: Mapeamento de Suscetibilidade a Deslizamentos em Paulista/PE

**Mônica Fernanda Tavares Pires, Universidade de Pernambuco (mftp@poli.br)**
**Kalinny Patrícia Vaz Lafayette, Universidade de Pernambuco (klafayette@poli.br)**
**Rayane Gabriella Pereira da Silva Universidade de Pernambuco (rgps@poli.br)**
**Amaury Gouveia Pessoa Neto, Universidade de Pernambuco (agpn@poli.br)**

A interação entre a morfologia do terreno e elementos como uso e ocupação do solo, além de eventos extremos de precipitação, comprometem o equilíbrio natural do relevo elevando o grau de vulnerabilidade das encostas, favorecendo a ocorrência de erosões e deslizamentos de massa com alto potencial destrutivo. Regiões com relevo acidentado, pouca cobertura vegetal e intensas intervenções humanas estão entre as mais suscetíveis a esses eventos, que podem resultar em significativas perdas materiais e humanas (Li *et al*., 2024; Han; Semnani, 2025; Girão, 2004). A pesquisa tem como objetivo analisar as características geomorfológicas do município de Paulista, no estado de Pernambuco, com o intuito de identificar e compreender possíveis áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de massa. Para isso, foram avaliados os aspectos do relevo local, com ênfase na declividade. Foram realizadas coleta de dados geoespaciais no Sistemas de Informação Geográfica (SIG), tratados e analisados no software QGis (Quantum GIS) com associação de pesos para declividade, estabelecidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) como determinados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O relevo do município é caracterizado por tabuleiros com altitudes que variam entre 40 e 50 metros próximos à planície costeira, podendo ultrapassar 160 metros na porção oeste (Prefeitura da Cidade de Paulista, 2024). Esta variedade de formas de relevo que influencia diretamente sua ocupação urbana e os riscos geotécnicos associados. A maior parte do território é caracterizada por relevo plano por se tratar de uma região costeira, com declividades entre 0% e 3%, representando aproximadamente 40% da área total do município. Essa classe possui baixo grau de suscetibilidade a deslizamentos, sendo considerada estável para ocupação. Cerca de 20% da área do município apresenta relevo suave-ondulado, com declividades entre 3% e 8% e baixo risco de deslizamentos (grau 2). Essas áreas, embora levemente inclinadas, também são relativamente seguras para ocupação urbana, desde que haja manejo adequado das águas pluviais. As áreas de relevo ondulado, com declividades variando entre 8% e 20%, correspondem a aproximadamente 30% do território. Esse tipo de relevo possui um grau de suscetibilidade intermediário a elevado (grau 5) para deslizamentos, exigindo cuidados técnicos nas intervenções urbanas, especialmente em épocas de chuvas intensas. Já o relevo fortemente ondulado, com declividades de 20% a 45%, ocupa cerca de 10% da área de Paulista e apresenta o maior grau de suscetibilidade a deslizamentos (grau 8). Essas áreas requerem atenção especial, principalmente no que se refere ao controle de ocupações irregulares e à implementação de medidas preventivas de contenção e drenagem. O mapeamento dessas áreas justifica-se pelo reconhecimento da realidade trágica relacionada a episódios com eventos chuvosos no Brasil, especialmente em áreas com declividades acentuadas, onde estas circunstâncias exercem influência direta sobre a suscetibilidade a deslizamentos de massa. A ocorrência desses eventos está frequentemente associada a terrenos onde fatores naturais e antrópicos interagem e amplificam o risco (Mandal *et al.*, 2024; IBGE, 2019). Os mapas de suscetibilidade a deslizamentos tornam-se ferramentas essenciais para a identificação de áreas com risco potencial, auxiliando na tomada de decisões mais seguras (Han; Semnani, 2025). Nesse contexto, esse panorama reforça a importância do estudo da geomorfologia para auxiliar na relação dos impactos ambientais decorrentes entre o relevo e a ocupação urbana. Dessa forma, a gestão territorial de Paulista deve considerar a

diversidade do relevo para planejar o uso e a ocupação do solo, priorizando a segurança da população e a sustentabilidade ambiental.

**Palavras-chave:** *Geomorfologia; relevo urbano; suscetibilidade; deslizamentos.*

**Referências**

GIRÃO, O.; CORRÊA, A. C. B. A contribuição da Geomorfologia para o planejamento da ocupação de novas áreas. **Revista de Geografia**, Recife: UFPE, Departamento de Ciências Geográficas/NAPA, v. 21, n. 2, 2004. Disponível em: https://morrodobau.paginas.ufsc.br/files/2011/03/A-CONTRIBUI%C3%87%C3%83O-DA-GEOMORFOLOGIA-PARA-O1.pdf. Acesso em: 16 jul. 2025.

IBGE. **Suscetibilidade a deslizamentos do Brasil:** primeira aproximação. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. (Macrocaracterização dos Recursos Naturais do Brasil). ISBN 978-85-240-4515-8. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/337654930_Suscetibilidade_a_Deslizamentos_do_Brasil_primeira_aproximacao. Acesso em: 19 jul. 2025.

HAN, J.; SEMNANI, S. Important considerations in machine learning-based landslide susceptibility assessment under future climate conditions. **Acta Geotechnica**, v. 20, 2025. DOI: https://doi.org/10.1007/s11440-024-02363-3. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s11440-024-02363-3. Acesso em: 16 jul. 2025.

LI, L.; JIA, M.; XU, C.; TIAN, Y.; MA, S.; & YANG, J. Enhancing landslide susceptibility mapping by integrating neighboring information in slope units. **Remote Sensing**, v. 16, n. 23, p. 4475, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/rs16234475. Disponível em: https://www.mdpi.com/2072-4292/16/23/4475. Acesso em: 16 jul. 2025.

MANDAL, S.; MANI, A.; LALL, A. R.; KUMAR, D. Slope stability assessment and landslide susceptibility mapping in the Lesser Himalaya, Mussoorie, Uttarakhand. **Discov Geosci**, v. 2, n. 51, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/s44288-024-00055-9. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s44288-024-00055-9. Acesso em: 16 jul. 2025.

PREFEITURA DA CIDADE DE PAULISTA. **A cidade**. Paulista: Prefeitura da Cidade do Paulista, 2024. Disponível em: https://paulista.pe.gov.br/2024/dinamico/a-cidade.php. Acesso em: 19 jul. 2025.

# Uso de geotecnologias para a caracterização fisiográfica de condicionantes a deslizamentos em um município da Região Metropolitana do Recife.

**Joyce Ingrid de Arandas Sobral, Universidade de Pernambuco (jias2@poli.br)**
**Kalinny Patrícia Vaz Lafayette, Universidade de Pernambuco (klafayette@poli.br)**
**Jonas da Silva Bezerra, Universidade de Pernambuco (jonas.bezerra@poli.br)**
**Amaury Gouveia Pessoa Neto, Universidade de Pernambuco (agpn@poli.br)**

Os deslizamentos de terra são um dos perigos mais destrutivos em todo o mundo, principalmente, em países de climas tropicais como o Brasil, causando fatalidades e perdas econômicas (Dias; Grohmann, 2024; Yu; Pradhan; Wang, 2025). Segundo Rehman *et al*. (2022) e Pfaltzgraff; Torres (2024) e Araújo *et al*. (2025), o rápido desenvolvimento urbano intensificou a alteração dos ambientes naturais, criando um cenário de insustentabilidade urbana, haja vista, o aumento de moradias em áreas de risco socioambientais. Nesse contexto, o conhecimento do ambiente físico torna-se essencial para o planejamento da ocupação do espaço de modo sustentável (Rocha *et al*., 2023). O geoprocessamento é uma ferramenta poderosa que realiza a cobertura de áreas extensas sob qualidade geométrica e radiométrica. Dessa maneira, graças ao avanço da tecnologia, é possível compilar uma série de dados de modo a obter características espaciais pelo sensoriamento remoto e uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), vindo a ser de grande relevância para elaboração de mapas de caracterização de áreas (Gaida *et al*., 2020; Huang *et al*., 2021; Tavares *et al*., 2024). Essa investigação tem como objetivo analisar a fisiografia dos fatores condicionantes a movimentos de massa em um município localizado na Região Metropolitana do Recife (RMR), de modo a integrar dados por meio de geotecnologias. Como metodologia, realizou-se um levantamento bibliográfico em todas as etapas da pesquisa, para obtenção de informações análogas à área de estudo. Além disso, foram selecionados 2 critérios condicionantes a deslizamentos, cujos dados espaciais foram coletados por meio de plataformas virtuais de órgãos oficiais para que, em seguida, fossem processados pelo software QGIS, versão 3.32, em coordenada UTM de fuso 25S no Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000). Como resultado, com o intuito de retratar o comportamento do município em estudo, no tocante aos fatores que condicionam a geração de cenários de risco a escorregamentos de terra, foram obtidos 2 mapas temáticos, sendo eles, o mapa hipsométrico e o de uso e cobertura do solo. Conclui-se que o uso da técnica de mapeamento para análise fisiográfica do município pertencente a RMR mostrou-se eficaz quanto sua aplicabilidade, tendo em vista seu baixo custo de aquisição, boa acessibilidade para o processamento de dados, além de permitir a análise de regiões de difícil acesso. Ademais, a obtenção de tais mapas temáticos servem de subsídio para mapeamentos de riscos a deslizamentos, sendo uma ferramenta imprescindível na compreensão do comportamento da região, na elaboração de planos de mitigações e no monitoramento das áreas de riscos.

**Palavras-chave:** *Áreas de risco;* deslizamentos*; SIG.*

**Referências**

ARAÚJO, L. F. G.; OLIVEIRA, L. F. S.; FREIRE, M. A. Q.; AMORIM, S. F.; GUEDES, M. A. N.; HAWSON, E. M. G. H.; VIEIRA, G. C. M.; FERREIRA, S. R. M. Panorama geral das ocorrências associadas a movimentos de massa em encostas na cidade do Recife-PE. **Políticas Públicas e Cidades,** v.14, n.2, p.01-27, 2025.

DIAS, H. C.; GROHMANN, C. H. Standards for shallow landslide identification in Brazil: Spatial trends and inventory mapping. **Journal of South American Earth Sciences,** v.135, 2024.

GAIDA, W.; BREUNING, F. M.; GALVÃO, L. S.; PONZONI, F. J. Correção atmosférica em sensoriamento remoto: uma revisão. **Revista Brasileira de Geografia Física,** v.13, n.1, p.229-248, 2020.

HUANG, X.; HUANG, J.; WEN, D.; LI, J. An update MODIS global urban extend product (MGUP) from 2001 to 2018 based on an automated mapping approach. **International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation**, v.95, 2020.

TAVARES, K. C. O.; SILVA, A. F.; OLIVEIRA, G. P.; CORRÊA, A. C. B. Identificação da degradação dos solos no semiárido Pernambucano: a partir de uma análise temporal em áreas de vulnerabilidade do município de Belém do São Francisco - PE. **Revista Contexto geográfico** v.9, n.18, p. 173–184, 2024.

PFALTZGRAFF, P. A. S.; TORRES, F. S. M. Construção de mapas de suscetibilidade a deslizamentos com uso de dados de acesso livre: Região Metropolitana do Recife (PE). **Geotecnia**, v.160, p.25-36, 2024.

REHMAN, A.; SONG, J.; HAQ, F.; MAHMOOD S.; AHAMAD, M. I.; BASHARAT, M.; SAJID, M.; MEHMOOD, M. S. Multi-hazard susceptibility assessment using the analytical hierarchy process and frequency ration techniques in the northwest Himalayas, Pakistan. **Remote Sensing**, v.14, n.3, 2022.

YU, L.; PRADHAN, D.; WANG, Y. A comparative study of various combination strategies for landslide susceptibility mapping considering landslide types. **Geoscience Frontiers**, v.16, n.2, 2025.

# Guia para a resolução de conflitos durante a elaboração de modelos BIM de projetos de instalações prediais

**Sabrina Rayane Silva Lucena, Universidade de Pernambuco (srsl@poli.br)**
**Bianca Maria Vasconcelos, Universidade de Pernambuco (bianca.vasconcelos@upe.br)**

Diante do crescente nível de complexidade dos layouts dos projetos, o *Building Information Modeling* (BIM) vem se destacando como uma abordagem eficiente para a gestão e coordenação de instalações prediais, conhecidas como sistemas Mecânicos, Elétricos e Hidráulicos (MEP) (Park *et al.*, 2024). Ao modelar esses sistemas, vários elementos devem colaborar entre si, evitando que conflitos construtivos passem despercebidos e acarretem aumentos de custo e atrasos na entrega (Liu *et al.*, 2024). Porém, apesar dos avanços nas ferramentas de detecção automática de conflitos MEP, a resolução desses conflitos continua a ser demorada e desafiadora, visto que demanda processos iterativos, reuniões de coordenação e tomadas de decisão influenciadas pelos conhecimentos e experiências dos profissionais envolvidos (Pestana; Paice; West, 2024). A literatura aponta que, embora o BIM permita identificar conflitos em modelos MEP, a ausência de diretrizes padronizadas limita a eficiência da resolução, especialmente em termos de automação. Ainda se faz necessário o desenvolvimento de guias e regras a serem seguidos durante a modelagem, de modo a proporcionar melhorias para o gerenciamento de conflitos MEP atual (Jin; Li, 2023). Conforme destacado por Akhmetzhanova *et al.* (2022), as empresas ainda não possuem um banco de dados estruturado, e os estudos, até o momento, se concentram em ferramentas de detecção ou em análises isoladas de conflitos. Diante desse cenário, esta pesquisa tem como objetivo principal propor um guia para a resolução de conflitos detectados no processo de modelagem BIM de projetos de instalações prediais. Para isso, inicialmente foi realizada uma ampla Revisão Sistemática da Literatura (RSL 01), acerca das principais práticas utilizadas para otimização da detecção e resolução de conflitos em modelos BIM. Em seguida, foi desenvolvida uma pesquisa exploratória, composta por: uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL 02), que investigou os principais componentes MEP envolvidos em conflitos, e as diretrizes e procedimentos existentes para a resolução e prevenção de conflitos em projetos de instalações prediais; e um levantamento documental de normas, manuais e demais arquivos técnicos que forneçam instruções e soluções para os conflitos encontrados durante sua compatibilização com demais disciplinas. Por fim, um guia é estruturado, reunindo as contribuições apresentadas nas etapas anteriores em forma de capítulos, de modo a direcionar a coordenação de conflitos em projetos de instalações prediais. Como resultado da RSL 01, foi possível identificar na literatura nove classificações de ferramentas/tecnologias utilizadas pelos autores, de acordo com sua função de aplicação: modelagem 3D e coordenação de projeto; detecção e gerenciamento de conflitos; planejamento e simulações 4D e 5D; colaboração em nuvem; algoritmos e inteligência artificial; sistemas de informações geográficas; realidade virtual e aumentada; automação e programação visual; e gerenciamento de dados. A RSL 02 evidenciou a ocorrência mais frequente de conflitos envolvendo elementos hidráulicos-estruturais, especialmente tubulações e vigas, e mecânicos-hidráulicos, como dutos e tubulações de encanamento. Como exemplo de diretrizes, identificaram-se orientações como: categorização e filtragem de conflitos irrelevantes; priorização de sistemas; avaliação dos custos, prazos e consumo de material para cada solução; e a consideração da distância mínima entre componentes. O guia é direcionado a projetistas MEP, apresentando um fluxo de trabalho sistematizado para conduzir cada passo da resolução de conflitos e assegurar a escolha de soluções tecnicamente adequadas. São apresentadas as normas e regulamentações para projetos de instalações prediais e instruções que orientam o processo. Dessa forma, o trabalho contribui com a proposição de uma base técnica aplicável à resolução de diferentes tipos de conflitos MEP, incentivando a padronização de práticas na modelagem

BIM, o que favorece a redução de retrabalho e melhoria da qualidade dos projetos. O guia poderá ser utilizado em pesquisas futuras como suporte para o desenvolvimento de novas soluções tecnológicas e automações, aprimorando a coordenação entre os sistemas MEP e as demais disciplinas, de forma a garantir o desempenho de projetos complexos.

**Palavras-chave:** *Sistemas MEP; coordenação de projetos; modelagem; diretrizes.*

**Referências**

AKHMETZHANOVA, B.; NADEEM, A.; HOSSAIN, A.; KIM, J. R. Clash detection using Building Information Modeling (BIM) technology in the republic of kazakhstan. **Buildings**, v. 12, n. 2, jan. 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings12020102

JIN, M.; LI, B. Dual-level framework for openBIM-enabled design collaboration. **Buildings**, v. 13, n. 12, dez. 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings13123031

LIU, X.; ZHAO, J.; YU, Y.; JI, Y. BIM-based multi-objective optimization of clash resolution: A NSGA-II approach. **Journal of Building Engineering**, v. 89, jul. 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.109228

PARK, S.; SHIN, M.; JANG, J. Y.; KOO, B.; KIM, T. W. Automated process for generating an air conditioning duct model using the CAD-to-BIM approach. **Journal of Building Engineering**, v. 91, ago. 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.109529

PESTANA, E.; PAICE, A.; WEST, S. Optimizing MEP design in early AEC projects through generative design. **Automation in Construction**, v. 165, jun. 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105566

# Modelo de Plano de Inspeções para Conservação do Patrimônio Ferroviário: Estudo de Caso da Estação do Brum, Recife/PE.

**Thulio Roberto Silva do Nascimento, Universidade de Pernambuco (trsn@poli.br)**
**Eliana Cristina Barreto Monteiro, Universidade de Pernambuco (eliana@poli.br)**

As grandes fortificações, muralhas, templos e mercados públicos são exemplares de obras que colaboraram com a estruturação de diferentes povos e que testemunham dos traços de diferentes culturas que surgiram ao longo do tempo, passando a assumir na atualidade, em muitos casos, a posição de patrimônio cultural. No âmbito nacional, o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) atua por meio de diferentes instrumentos de proteção e de reconhecimento do patrimônio cultural brasileiro, como a Valoração do Patrimônio Cultural Ferroviário, a Chancela da Paisagem Cultural e o Tombamento, que detém um universo de bens materiais que alcança um número da ordem de milhar (IPHAN, 2025a). Por outro lado, esse acervo enfrenta ao longo dos anos os efeitos de diferentes processos de degradação. Em acordo com Zanirato e Cavicchioli (2013), esses processos promovem transformações lentas e são comumente referenciados como o envelhecimento dos bens. Apesar da indústria da construção civil contemporânea deter diversos parâmetros normativos e técnico-científicos relacionados à manutenção e desempenho de edificações, a conservação de bens culturais demanda especial atenção, o que tem sido consolidado principalmente através das Cartas Patrimoniais, tais quais a Carta de Atenas e a Carta de Veneza, que exploraram o campo da preservação e da conservação de bens históricos (ICOMOS, 1931, 1964). Dentre o patrimônio acautelado pelo IPHAN, se destacam aqueles que integram a Lista do Patrimônio Cultural Ferroviário, composta por mais de 640 itens (IPHAN, 2025b). Esses bens podem ser classificados como patrimônio industrial, os quais constituem uma temática abordada há algumas décadas no âmbito internacional, através de produções como a Carta de Nizhny Tagil e os Princípios de Dublin (Freire, 2017). Dessa forma, considerando as particularidades do patrimônio cultural ferroviário brasileiro, composto por bens móveis e imóveis (como pátios operacionais, estações, edificações de apoio, etc.), bem como os atributos intangíveis associados à composição sistêmica desses bens e à memória ferroviária a eles atrelada, se compreende a importância da construção de planos e ações que permitam a sua preservação, fundamentada em princípios de conservação preventiva, que segundo o *International Council of Museums - Committee for Conservation* (2008), constitui uma das tipologias de ações estruturadas com respeito à significância do patrimônio e suas propriedades físicas, promovendo condições que minimizem as demandas de intervenções invasivas e custosas. Nesse contexto, o presente trabalho objetiva o desenvolvimento de um modelo de plano de inspeções do estado de conservação de edificações reconhecidas como Patrimônio Cultural Ferroviário do Brasil, levando em conta as suas singularidades, embasado na legislação nacional vigente, nas doutrinas da conservação patrimonial, em especial do contexto industrial, assim como no produto de consultas bibliográficas, sendo caracterizada como uma pesquisa aplicada de abordagem qualitativa que permitirá o desenvolvimento de modelos de ferramentas, incluindo a aplicação como estudo de caso na Estação do Brum, situada no Recife/PE. As características do patrimônio ferroviário brasileiro e os princípios da conservação preventiva estruturam as ações que integram o desenvolvimento do plano de inspeções proposto, considerando os atributos de natureza tangível e intangível incorporados aos bens valorados. Periodicidade de realização e o detalhamento dos elementos que devem ser submetidos às inspeções, bem como fichas de avaliação para cada tipo de inspeção programada, constituem as ferramentas desenvolvidas, a partir de consultas à inventários e planos de conservação de bens culturais, destacando especial atenção aos atributos intangíveis dessa tipologia patrimonial, que normalmente não são considerados em planos de inspeções tradicionais no âmbito nacional. A Estação do Brum, primeira estação construída no Brasil pela *The Great Western of Brazil Railway Company Limited* (GWBR), inaugurada em

1881, além de ser o primeiro bem valorado pernambucano sobre o qual também incide o tombamento (IPHAN, 2025c), compõe o estudo de caso, no qual serão realizadas as inspeções programadas por meio do plano desenvolvido, incluindo o preenchimento das fichas de inspeções e a proposição de adequações, com acompanhamento cíclico do estado de conservação do bem e de seus atributos. Logo, a construção do plano de inspeções proposto, fundamentado em práticas da conservação preventiva e a aplicação sobre a Estação Ferroviária do Brum, em caráter de estudo de caso, constituem os principais resultados esperados, com vistas no fomento de práticas conservativas de menor impacto sobre o bem e que demandem menores investimentos de recursos, garantindo a valorização e a preservação do patrimônio cultural ferroviário brasileiro.

**Palavras-chave:** *plano de inspeções; patrimônio cultural ferroviário; conservação preventiva; patrimônio industrial.*

**Referências**

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. **Estação Ferroviária do Brum, em Recife (PE), ganha tombamento provisório:** Construção é o primeiro bem ferroviário de Pernambuco a ser tombado pelo Iphan. 2025c. Disponível em: https://l1nk.dev/lVxAa. Acesso em: 15 jun. 2025.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. **Lista do patrimônio cultural ferroviário (04/2025) – 648 bens valorados.** 2025b. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/2025_04_SITE_F.xlsx. Acesso em: 25 maio 2025.

INTERNATIONAL COUNCIL OF MUSEUMS – COMMITTEE FOR CONSERVATION. **Terminology to characterize the conservation of tangible cultural heritage.** 2008. Disponível em: https://www.icom-cc.org/en/terminology-for-conservation. Acesso em: 1 jun. 2025.

INTERNATIONAL COUNCIL ON MONUMENTS AND SITES. **Carta de Atenas.** 1931. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Carta%20de%20Atenas%201933.pdf. Acesso em: 6 abr. 2025.

THE INTERNATIONAL COMMITTEE FOR THE CONSERVATION OF THE INDUSTRIAL HERITAGE. **Carta de Nizhny Tagil sobre o patrimônio industrial.** 2003. Disponível em: https://ticcihbrasil.org.br/?page_id=675. Acesso em: 3 abr. 2025.

ZANIRATO, S.H.; CAVICCHIOLI, A. Estratégias de conservação do patrimônio cultural material. **Revista Memória em Rede**, 2013. Pelotas, v3, n. 8, Jan./Jun.2013 – ISSN- 2177-4129. Disponível em: https://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/Memoria/article/view/9469/6226. Acesso em: 22 abr. 2025.

FREIRE, M. E. L. **Patrimônio Ferroviário:** a preservação para além das estações. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Recife-PE, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/29429. Acesso em: 1 abr. 2025.

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL**. Instrumentos de proteção.** 2025a. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/275. Acesso em 15 jun. 2025.

# Análise de manifestações patológicas em patrimônio histórico edificado: estudo de caso da Igreja de Nossa Senhora do Pilar em Recife/PE

**Stephany Rayane Silva Rodrigues, Universidade de Pernambuco (srsr@poli.br)**
**Willames de Albuquerque Soares, Universidade de Pernambuco (was@poli.br)**
**Lívia Campos Lins, Universidade de Pernambuco (lcl@poli.br)**
**Eliana Cristina Barreto Monteiro, Universidade de Pernambuco (eliana@poli.br)**

O patrimônio histórico edificado é um símbolo da história das cidades e, portanto, desempenha um papel fundamental na construção e preservação da sua identidade cultural (Bersch *et al*., 2020). Devido ao tempo de construção dessas edificações e à exposição às intempéries, a execução de atividades de manutenção são fundamentais para sua conservação (Vasconcelos *et al*., 2024), especialmente nas fachadas, que representam o sistema mais exposto aos agentes agressivos externos (Costa *et al*., 2024). De acordo com Rodrigues *et al*. (2023), o desenvolvimento de um banco de dados com informações acerca do estado de conservação de uma construção auxilia a gestão da manutenção e o planejamento de manutenções preventivas pela identificação de padrões e tendências. Nesse contexto, este estudo analisa o estado de conservação das fachadas da Igreja de Nossa Senhora do Pilar, em Recife/PE, tombada pelo IPHAN, buscando oferecer subsídios técnicos para ações de manutenção. A pesquisa foi conduzida em três etapas: levantamento de dados acerca da edificação; realização de vistorias e obtenção de registros fotográficos para desenvolvimento posterior do mapa de danos, utilizando o *software* AutoCAD, e, por fim, análise qualitativa e quantitativa das anomalias. A quantificação das anomalias se deu por dois métodos: o cálculo da cobertura de danos, utilizado por Nascimento *et al*. (2024), que relaciona a área afetada com a área total da fachada, e o fator de danos (FD), proposto por Silva (2014), obtido por meio da sobreposição de malha padronizada, de 0,50 x 0,50m partindo do canto inferior esquerdo da fachada e contagem das unidades acometidas por cada anomalia. Além disso, foi avaliada a influência da orientação geográfica e da incidência solar e de ventos nas ocorrências patológicas por meio da análise da carta solar e da rosa dos ventos da cidade do Recife. As manifestações patológicas identificadas com maior recorrência na edificação foram sujidades/biofilme, manchas de umidade e intervenção indevida, sendo as fachadas Sul e Norte as mais degradadas, apresentando, respectivamente, 38,15% e 36,54% de área acometida por danos. A maior incidência de chuvas e ventos na fachada Sul, aliada à ausência de insolação durante um período de três meses ao longo do ano, contribui para a conservação de umidade na fachada e desenvolvimento de anomalias ocasionadas por este agente (Rocha; Carneiro; Monteiro, 2023). A fachada Norte apresentou os maiores índices de ocorrência de fissuras e desplacamento de revestimento (FD de 0,17 e 0,05, respectivamente), o que também pode estar atrelado ao acúmulo de umidade, visto que esta recebe incidência solar em regime semelhante ao da Fachada Sul, e à presença de árvores próximas, que dificultam a incidência solar direta. Assim como no estudo de Costa *et al*. (2024), pela análise do mapa de danos foi possível verificar um certo padrão na ocorrência de manifestações patológicas, sendo: sujidades/biofilme em elementos mais salientes (Bersch *et al*., 2020), manchas de umidade nas regiões inferior e superior, devido a umidade ascensional, escoamento de aguas pluviais e acúmulo de umidade nos ornamentos, vandalismo na região inferior, certamente devido à maior facilidade de acesso, vegetação e intervenções indevidas em elementos em cantaria, fissuras no encontro de materiais, causados pelas diferenças de deformações, ou em regiões de parede contínua. Diante do exposto, pode-se considerar o mapa de danos um método eficaz para diagnóstico das manifestações patológicas. A quantificação dos danos possibilitou a comparação entre o estado de conservação das fachadas e a identificação das manifestações patológicas mais recorrentes, entretanto, a dimensão da malha pode superestimar o levamento por meio do FD das anomalias que acometem uma área pequena,

como fissuras, valendo salientar que esta anomalia não foi contabilizada pelo método do cálculo da cobertura de danos. O emprego do mapa de danos e dos métodos para analise quantitativa fornecem informações valiosas acerca do estado de conservação da edificação e parâmetros para monitoramento dos danos, contribuindo para o desenvolvimento de ações de manutenção e para a preservação do patrimônio histórico edificado.

**Palavras-chave:** *Mapa de danos; edificações históricas; preservação do patrimônio; gestão da manutenção.*

**Referências**

BERSCH, J. D.; VERDUM, G.; GUERRA, F. L.; SOCOLOSKI, R. F.; GIORDANI, C.; ZUCCHETTI, L.; MASUERO, A. B. Diagnosis of Pathological Manifestations and Characterization of the Mortar Coating from the Facades of Historical Buildings in Porto Alegre — Brazil: A Case Study of Château and Observatório Astronômico. **International Journal of Architectural Heritage**, v. 15, n. 8, p. 1145–1169, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1080/15583058.2020.1771475. Acesso em: 11 jul 2025.

COSTA, L. V. B.; TEIXEIRA, B. C.; MONTEIRO, E. C. B.; SOARES, W. de A. Pathological manifestations on hospital unit facades: case study at the appointment center of the Oswaldo Cruz University Hospital, Recife – PE. **Revista Nacional De Gerenciamento De Cidades**, v. 12, n. 85, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.17271/23188472128520244863. Acesso em: 07 jul 2025.

NASCIMENTO, T. R. S. do; RODRIGUES, S. R. S.; BARRETO, L. M.; MONTEIRO, E. C. B.; SOARES, W. de A. Mapa de Danos de Fachadas de Edificações Históricas: Estudo de Caso da Igreja da Madre de Deus no Recife-PE. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 20, n. 2, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.17271/1980082720220245292. Acesso em: 03 jul 2025

ROCHA, E. de A.; CARNEIRO, A. M. P.; MONTEIRO, E. C. B. Termografia de infravermelho e mapa de danos na inspeção de uma igreja histórica em Olinda (PE). **Revista CPC**, v. 18, n. 35, p. 95–139, 2023. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/cpc/article/view/199385. Acesso em: 22 março 2025.

RODRIGUES, B. N.; FAVORETI, A. L. F.; BORGES, K.; GOMES, P. H.; DIONIZIO, R. F.; MENZORI, M; MOLINA, V. E. JR.; DEZEN-KEMPTER, E. Digital survey applied to the assessment of pathological manifestations in the architectural heritage of monte alegre in Piracicaba/SP, **Journal of Building Pathology and Rehabilitation**, v. 8, n. 60, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s41024-023-00306-1. Acesso em: 02 jul 2025.

SILVA, M. N. B. **Avaliação quantitativa da degradação e vida útil de revestimentos de fachada** – aplicação ao caso de Brasília/DF. 2014. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil) Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

VASCONCELOS, F. D. M.; GONZAGA, C. M. DO R.; MONTEIRO, E. C. B.; VASCONCELOS, B. M.; CRUZ, F. M. Identificação de manifestações patológicas através da elaboração de mapas de danos de fachadas de um prédio histórico da cidade do Recife, PE: Estudo de caso do Bloco A da Escola Politécnica de Pernambuco. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 20, n. 4, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.17271/1980082720420245160. Acesso em: 3 jul 2025.

# Diagnóstico de vazamentos visíveis e estimativa de perdas em edifícios do Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco: uma análise preliminar

**Alison Lopes da Silva, Universidade de Pernambuco (als@poli.br)**
**Simone Rosa da Silva, Universidade de Pernambuco (simonerosa@poli.br)**
**Karolina Ribeiro Soares dos Reis, Universidade de Pernambuco (krsr@poli.br)**
**Maria Eduarda Santos Magalhães, Universidade de Pernambuco (mesm1@poli.br)**

O consumo excessivo de água potável em edificações públicas está frequentemente associado à ocorrência de vazamentos e ao uso inadequado dos aparelhos hidrossanitários. A ausência de práticas sistemáticas de inspeção e manutenção preventiva nesses sistemas pode gerar perdas consideráveis, tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico. Considerando o perfil de uso contínuo das edificações administrativas, como é o caso dos prédios pertencentes ao Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco (TCE-PE), se faz necessária a adoção de estratégias eficazes de monitoramento e controle para garantir o uso eficiente da água. Nesse contexto, o uso de indicadores de perdas devido a manifestações patológicas, como os índices de perda e de vazamento, tem se mostrado uma ferramenta útil para quantificar o desperdício e apoiar ações corretivas e preventivas (Silva *et al*., 2018). O objetivo deste trabalho foi apresentar uma análise preliminar dos indicadores de perdas e vazamentos nos prédios da sede do TCE-PE e da Escola de Contas Públicas, com base em três meses iniciais de monitoramento, realizados por meio de vistorias em campo e inspeções nos aparelhos e instalações hidrossanitárias. A metodologia adotada neste estudo consistiu em três etapas principais: o cadastro dos equipamentos hidrossanitários existentes, a vistoria *in loco* da ocorrência de vazamentos visíveis e o cálculo dos indicadores de perdas de água. Inicialmente, foi realizado o levantamento cadastral em quatro edificações pertencentes ao TCE-PE, sendo três prédios da sede (Edifício Nilo Coelho, Edifício Dom Hélder e Edifício Rui Lins) e um da Escola de Contas Públicas Professor Barreto Guimarães, todos localizados no Recife. O cadastro contou com a identificação e quantificação dos pontos de consumo de água presentes em cada edificação, tais como torneiras, bacias sanitárias, chuveiros, mictórios e duchas. Em seguida, foram conduzidas vistorias mensais em cada edifício entre os meses de abril e junho de 2025, visando registrar, por meio de observação direta, as manifestações patológicas visíveis nos aparelhos hidrossanitários previamente cadastrados. As ocorrências foram registradas em fichas específicas desenvolvidas com base em Araújo (2004), ANA, FIESP e SINDUSCON (2005) e Gonçalves *et al*. (2005), com detalhamento do tipo e da intensidade do vazamento observado. A classificação do gotejamento em torneiras e chuveiros seguiu o método proposto por Oliveira (2002), por meio da contagem da frequência de gotas por minuto. A partir dessas informações, foram calculados dois indicadores: o Índice de Vazamento (IV), definido como a razão percentual entre o número de equipamentos com vazamento visível e o número total de equipamentos existentes, também separado por tipo de equipamento; e o Índice de Perdas Estimadas (IP), definido como o volume estimado de perda de água por dia associados a cada tipo de vazamento identificados nos edifícios analisados. As perdas estimadas de água foram obtidas com base em valores nominais diários atribuídos a cada tipo de vazamento, conforme literatura técnica especializada (Oliveira, 2002; Gonçalves *et al*., 2005; ANA; FIESP; SINDUSCON, 2005). O presente resumo apresenta os resultados parciais do estudo, que seguirá em andamento até dezembro de 2025, com previsão de novas vistorias e atualização dos indicadores ao longo do segundo semestre. Após o levantamento das instalações hidrossanitárias, constatou-se que a sede do TCE-PE possui 381 equipamentos distribuídos em três prédios e áreas externas (122 no Nilo Coelho, 211 no Dom Hélder e 48 no Rui Lins), enquanto a Escola de Contas Públicas conta com 42 equipamentos. Durante o período de monitoramento (abril a junho de 2025), os índices de vazamento na sede do TCE-PE apresentaram tendência geral de aumento, passando de 2,4% em abril para 5,0% em junho. Entre os prédios, observaram-se diferenças: o Dom Hélder registrou crescimento progressivo nos vazamentos (0,9% a 6,2%), o Nilo Coelho apresentou redução ao longo do

período (4,9% a 0,8%) e o Rui Lins teve variação oscilante, atingindo um pico de 10,4% em junho, valor superior ao índice geral da sede. Na Escola de Contas, os vazamentos foram esporádicos, ocorrendo apenas em maio e junho, com IV de 2,4% em cada mês. Para todos os prédios analisados, esses valores podem ser considerados baixos, o que é reflexo da manutenção preventiva realizada pela equipe do TCE-PE e da agilidade nas correções, viabilizadas por um sistema interno de comunicação de anomalias. Quanto ao tipo de equipamento, duchas e bacias sanitárias foram os mais afetados. Na sede do TCE-PE, bacias sanitárias apresentaram IV de 4,5% em abril, enquanto duchas registraram IV de 6,6% em maio e 16,4% em junho, abrangendo desde gotejamento até vazamentos na mangueira flexível e alimentação de água. Na Escola de Contas, os vazamentos pontuais ocorreram em uma ducha higiênica e uma bacia sanitária. As perdas estimadas de água (IP) variaram de acordo com o tipo e a frequência dos vazamentos observados. Na sede do TCE-PE, o volume diário perdido foi estimado em 644,72 L/dia em abril, aumentando para aproximadamente 720 L/dia em maio e reduzindo para 209,32 L/dia em junho, em função da natureza dos vazamentos. Entre os tipos observados, filetes em torneiras geraram perdas de 144 a 333 L/dia, enquanto filetes visíveis em bacias e mictórios causaram cerca de 144 L/dia, segundo os parâmetros usados por Silva *et al*. (2018). Esses resultados evidenciam que, embora o percentual geral de equipamentos com vazamento seja baixo, alguns aparelhos concentram perdas consideráveis, especialmente duchas e bacias sanitárias. Em conclusão, os resultados até o momento apontam para um crescimento progressivo dos vazamentos nos prédios analisados, com variações nas perdas estimadas associadas ao tipo de ocorrência observada. A análise de padrões, como a maior incidência em duchas higiênicas, contribuirá para o direcionamento de estratégias de manutenção preventiva e para o planejamento de campanhas de conscientização junto aos usuários.

**Palavras-chave:** *Perdas de água; vazamentos visíveis; indicadores; prédios administrativos.*

**Referências**

ANA - Agência Nacional de Água; FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP); SINDUSCON - Sindicato das Indústrias da Construção Civil. **Conservação e reúso da água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005. 151p.

ARAÚJO, L. S. M. **Avaliação durante operação dos sistemas prediais hidráulicos e sanitários em edifícios escolares**. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil. Campinas, 2004, 245p.

GONÇALVES, O. M *et al*. Indicadores de uso racional da água para escolas de ensino fundamental e médio. **Ambiente Construído**, v. 5, n. 3, p. 35-48, 2005.

OLIVEIRA, L. H. As bacias sanitárias e as perdas de água nos edifícios. **Ambiente Construído**, v. 2, n. 3, p. 39-45, 2002.

SILVA, S. R. *et al*. **Conservação de água em prédios públicos no município do Recife**: prédios públicos administrativos. 2 ed. Pernambuco: EDUPE, 2018.

# Identificação de áreas adequadas para implantação de ecoestações com base em pontos de descarte irregular no Cabo De Santo Agostinho/PE.

**Amanda Grazielle Rodrigues de Arruda, Universidade de Pernambuco (agra@poli.br)**
**Kalinny Patrícia Vaz Lafayette, Universidade de Pernambuco (klafayette@poli.br)**

O setor de construção civil é considerado uma opção para reaproveitar materiais reciclados, com a utilização de agregados reciclados (AR) que pode substituir materiais, como areia e cascalho, para reduzir o impacto ambiental (Bello; Calmon, 2024; Rashid; Williams, 2025). Porém a gestão ineficiente de Resíduos da Construção Civil (RCC) contribui para o aumento da pressão sobre os recursos naturais e para o agravamento de problemas ambientais, como poluição do solo, da água e da atmosfera (Yu et al., 2025). A utilização de geotecnologias são consideradas como ferramentas estratégicas no monitoramento, mapeamento e tomada de decisão voltada ao gerenciamento adequado destes materiais. Os softwares como o Quantum GIS (QGIS), aliado a estimativa de Densidade de Kernel (KDE), permitem identificar padrões espaciais de descarte irregular e zonas de maior vulnerabilidade socioambiental (Lima; Souza; Pontes, 2024; Pacheco-Torgal; Jalali, 2025). O objetivo deste estudo foi utilizar a ferramenta QGIS versão 3.42.3 e a análise de KDE como parte de um processo analítico, para mapear e avaliar os pontos de descarte irregular de RCC, visando identificar locais adequados para o recebimento, deposição e classificação dos resíduos. A partir dessa análise, buscou-se subsidiar a implementação de Ecoestações nos bairros do município do Cabo de Santo Agostinho/PE, tendo como critérios a densidade populacional, as condições logísticas e os aspectos sociais predominantes nessas regiões. Com isso, foram cadastrados 52 (cinquenta e dois) pontos de descarte irregular por meio de mapeamento utilizando o Global Positioning System (GPS), sendo mapeados nos bairros Engenho Ilha 18 pontos (34,62%), 17 pontos em Ponte dos Carvalhos (32,69%), 2 pontos em Bom Conselho (3,85%), 6 pontos no Distrito Industrial Santo Estevão (11,54%) e 9 pontos em Pontezinha (17,31%). Considerando-se uma zona de influência de 200 metros, procedeu-se à geração do mapa de densidade de Kernel para identificar as áreas com maiores concentrações de descartes irregulares. Foram propostos três locais estratégicos para a implantação de Ecoestações, avaliando as características geográficas utilizando um raio de abrangência de 1,5 km. Como resultados, foram selecionados os bairros de Ponte dos Carvalhos, Engenho Ilha e Pontezinha, os quais apresentaram maiores pontos de deposições irregulares, tendo em vista a relação entre a área impactada e a extensão territorial de cada setor urbano, como forma de otimizar a coleta seletiva, promover a triagem e a destinação ambientalmente adequada, além de fomentar práticas sustentáveis. Desta forma, verificou-se que uma análise espacial é uma ferramenta eficiente para o adequado planejamento ambiental e urbano, contribuindo para a tomada de decisões mais eficazes no gerenciamento dos resíduos.

**Palavras-chave:** *Resíduos; descarte irregular; ecoestações; planejamento urbano.*

**Referências**

BELLO, Lukas Bruno Damazio; CALMON, João Luiz. Avaliação do ciclo de vida de agregados reciclados aplicados a materiais de construção de base cimentícia. **Brazilian Journal of Production Engineering**, São Mateus, Espírito Santo, Brazil, v. 10, n. 2, p. 389–409, 2024.

LIMA, T. M.; SOUZA, R. C.; PONTES, D. A. Aplicação de SIG e Kernel Density para o mapeamento do descarte irregular de RCD em áreas urbanas. **Revista Brasileira de Geotecnologias Aplicadas**, v. 10, n. 1, p. 35–50, 2024.

PACHECO-TORGAL, F.; JALALI, S. Geospatial technologies applied to waste management in construction: advances and limitations. **Journal of Environmental Informatics**, v. 42, n. 1, p. 12–26, 2025.

RASHID, M. A.; WILLIAMS, S. The Role of Recycled Aggregates in Sustainable Concrete Production. **Construction and Building Materials Journal**, v. 314, p. 125–136, 2025.

YU, L.; GE, Q.; HAN, K.; JI, W.; LIU, Y. Designing optimal subsidy schemes and recycling plans for sustainable treatment of construction and demolition waste. **ArXiv**:2504.10955, 2025

# O uso da tecnologia de mapeamento acústico na definição da implantação de um edifício residencial próximo a fontes de ruído rodoviário

**José Victor P. S. Verissimo, Universidade de Pernambuco (victorpoliupe@gmail.com)**
**Yeda Vieira Póvoas, Universidade de Pernambuco (yvp@poli.br)**
**Willames de Albuquerque Soares, Universidade de Pernambuco (was@poli.br)**
**Angelo Just da Costa e Silva, Universidade de Pernambuco (angelo@tecomat.com.br)**

A poluição sonora tem se demonstrado ser um dos principais problemas dos centros urbanos no mundo atual em razão do rápido processo de urbanização das cidades afetando a saúde de seus habitantes. Agha *et al* (2017) também pontuam que com o crescimento da urbanização nas cidades modernas, as principais estradas e rodovias são construídas mais perto das residências, de tal modo que a mobilidade em torno das áreas residenciais está se tornando cada vez mais conveniente contribuindo para uma maior proximidade do transporte de veículos para os edifícios residenciais e, consequentemente, levando a um novo conjunto de problemas de ruído urbano para os residentes. Sabe-se que a poluição sonora ambiental é caracterizada por uma combinação de fontes sonoras distintas com destaque especial ao trânsito de veículos automotores por aumentarem o nível de ruído urbano e contribuírem para o surgimento de ambientes sonoros mais nocivos às pessoas (Guedes, 2005). Di *et al*. (2018) também afirmam que a poluição sonora gerada pelo tráfego veicular é um problema de saúde generalizado presente tanto em países em desenvolvimento como nos países desenvolvidos e que avaliar de forma rápida e eficaz a qualidade de um ambiente acústico urbano é um desafio importante para o planejamento urbano e para a gestão urbana. Neste sentido, o mapeamento acústico surge como uma ferramenta de planejamento e controle de ruído urbano bastante útil para auxílio nas decisões projetuais, apesar do seu ainda pouco uso como ferramenta no Brasil (Cortês e Niemeyer, 2013). Por isso, o objetivo deste trabalho é avaliar o uso da tecnologia de mapeamento acústico na definição da implantação de um edifício residencial próximo a fontes de ruído rodoviário. Procedeu-se com o mapeamento acústico de ruído rodoviário em dois cenários de implantação: cenário 1 com mapa acústico deste edifício afastado 40,0 m da via principal (rodovia estadual PE-22) e cenário 2 com mapa acústico deste mesmo edifício afastado 80,0 m desta mesma via. Para isso, fez-se uso de medições em campo de níveis de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A ($L_{Aeq}$) conforme a ABNT NBR 10151 (2019) em um ponto de medição localizado entre a PE-22 e a fachada mais próxima deste edifício, contagem do volume de tráfego veicular e de simulação computacional no software CadnaA. Para a avaliação dos resultados buscou-se analisar o valor de $L_{inc}$ (nível de pressão sonora incidente na fachada), ou seja, o valor de nível de pressão sonora proveniente da fonte de ruído (PE-22) que alcança a fachada mais próxima desta edificação. Destaca-se que, segundo a ABNT NBR 15575-4 (2021), valores de $L_{inc}$ inferiores ou iguais a 60 dB correspondem à classe de ruído 1 e ao critério da diferença de nível padronizada ponderada a 2 m de distância da fachada ($D_{2m,nT,w}$ ) de 20 dB para atendimento ao nível mínimo de desempenho acústico para o sistema de vedação vertical externa (SVVE), valores de $L_{inc}$ de 61 dB a 65 dB correspondem à classe de ruído 2 e ao critério de $D_{2m,nT,w}$ de 25 dB para atendimento ao nível mínimo de desempenho acústico e os valores de $L_{inc}$ de 66 dB a 70 dB correspondem à classe de ruído 3 e ao critério de $D_{2m,nT,w}$ de 30 dB também para atendimento ao nível mínimo de desempenho acústico. Como resultado, obteve-se para o cenário 1 um $L_{inc}$ de 67 dB correspondente à classe de ruído 3 e ao critério de $D_{2m,nT,w}$ de 30 dB, e para o cenário 2 obteve-se um $L_{inc}$ de 63 dB correspondente à classe de ruído 2 ao critério de $D_{2m,nT,w}$ de 25 dB. Conclui-se, portanto, que o afastamento de 40,0 m deste edifício em relação a fonte de ruído rodoviária (PE-22) foi responsável pela redução de 4 dB no $L_{inc}$ na sua fachada mais próxima à PE-22. Constata-se também que no cenário 1 esta mesma fachada está enquadrada

na classe de ruído 3 e que no cenário 2 ela está enquadrada na classe de ruído 2, ou seja, o afastamento deste edifício proporcionou uma redução da classe de ruído 3 para a classe de ruído 2, reduzindo o critério de isolamento acústico de $D_{2m,nT,w}$ de 30 dB para 25 dB. Esta redução do critério, por exemplo, pode favorecer principalmente os construtores na fase de aquisição de esquadrias de fachadas de menor custo. Por fim, observa-se que o uso da tecnologia de mapeamento acústico na definição da implantação de edifícios residenciais próximos a fonte de ruído rodoviário, principalmente na fase de projeto, foi eficaz, o que pode auxiliar os projetistas e construtores nas decisões de projetos que busquem alcançar os atendimentos exigidos pelas normas técnicas no que se refere ao desempenho e conforto acústicos das unidades habitacionais.

**Palavras-chave:** *Poluição sonora; ruído urbano; mapeamento acústico; planejamento urbano.*

**Referências**

AGHA, Apoorv; RANJAN, Rishabh; GAN, Woon-Seng. Noisy vehicle surveillance câmera: a system to deter noisy vehicle in smart city. **Applied Acoustics**, v. 117, p. 236-245, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151:** Acústica – medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4:** Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4: requisitos para os sistemas de vedações verticais externas - SVVE. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

CORTÊS, Marina M.; NIEMEYER, Maria Lygia. O potencial da utilização da ferramenta de mapa de ruído em diferentes escalas de análises. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, XII., **Anais [...]**. Brasília: ANTAC, 2013.

Di, Hui; LIU, Xingpeng; ZHANG, Jiquan; TONG, Zhijun; JI, Meichen; LI, Fengxu; FENG, Tianji; MA, Qing. Estimation of the quality of na urban acoustic environment based on traffic noise evaluation models. **Applied Acoustics**, v. 141, p. 115-124, 2018.

GUEDES, Italo César Montalvão. **Influência da forma urbana em ambiente sonoro: um estudo no bairro Jardins em Aracaju (SE)**. Dissertação – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2005.

# Avaliação de técnicas de caracterização aplicadas em alvenarias históricas com umidade ascensional: uma revisão sistemática da literatura

**Maria Eduarda Santana de Melo, Universidade de Pernambuco (mesm@poli.br)**
**Eudes de Arimatéa Rocha, Universidade de Pernambuco (eudes.rocha@poli.br)**
**Victor Marcelo Estolano Lima, Universidade de Pernambuco (vmel@poli.br)**

A umidade ascensional é reconhecida como uma das principais causas de degradação em alvenarias históricas, promovendo manifestações patológicas como eflorescências, desagregações e fissuras, que comprometem tanto o desempenho funcional quanto o valor patrimonial dos edifícios. Frente a esse desafio, torna-se essencial adotar diagnósticos mais precisos e compatíveis com a complexidade construtiva dessas edificações, preservando sua integridade durante todo o processo (Alexakis *et al.,* 2018). Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo identificar e analisar, por meio de uma revisão sistemática da literatura, as principais técnicas de caracterização avançada de materiais aplicadas ao diagnóstico da umidade ascensional em alvenarias históricas, bem como avaliar as contribuições dessas técnicas para a conservação do patrimônio edificado. A metodologia da revisão foi conduzida com base no protocolo PRISMA, utilizando oito bases de dados científicas e *strings* de busca específicos. Foram identificados 351 registros, dos quais 44 artigos foram incluídos na análise final, após triagens por duplicidade, leitura de resumos e leitura integral com critérios de inclusão e exclusão previamente definidos. A análise dos estudos revelou o uso recorrente de técnicas como termografia infravermelha (IRT), cromatografia iônica (IC), difração de raios X (DRX), microscopia eletrônica de varredura (MEV), porosimetria por intrusão de mercúrio (MIP) e ensaios físico-hídricos, como absorção capilar. Verificou-se que muitas dessas técnicas são aplicadas de forma combinada nos estudos, visando diagnósticos mais abrangentes e precisos. Enquanto a IRT se destaca pelo mapeamento não invasivo da umidade superficial (Litti *et al*., 2015) técnicas como IC e DRX permitem a identificação e a quantificação dos sais solúveis presentes nas alvenarias, fornecendo subsídios importantes sobre os mecanismos de degradação (Lopez-arce *et al*., 2009). A MEV, por sua vez, contribui com a visualização detalhada da microestrutura dos materiais, revelando fissuras e cristais de sais, enquanto a MIP quantifica a distribuição e o volume de poros, auxiliando na compreensão do comportamento higroscópico (Fragata e Velosa, 2021; Pavlík *et al*., 2022). A revisão também identificou técnicas emergentes, como tomografia de resistividade elétrica (ERT), espectroscopia de emissão óptica induzida por laser (LIBS) e sensores baseados em micro-ondas, que têm se mostrado promissoras no monitoramento não destrutivo e contínuo da umidade em profundidade. Apesar das contribuições relevantes, foram observadas limitações operacionais em várias técnicas, como necessidade de extração de amostras, sensibilidade a variáveis ambientais e necessidade de operadores especializados, o que reforça a importância de uma escolha criteriosa conforme o contexto da edificação. Os resultados apontam ainda para a carência de estudos em países da América Latina e da África. Dos 44 artigos incluídos na revisão sistemática da literatura, apenas 4,5% (n = 2) foram conduzidos por instituições da América Latina, e nenhum por instituições africanas, evidenciando a escassez de estudos nesses contextos. Conclui-se que a utilização integrada de técnicas de caracterização avançada amplia significativamente a capacidade diagnóstica e contribui para intervenções mais eficazes e compatíveis com os princípios da conservação preventiva. A principal contribuição deste estudo está na sistematização crítica das técnicas utilizadas, no esclarecimento de suas finalidades, limitações e aplicações, e na proposição de caminhos para futuras pesquisas voltadas ao aprimoramento das metodologias empregadas no diagnóstico da umidade ascensional em alvenarias históricas.

**Palavras-chave:** *Alvenarias históricas; caracterização avançada; umidade ascensional; conservação preventiva.*

**Referências**

ALEXAKIS, E. *et al.* NDT as a monitoring tool of the works progress and the assessment of materials and rehabilitation interventions at the Holy Aedicule of the Holy Sepulchre. **Construction and Building Materials**, v. 189, p. 512–526, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.09.007.

FRAGATA, A. VEIGA, R.; VELOSA, A. Performance of a salt-accumulating substitution lime render for salt laden historic masonry walls. **Heritage**, v. 4, p. 3879–3891, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3390/heritage4040212.

LITTI, G. *et al*. Hygrothermal performance evaluation of traditional brick masonry in historic buildings. **Energy and Buildings**, v. 105, p. 393–411, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.07.049.

PAVLÍK, Z. *et al*. Lightweight thermal efficient repair mortars with expanded glass (EG) for repairing historical buildings: The effect of binder type and EG aggregate dosage on their performance. **Energy and Buildings**, v. 276, p. 112526, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112526.

LOPEZ-ARCE, P. *et al*. Treatment of rising damp and salt decay: the historic masonry buildings of Adelaide, South Australia. **Materials and Structures**, v. 42, n. 7, p. 827–848, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1617/s11527-008-9427-1.

# Métodos de Reforço para Prédios tipo “Caixão” na RMR: Abordagem Integrada

**Isaac Sérgio Araújo de Brito, Universidade de Pernambuco (isab@poli.br)**
**Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani, Universidade de Pernambuco (emilia.rabbani@upe.br)**

Nos últimos anos, a Região Metropolitana do Recife (RMR) tem vivenciado episódios trágicos que expõem a fragilidade estrutural das alvenarias resistentes do tipo “caixão”: no Edifício Leme, em Olinda (2023), onde seis pessoas perderam a vida (Diário de Pernambuco, 2025), no desabamento parcial do bloco D7 do Conjunto Beira Mar, em Paulista (2023), com 14 vítimas fatais (Veras e Marinho, 2023), ocorrências que, somadas, totalizam 20 vítimas e evidenciam um padrão recorrente de colapso em edificações de mesma tipologia, e, mais recentemente, em Jaboatão dos Guararapes, em maio de 2025 (Henrique, 2025). Objetivos gerais: avaliar a eficácia de estratégias de reforço quanto à capacidade resistente e à resposta pós-fissuração em alvenarias do tipo “caixão”. Os objetivos específicos foram: (i) mapear, na Revisão Sistemática da Literatura (RSL), técnicas e materiais; (ii) ensaiar painéis representativos reforçados e não reforçados; (iii) quantificar carga de primeira fissura, carga máxima e capacidade residual; (iv) confrontar os resultados experimentais com a literatura. Metodologia (RSL): a revisão sistemática adotou a diretriz Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) PRISMA 2020 como padrão de relato, contemplando identificação, triagem, elegibilidade e inclusão. Definiram-se critérios de inclusão: estudos publicados entre 2014 e 2024, em texto completo, com descrição reprodutível de materiais e procedimentos e apresentação de métricas quantitativas de desempenho (carga de primeira fissura, carga máxima e comportamento pós-fissuração). Excluíram-se revisões sem dados primários, estudos sem detalhamento metodológico, sem métricas comparáveis ou duplicados. Procedeu-se à extração padronizada das variáveis (dados bibliométricos, materiais ensaiados, tipos de reforços e ganhos), à normalização dos resultados em relação ao painel de referência e à síntese descritiva com uso de ferramentas estatísticas. Metodologia (ensaios laboratoriais): Os ensaios foram realizados no laboratório de estruturas da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) ao qual construíram-se painéis de 600×1000×150 mm moldados in loco com blocos cerâmicos e argamassa industrializada, adotou-se um painel de referência sem reforço e os painéis com reforços empregados foram: revestimento argamassado de 20 mm (AR); barras de polímero reforçado com fibra de vidro (GFRP) de 8 mm instaladas pela técnica Near-Surface Mounted (NSM) (AG); barras de aço CA-50 de 8 mm instaladas pela técnica NSM (AS); e telas de GFRP incorporadas em camada de argamassa (AT). Ao qual procedeu-se a ensaios de compressão com instrumentação por célula de carga, extensômetro e inspeção visual contínua. Registraram-se carga de primeira fissura, carga máxima e capacidade residual pós-fissuração, definindo-se a ruptura por perda acentuada de rigidez e/ou esmagamento localizado. Resultados: a RSL incluiu 97 estudos sobre reforços em alvenarias não armadas, com destaque para compósitos cimentícios, como matriz cimentícia reforçada com têxteis (FRCM) e argamassa reforçada com fibras (FRM), e para reforços poliméricos, em especial polímero reforçado com fibras (FRP) e a técnica Near-Surface Mounted (NSM). Observou-se diversidade de protocolos de ensaio, materiais e parâmetros avaliados; autores como Hernoune *et al*. (2020) e Soleymani *et al*. (2023) detalharam barras de polímero reforçado com fibra de vidro (GFRP) via NSM, enquanto Aiello *et al*. (2007) e Menna *et al*. (2015) investigaram sistemas com telas de fibra de vidro incorporadas em matrizes cimentícias. Os resultados experimentais indicaram ganhos de resistência máxima à compressão de 74,7 % (AR), 113 % (AG), 130 % (AS) e 110 % (AT), além de incrementos de capacidade residual pós-fissuração de 5,8 % (AR), 128,1 % (AG), 150,9 % (AS) e 135 % (AT). Esses achados mostram que sistemas ancorados mecanicamente restauram reserva pós-crítica significativa e retardam o colapso sob

solicitações extraordinárias. Em termos práticos, as configurações NSM com barras de GFRP e de aço CA-50 apresentaram o melhor compromisso entre aumento de resistência e desempenho pós-fissuração, adequadas a reforços discretos; já as telas de fibra de vidro destacaram-se pela rigidez inicial, leveza e facilidade de execução, constituindo alternativa atrativa para situações de carregamentos essencialmente estáticos. Conclui-se que as técnicas NSM com GFRP, com ganhos médios de 113 % em resistência e de 128,1 % em capacidade residual pós-fissuração, com aço CA-50, com 130 % e 150,9 %, e com telas de fibra de vidro, com 110 % e 135 %, são recomendadas para a reabilitação de prédios caixão na RMR, por promoverem maior rigidez inicial, ampla reserva pós-crítica e ganhos de segurança e durabilidade.

**Palavras-chave:** *Prédio Caixão; Alvenaria não armada; Reforços em alvenarias; Segurança estrutural.*

**Referências**

AIELLO, Maria Anonietta; MICELLI, Francesco; VALENTE, Luca. Structural Upgrading of Masonry Columns by Using Composite Reinforcements. **Journal of Composites for Construction**, 11, 650-658, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0268(2007)11:6(650). Acesso em: 24. Jul. 2025.

DIARIO DE PERNAMBUCO. Região Metropolitana do Recife coleciona risco em habitações. **Diário de Pernmabuco,** 2023. Disponível em: https://www.diariodepernambuco.com.br/noticia/vidaurbana/2023/07/regiao-metropolitana-do-recife-coleciona-risco-em-habitacoes.html. Acesso em: 24. Jul. 2025.

GENIVALDO, Henrique. Prédio que desabou em Jaboatão não tinha histórico de rachaduras, diz Defesa Civil. **Folha de Pernambuco**: 2025 Disponível em: https://www.folhape.com.br/noticias/predio-desabamento-jaboatao/409309. Acesso em: 24 Jul. 2025.

HERNOUNE, Houria; BENABED, Benabed; KANELLOPOULOS, Antonios; Al-Zuhairi, Alaa Hussein; GUETTALA, Abdelhamid. Experimental and Numerical Study of Behaviour of Reinforced Masonry Walls with NSM CFRP Strips Subjected to Combined Loads. **Buildings**, v. 10, n. 6, p. 103, 31, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/buildings10060103. Acesso em: 24. Jul. 2025.

MENNA, Costantino; ASPRONE, Domenico; DURANTE, Massimo; ZINNO, Alberto; BALSAMO, Alberto; PROTA, Andrea. Structural behaviour of masonry panels strengthened with an innovative hemp fibre composite grid. **Construction and Building materials**, v. 100, p. 111-121, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.09.051. Acesso em: 24. Jul. 2025.

SOLEYMANI, Abed.; NAJAFGHOLIPOUR, Mohammad Amir; JOHARI, Ali; An experimental study on the mechanical properties of solid clay brick masonry with traditional mortars. **Journal of Building Engineering**, v. 58, p. 105057, out. 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105057. Acesso em: 24. Jul. 2025.

VERAS, P.; MARINHO, B. 14 mortos e 7 feridos: quem são as vítimas do desabamento de prédio no Grande Recife. **G1**: 2023 Disponível em: <https://g1.globo.com/pe/pernambuco/noticia/2023/07/09/14-mortos-e-7-feridos-quem-sao-as-vitimas-do-desabamento-de-predio-no-grande-recife.ghtml>. Acesso em: 24 jul. 2025.

# Inspeção de Fachadas de Patrimônio Histórico com VANTs: Diagnóstico de Patologias na Igreja Nossa Senhora do Carmo, Olinda-PE.

**Allefy Teles Sampaio, Universidade de Pernambuco (ats1@gmail.com)**
**Everson Silva de Albuquerque, Universidade de Pernambuco (esa1@poli.br)**
**Rômulo Pereira da Silva, Universidade de Pernambuco (romulo.p@live.com)**
**Willames de Albuquerque Soares, Universidade de Pernambuco (was@poli.br)**
**Eliana Cristina Barreto Monteiro, Universidade de Pernambuco/Universidade Católica de Pernambuco (eliana@poli.br)**

A preservação do patrimônio arquitetônico histórico é fundamental para a manutenção da identidade cultural, sendo regulamentada por diretrizes internacionais (UNESCO, 2013). Esta pesquisa desenvolveu e validou uma metodologia de inspeção baseada em Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) para mapeamento de manifestações patológicas em fachadas históricas, utilizando como estudo de caso a Igreja de Nossa Senhora do Carmo em Olinda, PE. O objetivo foi demonstrar a eficácia dos VANTs como ferramenta para diagnóstico detalhado e não invasivo, superando limitações dos métodos convencionais como dificuldades de acesso, riscos à segurança e subjetividade na avaliação. A metodologia estruturada iniciou-se com revisão bibliográfica sobre patrimônio histórico, técnicas de conservação e manifestações patológicas. A inspeção foi conduzida com VANT DJI Mini 3 em voos manuais sob condições climáticas favoráveis, capturando imagens de alta resolução das quatro fachadas. O desenho técnico foi desenvolvido no AutoCAD, seguido pelo mapeamento sistemático das patologias no GoodNotes, utilizando codificação por cores e hachuras. A análise estatística inferencial incluiu: cálculo da incidência total e percentual de cada patologia, quantificação por fachada, geração de gráficos em RStudio e cálculo da matriz de correlação de Pearson (α = 0,05), representada por mapa de calor. Os resultados revelaram distribuição variada das manifestações patológicas entre as orientações. A Fachada Norte registrou maior número absoluto (133 ocorrências), predominando sujidade (71) e destacamento de pintura (34), atribuído à exposição a fatores ambientais (Ferreira *et al.,* 2021). A Fachada Leste apresentou 121 ocorrências, com destacamento de pintura mais proeminente (53), além das maiores incidências de vegetação (25) e degradação de madeira (28). A Fachada Sul registrou 56 ocorrências, destacando-se trincas (19) e destacamento de pintura (18). A Fachada Oeste apresentou menor volume (51 ocorrências). Consolidando todas as fachadas, o destacamento de pintura foi a anomalia mais frequente (34,63% - 185 ocorrências), seguido por sujidade (25,76% - 138 ocorrências) e trincas (12,19% - 65 ocorrências). A presença de degradação de madeira, umidade e agentes biológicos sinalizou questões críticas relacionadas à gestão da água, fatores essenciais para a durabilidade dos materiais em edifícios históricos (Macedo *et al.,* 2018; Appleton, 2003). A análise de correlação de Pearson revelou relações significativas entre as patologias: a umidade apresentou correlações positivas muito fortes com trincas (0,88), agente biológico (0,88) e trincas estruturais (0,88), confirmando seu papel desencadeador (Espinosa; Franke; Deckelmann, 2008; Blocken; Derome; Carmeliet, 2013). O destacamento de pintura correlacionou-se fortemente com vegetação (0,96) e degradação de madeira (0,90). A sujidade demonstrou forte correlação com múltiplas trincas (0,99), sugerindo que superfícies com fissuras tendem a acumular mais sujeira (Flores-Colen; de Brito; Freitas, 2008; Souza *et al*., 2016). Uma correlação perfeita (1,00) entre agente biológico e trincas estruturais indicou que essas manifestações estão intrinsecamente ligadas. A metodologia demonstrou a complexidade dos processos de degradação nas fachadas, sendo as orientações Norte e Leste as mais afetadas. A análise de correlação forneceu insights sobre inter-relações entre manifestações patológicas, confirmando a umidade como fator de controle prioritário. A metodologia baseada em VANTs mostrou-se eficaz e não invasiva, otimizando a coleta de dados e superando limitações dos métodos convencionais. O estudo validou uma

abordagem robusta e quantitativa que aprimora o diagnóstico e apoia o desenvolvimento de planos de manutenção mais eficazes, contribuindo significativamente para a durabilidade e segurança do patrimônio arquitetônico.

**Palavras-chave:** *Patrimônio histórico; manifestações patológicas; inspeção de fachadas; VANT.*

**Referências**

APPLETON, J. ***Reabilitação de edifícios antigos:*** *patologia e tecnologias de intervenção.* Alfragide Amadora: Ed. Orion, 2003.

BLOCKEN, B.; DEROME, D.; CARMELIET, J. Rainwater runoff from building facades: a review. ***Building and Environment,*** [s. l.], v. 60, p. 339-361, 2013.

ESPINOSA, R. M.; FRANKE, L.; DECKELMANN, G. Phase changes of salts in porous materials: Crystallization, hydration and deliquescence. ***Construction and Building Materials***, [s. l.], v. 22, n. 8, p. 1758–1773, 2008.

FERREIRA, C. et al. Impact of environmental exposure conditions on the maintenance of facades' claddings. ***Buildings,*** Basel, v. 11, n. 4, p. 138, 2021.

FLORES-COLEN, I.; DE BRITO, J.; FREITAS, V. P. Stains in facades' rendering – Diagnosis and maintenance techniques' classification. ***Construction and Building Materials***, [s. l.], v. 22, n. 3, p. 211–221, 2008.

MACEDO, J. et al. Danos em edificações históricas: análise comparativa entre duas igrejas em Olinda-PE. In: CONFERÊNCIA SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE EDIFÍCIOS, 6., 2018, Rio de Janeiro. ***Anais* [...].** Rio de Janeiro: [s. n.], 2018.

SOUZA, C. F. N. et al. Aplicação da termografia na inspeção de fachadas de edificações históricas em madeira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES, 2016, [s. l.]. ***Anais* [...]**. [s. l.]: [s. n.], 2016.

UNESCO et al. **Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention.** Paris: UNESCO World Heritage Centre, 2013.

# Avaliação da confiabilidade de sensores de umidade de baixo custo aplicados ao monitoramento do jardim de chuva da Poli-UPE

**Jallisson Silva Vieira, Universidade de Pernambuco (jsv@poli.br)**
**Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral, Universidade de Pernambuco (Jaime.cabral@poli.br)**
**Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani, Universidade de Pernambuco (emilia.rabbani@upe.br)**

Medidas de controle de águas pluviais com Soluções baseadas na Natureza (SbN) estão sendo cada vez mais utilizadas para controlar o escoamento de águas de chuva nas cidades (Cheng *et al.*, 2024). Jardins de chuva, também conhecidos como células de biorretenção, são uma forma de SbN construídos como depressões rasas, vegetadas e infraestrutura modificada, atuando como medidas de controle descentralizadas em microescala para o gerenciamento de águas pluviais. Como uma estrutura de engenharia, os jardins de chuva coletam água da chuva de superfícies impermeáveis ou semipermeáveis, como telhados, ruas pavimentadas e estacionamentos. Dessa forma, eles podem ajudar a mitigar os efeitos negativos do escoamento superficial, aumentando a capacidade de retenção da bacia hidrográfica (Bąk e Barjenbruch, 2022) e minimizar o impacto ambiental negativo da rápida expansão urbana e das mudanças climáticas (Nguyen *et al.*, 2019). A crescente demanda por soluções sustentáveis de drenagem urbana tem impulsionado o uso de jardins de chuva, estruturas que favorecem a infiltração e retenção da água pluvial, contribuindo para o controle de alagamentos e a recarga de aquíferos. Neste contexto, a quantificação da umidade do solo em diferentes profundidades é essencial para avaliar o desempenho hidrológico dessas infraestruturas (Hess, Wadzuk e Welker, 2021). Este trabalho teve como objetivo avaliar a confiabilidade de sensores capacitivos de baixo custo na medição da umidade do solo, modelo SKU:SEN0193, abaixo da superfície de um jardim de chuva instalado experimentalmente na Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (Poli-UPE), com vistas à estimativa da eficiência de percolação da água no perfil do solo. O estudo foi conduzido com oito sensores capacitivos, os quais foram calibrados individualmente por meio de método gravimétrico. Para a calibração dos sensores, a amostra de solo foi coletada utilizando um trado no local onde está situado o jardim de chuva da Poli-UPE, latitude 9108614,0 m S e longitude 290206,0 m E, tendo textura franco arenoso, tendo em sua constituição 86,45% de areia, 4,51% de silte e 9,04% de argila, densidade real de 2,334 g/cm³ e umidade média de 8,3%. A amostra do solo foi seca em estufa por 24 horas e dividida em seis amostras com teores de umidade definidas em laboratório, a saber: 0%, 5%, 10%, 20%, 30% e 40%. Os sensores foram calibrados conforme indica o fabricante, expondo-os ao contato com o ar livre e mergulhado em água, obtendo-se assim os valores analógicos limites de saturação e não saturação. As leituras analógicas foram obtidas através da placa de prototipagem Arduino e o Arduino IDE versão 2.3.6 e eram convertidas em % a partir dos parâmetros limites de calibração. Cada um dos sensores foi posto em contato com as amostras de solo e tiveram sua leitura e umidade em percentual registrados. Para avaliar a distribuição dos dados de leitura dos sensores em relação à umidade volumétrica, foi aplicado o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov (KS), onde todos os sensores mostraram p-valores acima de 0,05, indicando que não há evidências suficientes para rejeitar a hipótese de normalidade, assim as leituras seguem uma distribuição aproximadamente normal. Foram obtidas curvas de regressão polinomial de segunda ordem para cada sensor, com valor médio da equação: $y = 0{,}0005x^2 - 0{,}4873x + 109{,}66$, onde x é a umidade gravimétrica e y a leitura analógica. O coeficiente de determinação médio ($R^2 = 0{,}8923$) indicou forte correlação entre as leituras analógicas dos sensores e os teores reais de umidade volumétrica do solo. Como medidas adicionais de desempenho, foram calculados o erro quadrático médio (Root Mean Squared Error - RMSE), que variou entre 48,07 e 61,65, e o coeficiente de variação (CV), com valores

entre 46,23% e 71,38%. A elevada magnitude do erro quadrático médio de cada sensor mostra que, mesmo após a calibração, os sensores mantêm um grau significativo de imprecisão sistemática em relação aos valores reais de umidade. Este comportamento limita sua aplicabilidade como instrumentos de medição absoluta. Já os altos coeficientes de variação indicam uma considerável instabilidade nas leituras, necessitando de estratégias de suavização ou filtragem dos dados (como médias móveis ou filtros exponenciais), especialmente em aplicações que demandam monitoramento contínuo. Diante desses resultados, conclui-se que, embora os sensores não apresentem precisão suficiente para medições absolutas de umidade do solo, eles podem ser empregados com relativa confiabilidade em estudos que envolvam análises comparativas ou monitoramento de tendências de variação da umidade ao longo do tempo na superfície do jardim, monitorando-se a evapotranspiração da camada superficial do mesmo.

**Palavras-chave:** *Jardim de chuva; sensor de umidade; Arduino; calibração.*

**Referências**

BĄK, Joanna; BARJENBRUCH, Matthias. Benefits, Inconveniences, and Facilities of the Application of Rain Gardens in Urban Spaces from the Perspective of Climate Change - A Review. **Water**, v. 14, n. 7, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3390/w14071153. Acesso em: 17 jul. 2025.

CHEN, Chi-Feng; CHEN, Yi-Wei; LIN, Cheng-Han; LIN, Jen-Yang. Field performance of 15 rain gardens in different cities in Taiwan. **Science of The Total Environment**, v. 947, ISSN 0048-9697, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174545. Acesso em: 18 jul. 2025.

HESS, Amanda; WADZUK, Bridget; WELKER, Andrea. Evapotranspiration estimation in rain gardens using soil moisture sensors. **Vadose Zone Journal**, v. 20, n. 1, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1002/vzj2.20100. Acesso em: 18 jul. 2025.

NGUYEN, Thu Thuy; NGO, Huu Hao; GUO, Wenshan; WANG, Xiaochang C.; REN, Nanqi; LI, Guibai; DING, Jie; LIANG, Heng. Implementation of a specific urban water management - Sponge City. **Science of The Total Environment**, v. 562, p. 147-162, ISSN 0048-9697, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.168. Acesso em: 15 jul. 2025.

# Avaliação de projeto de acessibilidade arquitetônica e informacional por meio da realidade virtual

**Rayssa Valéria da Silva, Universidade de Pernambuco (rvs1@poli.br)**
**Thomás Martins Leal, Universidade de Pernambuco (tml2@poli.br)**
**Bianca M. Vasconcelos Valério, Universidade de Pernambuco (bmvv@poli.br)**

A promoção da acessibilidade em ambientes construídos é um desafio multidisciplinar que envolve a integração de conhecimentos oriundos da arquitetura, do urbanismo, da engenharia, do design universal e das políticas públicas, exigindo uma abordagem colaborativa entre diferentes áreas do saber (Zallio; Clarkson, 2022). Embora o arcabouço legal e normativo venha se fortalecendo nas últimas décadas, inclusive com a ampliação de marcos regulatórios como a Convenção sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e a Lei Brasileira de Inclusão, as soluções efetivamente aplicadas ainda apresentam limitações no atendimento às demandas reais da população com deficiência (Bricout *et al.,* 2021). Essa distância entre o que é projetado e o que é, de fato, vivenciado pelos usuários é especialmente perceptível em contextos educacionais, onde a circulação plena, o acesso autônomo aos ambientes e a interação equitativa com os espaços físicos são elementos fundamentais para a promoção da inclusão acadêmica e social (Dudley *et al.,* 2023). Nesse contexto, tecnologias digitais, como a Realidade Virtual (RV), torna-se uma ferramenta para avaliação prévia e participativa da acessibilidade, permitindo que pessoas com deficiência e idosos vivenciem os projetos em simulações imersivas antes da execução física das obras (Zallio; Clarkson, 2022; Bricout *et al*., 2021). Neste estudo, foi desenvolvido um modelo tridimensional do campus da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI/UPE). A modelagem foi realizada com uso da tecnologia BIM (Building Information Modeling), por meio do software Revit® 2023, e posteriormente convertida para o motor gráfico Unreal Engine®, permitindo simulações imersivas em primeira pessoa com o uso do dispositivo Meta Quest 2®. O projeto foi concebido como um novo campus, remodelado e adequado a legislação mínima de acessibilidade exigida pelas normas regulamentadoras. A etapa prática da pesquisa envolveu 10 participantes, sendo 8 pessoas com deficiência (baixa visão, auditiva e física) e 2 idosos. Os testes foram realizados em laboratório, com rotas previamente definidas pela equipe técnica. Durante a experiência, os participantes exploraram virtualmente o campus, simulando deslocamentos comuns do cotidiano acadêmico. Os dados coletados revelaram que a imersão proporcionada pela RV permitiu identificar obstáculos frequentemente negligenciados nas etapas tradicionais de projeto. Entre os problemas apontados, destacam-se a má localização de mapas táteis, a baixa visibilidade das placas de sinalização e a presença de obstáculos físicos que interferem na fluidez do percurso e das áreas de lazer. Participantes com mobilidade reduzida também relataram dificuldades no manuseio dos controles do dispositivo de RV, o que ressalta a necessidade de adaptações inclusive nas ferramentas tecnológicas utilizadas em processos participativos (Pei *et al*., 2023; Pérez *et al*., 2022). A principal inovação do estudo reside na aplicação direta da RV como ferramenta de validação sensorial e funcional por parte dos próprios usuários. Diferentemente de outras iniciativas que focam apenas na conformidade normativa ou em simulações técnicas, este trabalho promoveu uma abordagem colaborativa e imersiva, com base na percepção dos sujeitos reais. Em conclusão, os resultados demonstram que a Realidade Virtual, quando aliada à modelagem BIM e à participação ativa dos usuários, representa uma ferramenta eficaz para identificação de barreiras arquitetônicas e

aprimoramento de soluções projetuais. A vivência prática com PcDs e idosos possibilitou insights valiosos e fortaleceu a importância de metodologias inclusivas no planejamento físico-espacial de ambientes, em destaque a instituições de ensino.

**Palavras-chave:** *Acessibilidade arquitetônica; realidade Virtual; tecnologias Imersivas; inclusão.*

**Referências**

BRICOUT, John C.; CHIU, Chun-Yi; LEE, Minjung; MAHMOOD, Moiz. Disability and virtual reality: expanding the frontiers of inclusion. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 16, n. 5, p. 533–540, 2021.

DUDLEY, Duncan; SMITH, Jamie; PARRY, Joanne. Virtual reality in sport and rehabilitation for people with disabilities. **Disability and Health Journal**, v. 16, n. 2, p. 101424, 2023.

PEI, Enrico; WONG, Derek; KONG, Michelle. Multisensory accessibility in immersive virtual environments: a user-centered approach. **Universal Access in the Information Society**, v. 22, p. 687–701, 2023.

PÉREZ, Diego; RAMOS, Javier; MARTÍN, Ana; SÁNCHEZ, Pablo. Universal design strategies for architectural accessibility assessment using AR/VR. **Applied Sciences**, v. 12, n. 11, p. 5612, 2022.

ZALLIO, Matteo; CLARKSON, P. John. Inclusion in the metaverse: opportunities and risks for accessibility in immersive digital spaces. **Interacting with Computers**, v. 34, n. 4, p. 483–500, 2022. DOI: https://doi.org/10.1093/iwc/iwac022.

# Análise da incidência e padrões de manifestações patológicas em função da altura de fachadas com revestimento cerâmico: estudo de caso

**Aristóteles Vinicius Souza de Andrade, Universidade de Pernambuco (avsa@poli.br)**
**Alberto Casado Lordsleem Júnior, Universidade de Pernambuco (acasado@poli.br)**
**Everton Gabriel Medeiros da Silva, Universidade de Pernambuco (egms@poli.br)**
**Willames de Albuquerque Soares, Universidade de Pernambuco (was@poli.br)**

As fachadas revestidas com cerâmica desempenham papel crucial no desempenho funcional, térmico e estético das edificações (Zheng *et al.*, 2024; Barrelas *et al.*, 2021). Contudo, são elementos suscetíveis ao surgimento de manifestações patológicas devido a falhas construtivas, ausência de manutenção e exposição a intempéries. Este estudo quantifica e analisa a incidência e a distribuição de manifestações patológicas em fachadas cerâmicas de 16 edifícios residenciais na cidade do Recife. A análise focou na variável "grupo de altura", categorizando os pavimentos em "baixa altura" (até 3º pavimento), "média altura" (4º ao 9º pavimento) e "grande altura" (a partir do 10º pavimento), com base na classificação de Yang *et al*. (2019). Os dados foram extraídos de registros de assistência técnica durante o período de garantia das edificações. Foi aplicada estatística descritiva para sumarizar os dados, apresentando a distribuição das incidências de manifestação patológica por tipo e por conjuntos de pavimentos, e estatística inferencial com o teste de aderência de Shapiro-Wilk utilizado para verificar se o conjunto de dados segue uma distribuição normal, teste de Kruskal-Wallis para analisar se existiram diferenças estatisticamente significativas entre os três conjuntos de pavimentos e o *post hoc* de Dunn para realizar comparações pareadas entre todos os grupos, identificando quais pares específicos de conjuntos de pavimentos diferiram significativamente em termos de incidências, sendo todos os métodos calculados a partir do *software* de análise de dados *R Studio*. Os resultados indicaram uma maior prevalência de manifestações patológicas nos pavimentos de grande altura, que concentraram 111 ocorrências, em contraste com 38 em média altura e 31 em baixa altura. A degradação das juntas foi o tipo mais recorrente, correspondendo a 102 registros (56,7% do total). A ausência de normalidade na distribuição dos dados foi confirmada pelo teste de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$ para todos os grupos), justificando o uso de testes não paramétricos. O teste de Kruskal-Wallis revelou diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ($p = 0,0165$). Subsequentemente, o teste *post hoc* de Dunn indicou que os pavimentos de grande altura apresentaram uma incidência significativamente maior de patologias em comparação aos grupos de baixa ($p = 0,031$) e média altura ($p = 0,049$). Como principal contribuição, a pesquisa evidencia a necessidade de estratégias específicas de manutenção, detalhamento construtivo e monitoramento de execução para fachadas de grandes alturas, visto que a maior incidência de manifestações patológicas foi evidenciada nesse grupo de altura.

**Palavras-chave:** *Fachadas; manifestações patológicas; revestimento cerâmico; manutenção predial.*

**Referências**

BARRELAS, J.; DIAS I. S.; SILVA A.; BRITO J.; FLORES-COLEN I.; TADEU A. Impact of Environmental Exposure on the Service Life of Façade Claddings: A Statistical Analysis; **Buildings**, [s. l.], v.11, n. 12, 2019. DOI: ttps://doi.org/10.3390/buildings11120615

YANG, J.; JIN, S.; XIAO, X.; JIN, C.; XIA, J. C.; LI, X.; WANG, S. Local climate zone ventilation and urban land surface temperatures: towards a performance-based and wind-sensitive planning proposal in megacities. **Sustainable Cities and Society**, [s. l.], v. 47, 2019.

ZHENG, S.; ZHANG, J.; ZU, R.; LI, Y. Vision transformer-enhanced thermal anomaly detection in building facades through fusion of thermal and visible imagery. **Journal of Asian Architecture and Building Engineering**, [s. l.], v. 24, n. 4, p. 1-15, 2024. DOI: 10.1080/13467581.2024.2379866

# A viabilidade econômica e ambiental da substituição parcial do cimento por pó da concha do sururu (*Mytella falcata*) na produção de compósitos cimentícios

**Olga Letícia Dias dos Santos, Universidade de Pernambuco (olds@poli.br)**
**Emilia Rahnemay Kohlman Rabbani, Universidade de Pernambuco (emilia.rabbani@upe.br)**
**Willames de Albuquerque Soares, Universidade de Pernambuco (was@poli.br)**
**Luka Monday, Universidade de Pernambuco (lm@poli.br)**
**Maria Helena de Sousa, Universidade Federal de Pernambuco (helena.sousa@ufpe.br)**

A indústria da construção civil é um dos setores que mais impactam o meio ambiente, sendo responsável por consumir mais da metade dos recursos naturais globais e por aproximadamente 34% das emissões de dióxido de carbono ($CO_2$) em 2023 (UNEP, 2025). Dentro desse setor, a produção de cimento destaca-se como a quarta maior fonte de emissões de $CO_2$, contribuindo com cerca de 5% a 7% do total global. (Wu; Lu; He, 2024; Soltanzadeh *et al.*, 2021). Outra problemática ambiental é o descarte inadequado de resíduos, como o grande volume de conchas gerado pela pesca artesanal, causando problemas socioambientais significativos, incluindo poluição visual, assoreamento de rios e prejuízos à saúde pública (Luo *et al.,* 2024). Nesse contexto, a substituição parcial do cimento por pó de concha (composto principalmente por carbonato de cálcio) surge como uma alternativa promissora e sustentável. Estudos demonstram que essa abordagem pode reduzir o consumo de cimento, diminuir os custos de produção, melhorar as propriedades do concreto e, ao mesmo tempo, promover a gestão sustentável de resíduos marinhos. (Soltanzadeh *et al.,* 2021; Lertwattanaruk *et al.*, 2012; Luo *et al.,* 2024; Shao *et al.,* 2024). De acordo com Know e Wang (2024), os resultados das pesquisas indicam que a emissão de $CO_2$ do cimento é 0,86 (kg/kg), do pó de concha é 0,001784 (kg/kg), da água é 0,000196 (kg/kg) e da areia 0,003 é (kg/kg). Diante do exposto, foram realizadas buscas por artigos que quantificasse em kg/m³ as emissões em compósitos cimentícios com substituição parcial do cimento por pó de concha e outras substâncias, selecionados cinco artigos científicos (Hadjadj *et al.,* 2024; Han; Lin; Wang, 2022a; Han; Lin; Wang, 2022b; Know; Wang, 2024; Soltanzadeh *et al*., 2021), e extraídas 71 observações. Para avaliar o impacto da substituição, foi feita uma análise estatística utilizando um modelo de regressão linear múltipla. O objetivo foi medir como as quantidades em kg/m³ de cimento, pó de concha e outros materiais (variáveis explicativas) afetaram no percentual de redução de emissão de $CO_2$ (variável dependente). Os resultados mostram que o modelo explica cerca de 45% da variação na redução de $CO_2$. A análise concluiu que, embora o aumento na quantidade de cimento eleve as emissões, a presença de pó de concha na mistura contribui para uma diminuição significativa. A contribuição é de aproximadamente 12,1% de $CO_2$ por kg/m³ adicionado, um percentual notavelmente maior do que os 5% de diminuição observados com a adição de outros materiais. Recomenda-se, em pesquisas futuras, a realização de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) voltada para a análise do impacto ambiental e econômico da substituição parcial do cimento por pó de concha de sururu, contemplando a avaliação das emissões de $CO_2$ em misturas cimentícias com diferentes percentuais de substituição. Além disso, sugere-se a aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), conforme as normas NBR ISO 14040 (ABNT, 2014a) e NBR ISO 14044 (ABNT, 2014b), de modo a mensurar o desempenho ambiental dos produtos de todo o seu ciclo de vida, desde a extração até a disposição final, permitindo assim a comparação de soluções alternativas mais sustentáveis (Soltanzadeh *et al*., 2020). Propõe-se por fim, a avaliação dos impactos ambientais e econômicos da substituição parcial do cimento por pó de concha de sururu na comunidade Ilha de Deus, em Recife, ao utilizá-lo na produção de compósitos cimentícios (pasta, argamassa ou concreto) em teores de 5%, 10% e 15%). Este projeto está alinhado aos

Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, ODS 12 (Consumo e produção responsáveis), o ODS 9 (Indústria e inovação), ODS 11 (Cidades e comunidades sustentáveis) e o ODS 13 (Ação contra a mudança climática), ao propor o uso do pó de concha de sururu como solução econômica e ambientalmente viável para o setor da construção.

**Palavras-chave:** *avaliação do ciclo de vida; compósitos cimentícios; casca de concha; redução na emissão de $CO_2$.*

**Referências**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14040**: gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida: Princípios e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2014a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14044**: Gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida: Requisitos e orientações. Rio de Janeiro: ABNT, 2014b.

HADJADJ, M.; GUENDOUZA, M.; BOUKHELKHALA, D. The effect of using seashells as cementitious bio-material and granite industrial waste as fine aggregate on mechanical and durability properties of green flowable sand concrete. **Journal of Building Engineering**, v. 87, p. 108968, 2024.

HAN, Y.; LIN, R.; WANG, X. Performance of sustainable concrete made from waste oyster shell powder and blast furnace slag. **Journal of Building Engineering**, v. 47, p. 103918, 2022a.

HAN, Y.; LIN, R.; WANG, X.-Y. Sustainable mixtures using waste oyster shell powder and slag instead of cement: Performance and multi-objective optimization design. **Construction and Building Materials**, v. 348, p. 128642, 2022b.

KNOW, S.-J.; WANG, X.-Y. A Hydration-Based Integrated Model to Evaluate Properties Development and Sustainability of Oyster Shell Powder–Cement Binary Composites. **Buildings**, v. 14, p. 1578, 2024.

LERTWATTANARUK, P; MAKUL, N; SIRIPATTARAPRAVAT, C. Utilization of ground waste seashells in cement mortars for masonry and plastering. **Journal of Environmental Management**, v. 111 p. 133–141, 2012.

LUO, K.; ZHANG, M.; JIANG, Q.; WANG, S.; ZHUO, X. Evaluation of using oyster shell as a complete replacement for aggregate to make eco-friendly concrete. **Journal of Building Engineering**, v. 84, p. 108587, 2024.

SHAO, S.; ZHU, H.; GUO, M.; ZHANG, Y. Application of waste oyster shells in construction: Overview, constitutive modeling, and life cycle assessment. **Journal of Building Engineering**, v. 87, p. 1578, 2024.

SOLTANZADEH, F.; BEHBAHANI, A. E.; PEREIRA, E. N.; TEIXEIRA, C. A. A life-cycle approach to integrate environmental and mechanical properties of blended cements containing seashell powder. **Sustainability**, v. 13, p. 13120, 2021.

UNEP. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. 2025. **Global Status Report for Buildings and Construction 2024/2025:** Not just another brick in the wall-The solutions exist. Scaling them will build on progress and cut emissions fast. Paris, 2025.

WU, Y.; LU, J.; N.; HE, W. Effect of seashell powder as binder material on the performance and microstructure of low-carbon sustainable alkali-activated concrete. **Journal of Building Engineering,** China, v. 90, p. 109442, 2024.

# Caracterização química e mineralógica com reconstituição de traço em argamassas históricas do século XVII do convento franciscano de Ipojuca/PE

**Micael Justino, Universidade de Pernambuco (mjsj@poli.br)**
**Yeda Póvoas, Universidade de Pernambuco (yvp@polo.br)**
**Valdecir Quarcioni, Instituto de Pesquisas Tecnológicas (quarciva@ipt.br)**
**Raphael Britto, Universidade de Pernambuco (rbml@poli.br)**

De acordo com Cardani e Binda (2013), um edifício histórico integra frequentemente diferentes tipos de alvenaria, texturas e características, sobretudo no que concerne às argamassas. Autores como Laycock *et al.* (2019) afirmam que a composição das argamassas históricas é uma ferramenta importante para obter informação sobre a evolução histórica de um monumento. Moropoulou, Bakolas e Bisbikou (2000) definem argamassas históricas como sistemas complexos, compostos por ligantes aéreos ou hidráulicos, agregados e aditivos. Por guardar tantos valores culturais, históricos e científicos, os restauros de argamassas históricas não podem ser realizados sem uma criteriosa análise do material original. A ausência de critérios analíticos pode levar a intervenções inadequadas e incompatíveis com as estruturas históricas. Dessa forma, fez-se necessário proceder a caracterização detalhada que leva em conta a estrutura da argamassa histórica, ou seja, o aspecto tátil visual e o comportamento físico-mecânico disponível. Fundado e construído pela ordem franciscana, o complexo que é objeto desse estudo de caso, é composto por igreja e convento. O Convento de Santo Cristo de Ipojuca tem sua fundação datada de meados de 1606, de acordo com o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN, 1937). O objetivo deste trabalho é a caracterização química e mineralógica de exemplares de argamassas históricas coletados no convento franciscano localizado na cidade de Ipojuca, estado de Pernambuco, nordeste do Brasil. Dessa forma, essa investigação tornou possível levantar as primeiras hipóteses referente aos materiais que compõe essas argamassas históricas, de forma a contribuir para futuras intervenções. Para tanto, foram realizadas coletas de amostras *in loco* para a realização de análise química por via úmida, de acordo com o Método IPT (IPT, 1940) além de ensaios de termogravimétrica (TGA). O Método IPT (IPT, 1940) para caracterização de argamassa consiste em submeter uma amostra do material devidamente preparado para a análise química completa para determinação dos constituintes majoritários presentes da fração ligante, que são dados relevantes para se calcular o traço ou obter a proporção de mistura da argamassa**.** O método permite assim determinar o teor de agregado na forma de resíduo insolúvel (RI) e os ligantes na forma de íons solubilizados, cujos resultados são expressos em óxidos correspondentes: sílica ou anidrido silícico ($SiO_2$), óxido de cálcio (CaO), óxido de magnésio (MgO) e óxidos de ferro e alumínio ($R_2O_3$). Na fração volátil determina-se a umidade (UM), perda ao fogo a 1000°C (PF) e anidrido carbônico ($CO_2$). Para o cálculo do traço de uma argamassa é necessário dispor de maior detalhamento da sua composição. Com essa finalidade procedeu-se também a análise termogravimétrica com base em diretrizes gerais da ASTM E794 (ASTM, 2018). Condições de ensaio empregadas: faixa de temperatura de 20ºC a 1000ºC; a velocidade de aquecimento da amostra de 10°C/min; gás de arraste nitrogênio. Visando-se classificar a natureza do ligante, procedeu-se os cálculos do índice de hidraulicidade e o índice de cimentação conforme a classificação de cales proposta por Guimarães (1997). Os resultados apontam a presença de cal tipo hidráulica nas argamassas AM1 I e AM4 I classificadas como “eminentemente hidráulicas”. As amostras AM2 E, AM3 E e AM5 E são as mais ricas em CaO e em MgO o que denota presença acentuada de cal magnesiana (tipo cal aérea). Os teores mais elevados de sílica solúvel ou dióxido de silício ($SiO_2$) verificou-se nas argamassas “eminentemente hidráulicas” AM1 I e AM4 I,

respetivamente de 2,13% e 2,30%, sendo provável que são originários de silicatos dicálcicos das cales. Os teores elevados de resíduo insolúvel (RI) são indicativos da predominância do uso de areia do tipo quartzosa, especialmente nas argamassas AM1 I e AM4 I, respectivamente, teores de RI de 90,4% e 90,2%. Nas demais argamassas, em que se empregou cal aérea, os teores de RI são inferiores, coerente com maiores teores de PF e $CO_2$ vinculados aos traços mais ricos (em ligante) das argamassas AM2 E, AM3 E e AM5 E em comparação com as argamassas com cal hidráulica. A composição química e os teores apresentados apontam as argamassas AM1I e AM4I compostas por cal hidráulica. A mesma análise permite classificar as amostras AM2E, AM3E e AM5E compostas por cal aérea magnesiana. As amostras internas AM1I e AM4I possuem traços (proporção ligante: agregado) muito semelhantes 1:8,1 e 1:7,5, respectivamente. As amostras externas AM2E, AM3E e AM5E possuem os seguintes traços (proporções ligantes: agregado) 1:3, 1:3,2 e 1:5,8 valores comumente encontrados em argamassas históricas. Os resultados apresentados podem oferecer contribuição significativa na confecção de argamassa de restauro compatível com os materiais originais presentes na edificação histórica, evitando-se retrabalhos ou manifestações patológicas que descaracterizem o monumento. Vale ressaltar que não foi realizada caracterização dos agregados silicosos.

**Palavras-chave:** *restauração; argamassa histórica; caracterização química e mineralógica; reconstituição do traço.*

**Referências**

CARDANI, G.; BINDA, L. Guidelines for the masonry quality evaluation in built heritage. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE BUILT HERITAGE 2013: MONITORING CONSERVATION MANAGEMENT. **Proceedings**. Milan, Italy, 2013. Disponível em: https://www.centrobeniculturali.polimi.it/contents/attachments/project_15/BH%202013%20Cardani%20Binda%202013.pdf. Acesso em: 20 out. 2024.

LAYCOCK, E. A. *et al.* An investigation to establish the source of the Roman lime mortars used in Wallsend, UK. **Construction and Building Materials**, v. 196, p. 611-625, 2019.

MOROPOULOU, A.; BAKOLAS, A.; BISBIKOU, K. Investigation of the technology of historic mortars. **Journal of Cultural Heritage**, v. 1, n. 1, p. 45-58, 2000.

IPHAN. INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. **Lista de bens tombados**. 1937. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Lista%20Bens%20Tombados%20por%20Estado.pdf. Acesso em: 20 out. 2024.

IPT. INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Método "Reconstituição do traço do concreto". Métodos de análises químicas adotados no IPT. **Boletim IPT N.º 25**, setembro 1940, São Paulo, p. 75-84.

ASTM. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E794.** Standard test.
GUIMARÃES, J. E. P. **A cal**: fundamentos e aplicações na engenharia civil**.** Editora Pini, 1997.

# Protocolo de verificação da qualidade da informação BIM para orçamentação: diretrizes baseadas na NBR ISO 19650

**Ranielle Lopes dos Santos, Universidade de Pernambuco (rls@poli.br)**
**Bianca Maria Vasconcelos, Universidade de Pernambuco (bianca.vasconcelos@upe.br)**

A adoção do Building Information Modeling (BIM) na indústria da construção tem promovido avanços na forma de gerenciar informações ao longo do ciclo de vida dos empreendimentos. O uso do BIM demanda uma gestão da informação integrada, uma vez que os modelos passam a concentrar os dados informacionais do projeto, evidenciando a importância de que os agentes envolvidos estabeleçam diretrizes internas e cláusulas contratuais claras para assegurar sua aplicação eficiente (Alotaibi *et al*., 2024). Segundo Tsay *et al*. (2023), a análise de mais de dois mil registros de não conformidade revelou que inconsistências e falhas na estruturação das informações dificultam a utilização dos modelos no gerenciamento de facilities (FM) e afetam negativamente a confiabilidade dos processos de orçamentação. Rashidi *et al.* (2024) investigaram a utilização dessa tecnologia na estimativa de custos durante a fase pré-licitatória de projetos executados no Irã. Verificou-se que, apesar de o BIM trazer celeridade na elaboração orçamentária e melhorar a precisão, grande parte dos modelos analisados necessitaram de informações para permitir a extração automática de quantitativos. A presença de dados incompletos, propriedades inconsistentes e ausência de requisitos informacionais mínimos compromete a acuracidade das estimativas e a confiabilidade na extração automatizada de quantitativos. Nesse contexto, a norma ABNT NBR ISO 19650 oferece diretrizes para a gestão da informação em ambientes colaborativos, sendo referência para o estabelecimento de processos padronizados. Pan *et al.* (2024) ressaltam que a norma exerce um papel essencial na gestão eficaz das informações em ambientes BIM. Além disso, a especificação técnica *Information Delivery Specification* (IDS), aprovada pela *buildingSMART* em 2024, surge como uma ferramenta para formalizar e automatizar requisitos informacionais em modelos BIM por meio de arquivos em formato XML legível por máquinas, viabilizando a verificação automatizada conforme níveis de desenvolvimento (LOD) e aplicações específicas (Buildingsmart International, 2024). Sendo assim, o objetivo deste trabalho é propor um protocolo de verificação da qualidade da informação em modelos BIM voltados à orçamentação, com base na NBR ISO 19650. A metodologia desta pesquisa baseia-se em uma adaptação do Design Science Research (DSR), conforme proposto por Vaishnavi e Kuechler (2011), utilizando o ciclo de design como estrutura central para o desenvolvimento e validação de um artefato aplicado à prática. O ciclo é composto por cinco etapas: (i) consciência do problema, (ii) sugestão, (iii) desenvolvimento, (iv) avaliação e (v) elaboração do *framework*. A primeira etapa consistiu na realização de uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de estabelecer uma base teórica sólida. Foram explorados três eixos centrais: *Building Information Modeling* (BIM), gestão da qualidade do processo de projeto (design management) e a norma ISO 19650, buscando identificar o estado da arte e as principais lacunas na integração desses temas. Na fase de sugestão, foram analisados 25 orçamentos reais fornecidos por uma empresa da construção civil da região Nordeste do Brasil. Esses orçamentos subsidiaram a construção de uma Estrutura Analítica do Projeto (EAP) voltada à orçamentação, considerando classificações compatíveis com o SINAPI e com ferramentas BIM. A EAP resultante definiu os grupos de elementos modeláveis e os parâmetros informacionais mínimos exigidos para viabilizar a quantificação automatizada e a associação a composições de custo. Além disso, foram selecionados 10 modelos BIM em formato IFC, correspondentes às disciplinas de arquitetura e estrutura, vinculados aos orçamentos que possuíam modelagens disponíveis. Esses modelos foram analisados quanto à organização e presença dos

parâmetros definidos na EAP. Também foi realizada uma análise normativa da ABNT NBR ISO 19650, buscando compreender sua relação com os processos de orçamentação, bem como um levantamento documental de guias e normas nacionais e internacionais que pudessem subsidiar a estruturação do framework.Com base nessas análises, iniciou-se a fase de desenvolvimento, com a criação de arquivos *Information Delivery Specification (*IDS) que consolidam os requisitos informacionais identificados, formalizando critérios técnicos para avaliação dos modelos. Na etapa de avaliação, os mesmos 10 modelos analisados serão utilizados para a aplicação prática do artefato desenvolvido, com o objetivo de verificar sua efetividade na identificação de não conformidades e na validação automatizada das informações. Serão avaliados aspectos como a aderência dos modelos aos requisitos da EAP, às normas aplicáveis e aos parâmetros definidos nos arquivos IDS. Por fim, a etapa de elaboração do framework apresentará os resultados obtidos com a aplicação do artefato, discutindo suas contribuições para a melhoria da qualidade da informação nos modelos BIM voltados à orçamentação e sua aplicabilidade prática no setor da construção civil. Os resultados esperados ao final da pesquisa incluem o desenvolvimento de um framework prático de verificação da qualidade da informação em modelos BIM das disciplinas de arquitetura e estrutura, com foco na orçamentação na fase de entrega do ativo. Espera-se que esse framework, fundamentado na norma ABNT NBR ISO 19650 e operacionalizado por meio de arquivos IDS, permita a formalização e a verificação automatizada de requisitos informacionais mínimos necessários à extração confiável de quantitativos.

**Palavras-chave:** *Auditoria; verificação da qualidade; custo; gestão da informação.*

**Referências**

ALOTAIBI, B. S. *et al.* Building information modeling (BIM) adoption for enhanced legal and contractual management in construction projects. **Ain Shams Engineering Journal**, v. 15, e102822, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.102822. Acesso em: jun. 2024.

BUILDINGSMART INTERNATIONAL. **IDS** – Information Delivery Specification. [S.l.]: buildingSMART, 2024. Disponível em: https://www.buildingsmart.org/ Acesso em: jun. 2024.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JUNIOR, J. A. V. **Design science research**: a method for science and technology advancement. Cham: Springer, 2015.

PAN, Y. *et al*. The role of ISO 19650 in information management effectiveness in BIM-based environments. **Automation in Construction**, v. 164, 105000, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105000. Acesso em: jul. 2024.

RASHIDI, A. *et al*. Applying Building Information Modelling (BIM) Technology in Pre-Tender Cost Estimation of Construction Projects: A Case Study in Iran. **Buildings**, v. 14, n. 5, p. 1260, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.3390/buildings14051260. Acesso em: ago. 2024.

TSAY, G. S. *et al*. BIM for FM: understanding information quality issues in terms of compliance with owner's Building Information Modeling Requirements. **Built Environment**, v. 9, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fbuil.2023.1117066. Acesso em: jul. 2024.

# Análise da resistência de compressão axial do concreto permeável com aditivo promotor de resistência

**Jefferson Simões da Silva, Universidade de Pernambuco (jeffersonsimoes.engcivil@gmail.com)**
**Yêda Vieira Póvoas, Universidade de Pernambuco (yedavp@upe.br)**

A crescente urbanização desordenada tem intensificado a impermeabilização do solo nas cidades, contribuindo significativamente para a ocorrência de inundações e agravando os impactos ambientais nos centros urbanos (Mehta; Monteiro, 2008). Nesse contexto, o concreto permeável se apresenta como uma alternativa eficaz para a drenagem urbana, ao permitir a percolação da água por sua estrutura porosa (Tennis *et al*., 2004). No entanto, sua elevada porosidade compromete a resistência mecânica, restringindo sua aplicação em áreas sujeitas a tráfego intenso. Diante desse desafio, este trabalho teve como objetivo analisar experimentalmente a influência de um aditivo promotor de resistência nas propriedades físico-mecânicas do concreto permeável, verificando sua viabilidade técnica para uso em pavimentos urbanos com maiores exigências estruturais. O aditivo utilizado é de base mineral, composto por minerais leves de sódio (38,15%), polímero catalisador (5,81%), solução fúngica (0,03%) e água (56,01%). Sua função principal é promover ganho de resistência mecânica por meio da redução da porosidade e melhoria das ligações na matriz cimentícia. A pesquisa foi conduzida com base na produção de quatro traços distintos de concreto, variando os teores de aditivo (0%, 1%, 3% e 5%) em relação à massa de cimento, mantendo constante a relação água/cimento em 0,25. Os corpos de prova, com dimensões de 10 × 20 cm, foram moldados manualmente, adensados por compactação e curados segundo os parâmetros estabelecidos pela norma NBR 16416 (ABNT, 2015). Os ensaios de resistência à compressão axial foram realizados conforme a NBR 5739 (ABNT, 2018), nas idades de 7 e 28 dias. Os resultados demonstraram que a incorporação do aditivo proporcionou um ganho progressivo de resistência à compressão, com destaque para o traço com 5%, que alcançou médias de 17,88 MPa aos 7 dias e 38,22 MPa aos 28 dias — valores que não apenas superam os limites mínimos normativos, como também se aproximam da resistência de concretos convencionais utilizados em pavimentos de tráfego intenso (Mehta; Monteiro, 2008). A análise estatística dos dados, realizada por ANOVA, confirmou diferenças significativas entre os traços testados ($p < 0,0001$), evidenciando que a adição do aditivo exerceu influência estatisticamente relevante nos resultados. Essa análise permite afirmar com maior robustez que o efeito observado não se deve ao acaso, validando a eficácia da dosagem. Conclui-se que o uso desse aditivo representa uma solução viável e eficiente para o aprimoramento do concreto permeável, ampliando suas possibilidades de aplicação estrutural sem comprometer sua funcionalidade hidráulica. A pesquisa reforça o papel dos aditivos promotores de resistência no desenvolvimento de soluções técnicas que aliam desempenho mecânico, durabilidade e benefícios ambientais para a infraestrutura urbana.

**Palavras-chave:** *concreto permeável; resistência à compressão; aditivo promotor de resistência; pavimentação urbana.*

**Referências**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739:** Ensaio de compressão em corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16416:** Pavimento permeável de concreto: requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concrete, Microstructure, Properties and Materials**. São Paulo: IBRACON, 2008.

TENNIS, P. D.; LEMING, M. L.; AKERS, D. J. **Pervious concrete pavements.** Skokie, Illinois: Portland Cement Association, 2004.

# Avaliação e propostas para sistemas de ancoragem em edifício residencial em Fortaleza

**Allefy Teles Sampaio, Universidade de Pernambuco (ats1@gmail.com)**
**Vinícius Francis Braga de Azevedo, Universidade de Pernambuco (vinicius.francis.ba@gmail.com)**
**Felipe Mendes da Cruz, Universidade de Pernambuco (felipemendesslsht@poli.br)**
**Eliana Cristina Barreto Monteiro, Universidade de Pernambuco/Universidade Católica de Pernambuco (eliana@poli.br)**
**Bianca M. Vasconcelos, Universidade de Pernambuco (bianca.vasconcelos@upe.br)**

Este trabalho tem por objetivo avaliar o estado de integridade, conformidade e desempenho de sistemas de ancoragem, que são dispositivos para trabalhos em altura, empregados em uma edificação de Fortaleza, à luz das exigências normativas e dos requisitos de gestão de riscos de quedas em trabalho em altura, identificando degradações que caracterizam risco iminente e propondo medidas de engenharia e de gestão para sua eliminação ou redução. A motivação decorre da recorrência de não conformidades em pontos de ancoragem no setor da construção e manutenção predial e do contexto da agressividade da maresia de Fortaleza, cuja atmosfera marinha e condições climáticas potencializam processos corrosivos e a perda de desempenho de dispositivos metálicos ao longo do ciclo de vida. A metodologia adotada compreendeu: (i) levantamento documental do projeto e registros de instalação, inspeção e manutenção dos pontos de ancoragem; (ii) inspeção visual sistemática em campo com *checklist* técnico, cobertura fotográfica e classificação de anomalias por tipologia (corrosão, deformação, folgas, fissuração, ausência de identificação/rastreabilidade, fixações inadequadas, incompatibilidade de componentes, ausência de proteção anticorrosiva e de proteção contra borda cortante); (iii) verificação de conformidade com requisitos técnicos aplicáveis e boas práticas de saúde e segurança do trabalho no setor da construção (Peinado, 2016; Peinado, 2019), incluindo requisitos de projeto, instalação, uso, inspeção periódica e descontinuação; e (iv) avaliação de risco com base na gravidade da consequência (queda de altura), probabilidade de falha por degradação observada e exposição habitual de trabalhadores, classificando os pontos por níveis de criticidade para priorização de intervenções. Os principais resultados indicam a inexistência ou insuficiência de documentação técnica (projeto, anotação de responsabilidade técnica e memorial descritivo), ausência de identificação dos pontos e de rastreabilidade de componentes, presença de corrosão generalizada e localizada em olhais, chumbadores e chapas base, fixações com torque insuficiente, uso de elementos de ligação incompatíveis, falhas de proteção contra arestas cortantes e, em alguns casos, indícios de deformações plásticas e perda de seção em componentes críticos, caracterizando risco iminente em parte dos pontos avaliados; constatou-se também a inexistência de um plano de inspeção e manutenção periódica, bem como lacunas na capacitação de usuários sobre critérios de retirada de serviço e sobre o uso correto em conjunto com linhas de vida, talabartes e conectores. As propostas abrangem: substituição dos pontos degradados por sistemas de ancoragem permanentes certificados e adequados ao ambiente marinho (materiais com maior resistência à corrosão, proteção de superfície e detalhamento construtivo que evite acúmulo de água), elaboração/"*as built*" do projeto com memória de cálculo, identificação individual e registro de rastreabilidade, ensaios de aceitação e de tração quando aplicável, implementação de um plano de inspeção periódica com critérios objetivos de aceitação e descarte, controle de torque e registro fotográfico, além de um plano de manutenção preditiva e preventiva alinhado à gestão de riscos desde a concepção (Valerio *et al.*, 2013). Complementarmente, recomenda-se a padronização de procedimentos de uso, capacitação contínua dos usuários, sinalização dos pontos e integração do sistema de ancoragem ao Programa de Gerenciamento de Riscos da edificação, com indicadores de desempenho e auditorias internas. Conclui-se que, no

contexto analisado, a degradação por corrosão e a ausência de gestão do ciclo de vida são os vetores principais que elevam a probabilidade de falha, configurando risco iminente em parcela significativa dos pontos; a adoção de soluções de engenharia compatíveis com o ambiente de exposição, associada a um modelo de gestão integrado e proativo da segurança e saúde no trabalho, é capaz de reduzir o risco a níveis aceitáveis e de aumentar a confiabilidade operacional dos sistemas de ancoragem, contribuindo para a prevenção de acidentes graves e fatais no trabalho em altura (Peinado, 2016; Peinado, 2019; Valerio *et al.*, 2013).

**Palavras-chave:** *sistema de ancoragem; segurança do trabalho; corrosão; manifestação patológica.*

**Referências**

PEINADO, H. S. (org.). **Segurança e saúde do trabalho na indústria da construção civil.** São Carlos: Scienza, 2019.

PEINADO, H. S. **Segurança do trabalho na construção civil:** aspectos legais e práticos. São Paulo: Pini, 2016.

VALERIO, B. M. *et al.* **Modelo de gestão de prevenção de acidentes para a fase de concepção.** 2013. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2013.

# Vivências em Monitoria: Contribuições Acadêmicas e Formativas em Componentes Curriculares de Extensão

**Maria Fernanda Martins da Silva, Universidade de Pernambuco (mfms1@poli.br)**
**Emilia R. Kohlman Rabbani, Universidade de Pernambuco (emilia.rabbani@upe.br)**
**Luka Monday, Universidade de Pernambuco (lm@poli.br)**

A consolidação dos Componentes Curriculares de Extensão (CCEs) como ferramentas pedagógicas para a integração entre universidades e sociedade em 2025 proporcionou experiências de aprendizagem significativas para alunos de graduação e pós-graduação da Escola Politécnica de Pernambuco (POLI/UPE). Nesse cenário, o projeto de monitoria dos CCEs “Tópicos Avançados em Sustentabilidade” (TAS) e “Revisão Sistemática da Literatura” (RSL) representou uma iniciativa inovadora focada no apoio técnico e pedagógico, com ênfase no fortalecimento das atividades de ensino, pesquisa e extensão. A monitoria, por outro lado, mostrou-se um importante projeto desenvolvido nas universidades, ajudando os alunos a atingirem seu potencial e os monitores a ampliarem seus conhecimentos acadêmicos (Dantas, 2014). Nesse sentido, o trabalho de extensão nesses componentes buscou promover um ambiente de aprendizagem colaborativo, no qual teoria e prática se entrelaçam. Segundo Santos (2007), um dos objetivos da tutoria é construir um plano de trabalho que facilite a aprendizagem do aluno. O aluno de graduação, como assistente de ensino, participou ativamente da reformulação dos planos de ensino e do desenvolvimento de materiais didáticos, experimentando, de forma prática, os desafios de planejar, organizar e executar cursos com interface direta com questões sociais contemporâneas. Além de auxiliar na estruturação e mediação das atividades, o assistente de ensino contribuiu para a organização de eventos de extensão durante o TAS CCE, que, no primeiro semestre de 2025, recebeu onze alunos: sete de graduação, três de mestrado e um de doutorado. Essa diversidade permitiu a troca de experiências em sala de aula, com a aplicação do modelo de sala de aula invertida, que foi o foco dos oito fóruns sobre sustentabilidade realizados pelo Grupo de Desenvolvimento Sustentável (DESS). Além disso, foi organizada a 13ª edição do concurso de vídeos sobre sustentabilidade, que recebeu 24 inscrições de curtas-metragens e contou com 34 jurados. O concurso teve como objetivo destacar soluções para problemas locais com foco na aplicação dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU. O evento ocorreu em 19 de junho de 2025, após uma mesa redonda entre os alunos e o professor. Esses eventos contam com a participação de parceiros importantes, como a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), o Tribunal de Contas do Estado de Pernambuco (TCE-PE), o Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia (IBAPE), entre outras instituições, fortalecendo as parcerias existentes com essas instituições. Oito podcasts, com duração de 10 a 15 minutos, também foram produzidos e disponibilizados no canal DESS no *Spotify*, promovendo o engajamento dos alunos e o diálogo com a comunidade acadêmica e externa da UPE. A RSL CCE, por sua vez, contou com 34 alunos de mestrado, o apoio de seis professores e também um monitor, que atuou como apoio nos projetos desenvolvidos. O curso ofereceu ferramentas metodológicas para a análise rigorosa da produção científica, qualificando a formação dos alunos e proporcionando um ambiente para a produção acadêmica, incluindo podcasts, artigos e resumos expandidos. Da mesma forma, o *Google Classroom* foi utilizado para compartilhar informações, trocar conteúdos e facilitar as atividades semanais em ambos os CCEs. Durante o processo de monitoramento, também foi desenvolvido um plano para ampliar a presença do grupo DESS na mídia, com o apoio do programa de extensão DESS@UPE e do projeto de extensão CCE@DESS. As mídias sociais foram utilizadas como ferramenta para divulgar ações, ampliar o alcance das atividades e fortalecer a comunicação com o público, gerando

maior participação em eventos, como o Concurso de Vídeo, que contou com mais de 80 participantes, além de interações no *Instagram*, *YouTube* e *Facebook*, que totalizaram mais de 2.000 visualizações no primeiro semestre de 2025. Esse movimento reforçou que a extensão universitária vai muito além da sala de aula e que suas ações têm impacto direto na sociedade. O acompanhamento acadêmico não pode ser considerado apenas um espaço para esclarecimento de dúvidas, mas, acima de tudo, um local de interação e troca social (Flores, 2018). A interação constante com os alunos exige não apenas domínio técnico, mas também sensibilidade para orientar, avaliar e oferecer *feedback* construtivo, contribuindo para a formação ética e crítica dos envolvidos e para a disseminação do conhecimento. A experiência foi enriquecedora, possibilitou o desenvolvimento de habilidades de comunicação, análise e colaboração e teve um impacto positivo nos alunos. Por meio do feedback deles, foi possível perceber o papel relevante desse tipo de extensão no desempenho acadêmico. Um dos indicadores foi o aumento significativo no rendimento dos estudantes. No CCE de TAS, por exemplo, a nota média de desempenho em 2024 foi 8,78, enquanto, no semestre de 2025, subiu para 9,13. Outro indicador foi a redução do número de desistências, que passou de seis em 2024 para apenas uma em 2025. Ao final do semestre, a monitora participou da avaliação das atividades, registrando os resultados e refletindo sobre os aprendizados adquiridos. Essa vivência demonstra a relevância dos CCEs como espaços privilegiados para o desenvolvimento de competências pedagógicas, técnicas e interpessoais, além de evidenciar seu papel estratégico na integração entre ensino superior e sociedade. A prática da monitoria reafirma o potencial transformador da extensão universitária, contribuindo para uma formação acadêmica ampliada, socialmente comprometida e orientada para a construção de soluções sustentáveis.

**Palavras-chave:** *Educação na engenharia; extensão universitária; ensino; metodologia ativa.*

**Referências**

DANTAS, O. M. Monitoria: fonte de saberes à docência superior. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 95, p. 567-589, 2014.

SANTOS, M. M. S. **A monitoria como espaço de iniciação à docência: possibilidades e trajetórias**. Natal: Editora da UFRN, 2007.

FLORES, J. B. **Monitoria de cálculo e processo de aprendizagem: perspectivas à luz da Sócio-interatividade e da teoria dos três mundos da matemática**. 2018. 226 f. Tese (Doutorado em Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

# Uso do *Kahoot!* como estratégia de Gamificação para motivação na disciplina Expressão Gráfica I

**George Henrique da Silva, Universidade de Pernambuco (george.henrique@upe.br)**
**Andréa Benício de Moraes, Universidade de Pernambuco (andrea.moraes@upe.br)**
**Leticia Gabrielle Vieira Diniz, Universidade de Pernambuco (leticia.diniz@upe.br)**
**Hiran Ferreira de Lira, Universidade de Pernambuco (hiran.ferreira@upe.br)**

O cenário educacional contemporâneo, demanda abordagens pedagógicas inovadoras que transcendam os métodos tradicionais, visando maximizar o engajamento e a motivação dos estudantes (Fadel *et al*., 2014). Nesse contexto, a gamificação surge como uma estratégia promissora, ao incorporar elementos e mecânicas de jogos em ambientes de não jogo, com o propósito de potencializar o processo de ensino-aprendizagem. Paralelamente, o avanço tecnológico tem proporcionado o surgimento de diversas ferramentas digitais que facilitam a implementação dessas novas metodologias. Entre elas, o *Kahoot!* destaca-se como uma plataforma interativa capaz de transformar atividades avaliativas em experiências lúdicas e dinâmicas (Barros *et al*., 2021; Sande; Sande, 2018). Este trabalho tem como objetivo analisar a percepção dos estudantes, com foco particular no uso da plataforma *Kahoot!*, explorando a gamificação, seus benefícios para o engajamento, aprendizagem e avaliação, na disciplina Expressão Gráfica I da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco. A gamificação, conforme abordado na literatura (Fadel *et al*., 2014), é a aplicação de características e princípios do design de jogos em contextos educacionais para aprimorar a motivação, o comportamento e a aprendizagem dos alunos. Seu sucesso reside na capacidade de aliar a motivação intrínseca (inerente ao indivíduo, como curiosidade, desafio e prazer) à motivação extrínseca (derivada de recompensas externas, como pontos, prêmios e rankings). Zichermann e Cunningham (2011) identificam que nessa realidade o envolvimento de qualquer público deve estar baseado em estruturas de recompensa, reforço e feedbacks, suportadas por mecânicas e sistemáticas que potencializam o envolvimento do indivíduo. Para Furió *et al*. (2013) o ato de jogar, além de proporcionar prazer, é um meio de o sujeito desenvolver habilidades de pensamentos e cognição, estimulando a atenção e memória. A aplicação desses elementos visa estimular o "estado de Flow", onde o estudante se encontra totalmente imerso e engajado na atividade, otimizando o aprendizado e a retenção do conhecimento (Fadel *et al*., 2014). Na abordagem metodológica utilizada, aos monitores da disciplina foi dada a função e a responsabilidade da elaboração das perguntas/questões para os jogos do *Kahoot!* Em seguida as questões elaboradas foram revisadas pela equipe de professores e testadas numa rodada interna pelos professores e monitores, para assegurar a validação e o funcionamento adequado das questões. Somente após esta validação, os jogos foram disponibilizados em sala de aula. Uma semana antes, são disponibilizados aos estudantes, os materiais com o próximo assunto a ser trabalhado, através de aulas expositivas, videoaulas ou outros recursos. Também é feita a divulgação do jogo e das regras para uma bonificação na nota dos 3 primeiros vencedores. Após a realização das questões ao vivo, de preferência no início da aula, é feita uma revisão com esclarecimento de dúvidas das questões aplicadas, a partir das perguntas dos alunos e do relatório fornecido pela plataforma. Foram realizados quatro jogos durante a primeira unidade da disciplina e dois jogos na segunda unidade, estrategicamente distribuídos ao longo do semestre letivo. A inserção dessas atividades visou fomentar o aprendizado ativo por meio da resolução de problemas, promovendo uma competição saudável entre os estudantes. Cada jogo foi cuidadosamente alinhado aos conteúdos trabalhados em aula, funcionando como instrumento de reforço e diagnóstico formativo. Com o encerramento do semestre, foi disponibilizado um formulário de pesquisa com o objetivo de coletar as

percepções e opiniões dos estudantes acerca das atividades gamificadas implementadas na disciplina de Expressão Gráfica I. As respostas obtidas permitirão uma análise qualitativa e quantitativa do impacto dessas estratégias no engajamento, na motivação e no desempenho dos estudantes, fornecendo subsídios valiosos para o aperfeiçoamento das práticas pedagógicas adotadas. Além disso, os dados coletados servirão como base para a adaptação e aprimoramento das dinâmicas de gamificação, garantindo maior alinhamento às necessidades específicas da disciplina. Por fim, os resultados também contribuirão para a continuidade e aprofundamento deste estudo, possibilitando a proposição de novas abordagens e o fortalecimento da relação entre inovação pedagógica e aprendizagem significativa. Diante do exposto, acredita-se que a integração da gamificação por meio da plataforma *Kahoot!* represente mais uma estratégia pedagógica para o ensino de Expressão Gráfica I. A inserção de elementos lúdicos, alinhados ao conteúdo da ementa da disciplina, tem potencial para favorecer o desenvolvimento de competências cognitivas e socioemocionais, estimulando a participação ativa dos discentes e fortalecendo a aprendizagem significativa. Espera-se que os dados obtidos a partir da pesquisa com os estudantes confirmem uma percepção positiva quanto às dinâmicas propostas, validando a gamificação como ferramenta complementar no processo de ensino-aprendizagem. A continuidade deste trabalho permitirá não apenas o refinamento das práticas adotadas, mas também a consolidação de uma cultura educacional mais inovadora e responsiva às demandas contemporâneas do ensino superior em engenharia.

**Palavras-chave:** *Expressão Gráfica; Práticas pedagógicas; Gamificação; Kahoot!.*

**Referências**

BARROS, A. *et al*. O uso da plataforma Kahoot! como método de avaliação no ensino técnico. **Revista Científica Interdisciplinar de Avaliação**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 40, p. 491-514, jul./set. 2021.

FADEL, L. M.; *et al*. **Gamificação na educação**. São Paulo: Pimenta Cultural, 2014. Disponível em: https://www.pimentacultural.com/livro/gamificacao-na-educacao/

FURIÓ, D. *et al*. The effects of the size and weight of a mobile device on an educational game. **Computers & Education**. Elsevier, v. 64, p. 24–41, 2013.

SANDE, D.; SANDE, D. Uso do Kahoot como ferramenta de avaliação e ensino-aprendizagem no ensino de Microbiologia Industrial. **HOLOS**, Natal, v. 1, p. 1-7, 2018. Disponível em: http://dx.doi.org/10.15628/holos.2018.6300.

ZICHEMANN, G.; CUNNINGHAM, C. **Gamification by Design**. Sebastopol: O'Reilly Media, 2011.

# Ferramenta para análise de viabilidade econômico-financeira da implantação de reservatórios com aduelas de concreto em projetos de infraestrutura urbana - estudo de caso em Recife-PE

**Pedro Charles Miranda da Silva Filho, Universidade de Pernambuco (pcmsf@poli.br)**
**Adolpho Guido de Araújo, Universidade de Pernambuco (aguia@poli.br)**

O crescimento desenfreado da urbanização na cidade do Recife tem intensificado os desafios relacionados à drenagem urbana, principalmente em períodos de chuva, os quais tornam a cidade incapaz de possuir um sistema de escoamento suficiente para a vazão decorrente (Santos *et al.*, 2019). Diante desse cenário, a proposta do estudo concentrou-se em avaliar a adoção de estruturas pré-moldadas como alternativa viável do ponto de vista financeiro, visto que a construção civil tem um papel de destaque na economia brasileira (Araújo *et al.*, 2023), portanto, as empresas devem se adaptar ativamente às mudanças da tendência de desenvolvimento social e econômico, realizando constantemente inovações (Longlong *et al.*, 2018). Este trabalho analisou a viabilidade econômica da implantação de um reservatório com volume aproximado de 1.300 m³, utilizando aduelas de concreto pré-moldado. A solução foi proposta como alternativa de drenagem urbana para mitigar os recorrentes alagamentos na cidade de Recife-PE. Para isso, foram utilizadas análises econômicas baseadas em indicadores como o Valor Presente Líquido (VPL) (Bordeaux-Rêgo *et al.*, 2013), a Taxa Interna de Retorno (TIR) (Bordeaux-Rêgo *et al.*, 2013), o Índice de Lucratividade (IL) (Abreu *et al.*, 2008), o *Payback* simples (Bordeaux-Rêgo *et al.*, 2013) e o *Payback* descontado (Bordeaux-Rêgo *et al.*, 2013), mediante que a viabilidade de um projeto de investimento não se limita à geração de valor líquido; a análise da estrutura de financiamento também é crucial para agregar interesse e viabilidade ao investimento (Medeiros *et al.*, 2021). O objetivo foi avaliar de forma automatizada e numérica o desempenho financeiro desse tipo de empreendimento frente a diferentes condições de pagamento e custos de financiamento. A metodologia envolveu os levantamentos de quantitativos, elaborações de orçamentos detalhados, desenvolvimentos de cronogramas físicos-financeiros, estruturação da Estrutura Analítica do Projeto (EAP) e desenvolvimento de uma ferramenta de análise financeira automatizada desenvolvida no *Software Microsoft Excel*®. Os parâmetros de custos foram obtidos a partir de composições referenciais do SINAPI (fevereiro/2025), SICRO (janeiro/2025) e cotações de mercado, contemplando mão de obra, materiais, equipamentos, encargos sociais e aplicação do BDI, garantindo aderência às práticas orçamentárias utilizadas na construção civil. A análise da Curva ABC destacou que os maiores impactos financeiros se concentraram na aquisição das aduelas, na utilização de concreto magro, nas estacas prancha e no transporte de materiais excedentes. Foram simulados cinco cenários distintos de fluxo de caixa, considerando taxas de juros e diferentes formas de desembolso, e calculados os principais indicadores de viabilidade. As análises levaram em conta uma variação de 0,24% como adaptação da taxa básica de juros (Selic) observada em abril de 2025, além de uma taxa média de 2% praticada pelos principais bancos no Brasil. Com base nessas premissas, foi realizado o estudo de viabilidade do projeto. Para melhor julgamento dos resultados, cada indicador dos cenários recebeu uma pontuação variando de 0 a 5, sendo a nota 0 atribuída em casos de inviabilidade, conforme metodologia baseada em Araújo, Carneiro e Palha (2020). Os resultados mostraram que o cenário mais vantajoso, considerando desembolsos parcelados ao longo da execução da obra e a aplicação da taxa de 0,24%, obteve VPL de R$ 310.681,68, TIR de 14,72%, IL de 2,716 e *Payback* simples e descontado de 7 semanas, enquanto o cenário menos favorável, resultante do pagamento concentrado no início do empreendimento e da aplicação da taxa média de 2%, registrou VPL de R$ 116.933,81, TIR de 1,26%, IL de 1,055, *Payback* simples de 7 semanas e *Payback* descontado de 8 semanas. A avaliação global das notas dos indicadores possibilitou

uma conclusão quantitativa e objetiva, sendo a maior pontuação de 125 para o cenário mais vantajoso e pontuação 0 para o cenário menos vantajoso e inviável. A análise comparativa dos cenários destacou a influência significativa da taxa de juros e da estrutura de pagamento sobre a rentabilidade do empreendimento. Os resultados reforçaram a importância da integração entre gestão financeira e planejamento executivo na adoção de soluções construtivas industrializadas para obras de drenagem urbana. Concluiu-se que o uso de sistemas pré-moldados é tecnicamente e economicamente viável, especialmente quando associado a um planejamento financeiro bem estruturado, proporcionando ganhos em eficiência, sustentabilidade, segurança e redução de riscos operacionais.

**Palavras-chave:** *Construção civil; orçamento; viabilidade econômica; reservatórios.*

**Referências**

BORDEAUX-RÊGO, Ricardo; *et al*. **Viabilidade econômico-financeira de projetos**. 4. ed. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2013.

ABREU, Carlos Alexandre C. de; HEINECK, Luiz Fernando M.; NETO, José De Paula Barros. Viabilidade Econômica De Empreendimentos: Uma Visão Conjunta Das Empresas De Construção Civil Integrantes Do Inovacon. In: Fortaleza - CE: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - **ENTAC**, 7 out. 2008.

ARAÚJO, Adolpho Guido de; CARNEIRO, Arnaldo Manoel Pereira; PALHA, Rachel Perez. Predictive methodology for the quantification of environmental aspects in urban infrastructures. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 18, 1 set. 2020.

ARAÚJO, Carlos Henrique de et al. Lean construction: perspectivas no âmbito da construção civil brasileira. **Revista de Gestão e Secretariado**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 2545-2561, 2023.

SANTOS, Leandro Diomério João dos; *et al.* Vulnerabilidades A Eventos Pluviais De Alta Magnitude Da Cidade Do Recife-Pernambuco/Brasil. **Revista de Geografia (PPGEO)**, v. 9, n. 2, p. 160-185, 2019.

LONGLONG, Fu; LIHONG, Zhou. Research on Innovation and Development of Construction Technology of Civil Engineering. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED MATERIALS AND COMPUTER SCIENCE (ICAMCS), 7., 2018, Nanchang. **Proceedings of the 7th International Conference on Advanced Materials and Computer Science.** [S.l.]: CSP, 2018. p.468-472.

MEDEIROS, Rômulo; COSTA, Rodrigues da; BATISTA, Keny Rodrigues. Estudo de viabilidade para construção de uma edificação desde o estudo preliminar: Comparativo para dois terrenos em bairro popular da cidade João Pessoa - PB. **Revista Acta Scientia**, v. 3, p. 49–66, jun. 2021.

# Proposta de Dispositivo de Baixo Custo para Detecção de Corrente Elétrica em Postes de Iluminação Pública em Áreas Alagadas na Cidade do Recife

**Heloisa Vieira Alexandre de Sousa, Universidade de Pernambuco (hvas@poli.br)**
**Micaella Raíssa Falcão de Moura, Universidade de Pernambuco (micaella.raissa@upe.br)**
**Emily Queiroz Bandeira, Universidade de Pernambuco (eqb@poli.br)**
**José Roberto Batista Rodrigues, Universidade de Pernambuco (jrbr@poli.br)**
**Alexander Roberto Olimpo Camelo, Universidade de Pernambuco (aroc@poli.br)**

O aumento da frequência e intensidade de alagamentos em áreas urbanas brasileiras, agravado pela urbanização desordenada e pelas mudanças climáticas, expõe a população a riscos elétricos significativos, principalmente devido a postes de iluminação pública energizados em vias inundadas. Em fevereiro de 2025, um caso fatal ocorrido na Rua Dom Bosco, no bairro da Boa Vista, Recife, em que um jovem morreu eletrocutado ao atravessar uma rua alagada, evidenciou a urgência de medidas preventivas. A literatura nacional e internacional apresenta soluções voltadas à detecção de alagamentos e monitoramento estrutural de postes, como sensores ultrassônicos, sistemas de Internet das Coisas (IoT) e monitoramento de tensão e corrente (Pinheiro, 2011; Quattrocchi *et al*., 2023; Santos, 2023). Entretanto, há uma lacuna no desenvolvimento de dispositivos simples e de baixo custo que integrem a detecção de alagamento com o risco elétrico. Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo propor o desenvolvimento de um dispositivo compacto, de baixo custo e alimentado por energia solar, capaz de detectar a presença de corrente elétrica em postes de iluminação pública localizados em áreas sujeitas a alagamentos e emitir alertas visuais e sonoros à população. A metodologia adotada foi de caráter exploratório e descritivo, estruturada em três etapas principais: levantamento de dados junto à população residente em bairros historicamente afetados por alagamentos no Recife, análise interpretativa e espacial dos dados obtidos e concepção do protótipo de detecção. O levantamento foi realizado por meio de formulário estruturado, distribuído online via Google Forms, obtendo 58 respostas válidas de moradores de bairros como Afogados, Boa Vista, Casa Amarela e Santo Amaro. Foram coletadas informações sobre frequência de alagamentos, percepção de risco elétrico e experiências pessoais com acidentes ou quase-acidentes envolvendo eletricidade durante inundações. Dos participantes, 37,9% relataram que suas áreas alagam ocasionalmente e 20,7% afirmaram que alagam com frequência, totalizando 58,6% expostos regularmente a alagamentos. Em relação à percepção de risco elétrico, 60,3% já presenciaram situações de risco com poças de água possivelmente energizadas e 96,6% já observaram postes com fiações soltas ou oferecendo perigo, evidenciando a vulnerabilidade da infraestrutura urbana. A análise dos dados permitiu identificar regiões prioritárias para a instalação do dispositivo, como Afogados e Boa Vista, que concentram maior recorrência de inundações, reforçando a relevância prática da proposta. Diversos relatos qualitativos apontaram a relevância social da proposta e a urgência de dispositivos de alerta em áreas alagadas. O protótipo idealizado é composto por um detector de tensão alternada sem contato, sondas condutivas para detecção da presença de água, um microcontrolador de baixo consumo energético e sistema de sinalização sonora e visual. A alimentação ocorre por meio de mini placa solar e bateria recarregável, garantindo operação contínua mesmo à noite ou em dias nublados. O dispositivo permanece em modo de espera até a combinação de duas condições: presença de água e detecção de campo elétrico. Contudo, a simples presença de água não implica risco elétrico, pois a condutividade varia conforme a sua composição: a água da chuva tende a ser pouco condutiva, enquanto a água misturada a detritos urbanos apresenta maior capacidade de condução. Essa variabilidade impõe desafios técnicos à confiabilidade do sistema, tornando

necessário ajustar a sensibilidade das sondas em diferentes contextos. Além disso, o detector de tensão alternada sem contato pode identificar campos elétricos em postes energizados mesmo em condições normais de funcionamento. O desafio está em distinguir entre um campo de risco — associado à condução elétrica pela água — e um campo elétrico regular. Assim, a lógica de correlação entre os dois sensores deve ser suficientemente robusta para evitar tanto alarmes falsos quanto falhas de detecção. Os resultados apresentados até o momento são parciais, visto que o protótipo se encontra em fase de concepção, sem testes em campo. Apesar disso, os resultados preliminares apontam viabilidade técnica, com custo estimado entre R$ 175,00 e R$ 250,00 por unidade em produção artesanal, podendo ser reduzido para cerca de R$ 150,00 em produção em escala. A transparência na apresentação desses custos constitui um diferencial relevante, considerando que raramente resumos de propostas tecnológicas trazem esse tipo de estimativa econômica. A aceitação social demonstrada na pesquisa, aliada ao baixo custo e à simplicidade do sistema, reforça o potencial da proposta para integração em políticas de prevenção de acidentes elétricos urbanos. Conclui-se que o dispositivo representa uma medida complementar à gestão de riscos urbanos em cidades com recorrentes episódios de alagamento, contribuindo para a mitigação de acidentes por choque elétrico e eletrocussão. Recomenda-se, para etapas futuras, a realização de testes em campo, o ajuste de sensibilidade do sistema para diferentes níveis de condutividade da água e a articulação com órgãos públicos para implantação piloto em áreas críticas do Recife, tomando como base as regiões prioritárias identificadas na pesquisa.

**Palavras-chave:** *alagamento; dispositivo; corrente elétrica; segurança urbana.*

**Referências**

ALGOMAIS. 44% do território do Recife tem risco alto para inundações. **Algomais,** [S. l.], 15 maio 2025. Disponível em: https://algomais.com/44-do-territorio-do-recife-tem-risco-alto-para-inundacoes/. Acesso em: 15 maio 2025.

G1. **Corpo de homem fica submerso em rua alagada no Centro do Recife; testemunhas dizem que morte foi por choque elétrico.** G1, [S. l.], 5 fev. 2025. Disponível em: https://g1.globo.com/pe/pernambuco/noticia/2025/02/05/corpo-de-homem-fica-submerso-em-rua-alagada-no-centro-do-recife-testemunhas-dizem-que-morte-foi-por-choque-eletrico.ghtml. Acesso em: 18 maio 2025.

GUEDES, Y. S. **Postes metálicos na iluminação pública:** análise das instalações na prevenção contra choque elétrico. 2020. 100 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2020.

PINHEIRO, J. R. G. **Desenvolvimento de um sistema de medição de baixo custo para a monitoração de alimentadores aéreos de distribuição de energia elétrica da classe 15 kV.** 2011. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2011.

QUATTROCCHI, A. *et al.* Designam a low-cost system to monitor the structural behavior of street lighting poles in smart cities. ***Sensors*****,** v. 23, n. 15, p. 6993, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/s23156993.

SANTOS, L. J. **Monitoramento do desequilíbrio de tensão e da corrente reversa na rede de distribuição de baixa tensão.** 2023. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2023.

# Abastecimento de água: Simulações hidráulicas para um melhor dimensionamento.

**Luana Vitória Ferreira Nascimento, Universidade de Pernambuco (lvfn@poli.br)**
**Margarida Regueira da Costa, Universidade de Pernambuco (mrc1@poli.br)**

O presente trabalho apresenta um projeto de dimensionamento de rede de abastecimento de água de uma área localizada no bairro de Ouro Preto, na cidade de Olinda–PE utilizando ferramentas de geoprocessamento e simulações hidráulicas. O objetivo principal foi desenvolver um projeto completo de rede para a implantação de um sistema de abastecimento de água adequado à área de estudo. Na primeira etapa da metodologia, foram obtidos dados técnicos da Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa), que indicaram uma adutora existente de DEFOFO de 400 mm na Avenida Senador Nilo de Souza Coelho, que devido à proximidade com a região em análise, foi considerada como ponto de interligação do projeto. Em seguida, foi realizada a análise das elevações da área, utilizando o software QGIS e os Modelos Digitais de Elevação (MDE) e Modelos Digitais do Terreno (MDT) disponibilizados pelo Estado de Pernambuco através do Programa Pernambuco Tridimensional, onde obteve-se que a área de estudo possui uma variação de cota de 10 à 90 metros, como também auxiliou no esboço do traçado da rede de distribuição e os pontos das conexões da rede, representadas pelos nós. A estimativa populacional foi baseada nos dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e os dados da Companhia disponíveis para a área de estudo, caracterizada por ser predominantemente residencial. A estimativa da população atendida foi calculada por meio da média de habitantes por domicílio multiplicada pela quantidade de empreendimentos da área de estudo. Por apresentar maior detalhamento e precisão, os dados do Setor Censitário foram adotados como referência principal para o cálculo da população, pois são dados oficiais que se adequam a realidade do local de estudo, obtendo uma população de 789 pessoas para o ano de 2025. Embora a Norma Interna da Compesa GPE-NI-014-02 indique que o dimensionamento deve ser realizado para um alcance mínimo de projeto de 25 anos (2050), através do método geométrico e do método AiBi indicados pelo IBGE, foi possível observar a tendência de redução populacional, com uma demanda de 671 pessoas. Sendo assim, visando atender a demanda imediata da área, a rede de distribuição foi dimensionada de acordo com a população atual de estudo. De acordo com a NBR 12214 (ABNT, 2020), os coeficientes de variabilidade do fluxo k1, k2 e k3 devem ser obtidos a partir dos dados existentes do local. Dessa forma, a Companhia disponibilizou dados reais de vazão medidos ao longo de um período de um ano, onde foi possível verificar o padrão de consumo e calcular os consumos do projeto. Segundo Gomes (2021), a demanda de água deve ser concentrada nos nós do sistema, além de variar de acordo com a área de influência nos nós de distribuição da rede. Para isso, a área de influência das conexões foi obtida através de polígonos de Voronoi no QGIS. Segundo a NBR 12218 (ABNT, 2017), os parâmetros para o dimensionamento da rede de distribuição são pressão dinâmica mínima, pressão estática máxima, velocidade mínima da tubulação e a perda de carga máxima. As características como material, diâmetro, espessura e coeficiente de rugosidade das tubulações foram definidas através da análise do Catálogo Técnico da Tigre e a norma interna da Compesa GPE-NI-016-02. Foram realizadas oito simulações hidráulicas no software EPANET, alterando os dados do nível de água do reservatório, os materiais e os diâmetros das redes. Por meio de análises hidráulicas dos diferentes cenários das simulações seguindo os parâmetros definidos pela NBR 12218 identificou-se a necessidade de uma bomba do tipo booster para garantir o abastecimento de água. De acordo com a Compesa, um ponto próximo ao local de interligação considerado na adutora de 400 mm apresenta uma pressão variável de 7 a 27 mca. Dessa forma, com os dados da vazão do projeto (3,05 l/s), a manométrica obtida pelas simulações hidráulicas (27,50 m) e análises das curvas características de modelos de catálogos de bomba,

foi possível identificar que o modelo de bomba Etanorm 050-032-160.1, com a rotação da bomba de 2900 rpm e fabricado pela KSB atende a área de estudo. O estudo demonstrou o processo desde a concepção até a elaboração do projeto de rede de distribuição de água, com os dados dos 26 nós, das 26 tubulações (com uma extensão aproximada de 2.630 metros), realizando o dimensionamento e a escolha da bomba para garantir o abastecimento eficiente para a população da área de estudo, destacando a importância do uso de ferramentas computacionais para o auxílio no dimensionamento de sistemas de abastecimento de água.

**Palavras-chave:** *dimensionamento de rede de água; simulação hidráulica; abastecimento de água; EPANET.*

**Referências**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12214**: projeto de estação de bombeamento ou de estação elevatória de água - requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12218**: projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público - procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO (COMPESA). **Diretrizes gerais para elaboração de projetos de adutoras de sistemas de abastecimento de água**. GPE-NI-016-02. Recife, 2024. Disponível em: https://servicos.compesa.com.br/wp-content/uploads/2024/07/GPE-NI-016-02.pdf. Acesso em: 5 set. 2024.

COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO (COMPESA). **Diretrizes gerais para elaboração de projetos de redes de distribuição de água**. GPE-NI-014-02. Recife, 2024. Disponível em: https://servicos.compesa.com.br/wp-content/uploads/2024/07/GPE-NI-014-02.pdf. Acesso em: 5 set. 2024.

GOMES, H. P. **Abastecimento de água**. 2. ed. João Pessoa: Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento (LENHS) – UFPB, 2021.

GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Pernambuco tridimensiona**l. Disponível em: https://pe3d.pe.gov.br/. Acesso em: 6 mar. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da federação brasileiros, com data de referência em 1º de julho de 2024**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2102112. Acesso em: 12 maio 2025.

KSB. **Bomba Etanorm SYT**. Disponível em: https://www.ksb.com/pt-ao/lc/produtos/bomba/bomba-de-instalacao-a-seco/etanorm-syt/E44B. Acesso em: 3 jun. 2025.

TIGRE. **Linha infraestrutura**: catálogo técnico e produtos. Joinville, 2024. Disponível em: https://www.tigre.com.br/catalogos-tecnicos/categoria/infraestrutura. Acesso em: 12 abr. 2025.

# ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO

# Priorização de Dívida Técnica com Análise Estática e Auto-Admitida: Uma abordagem preliminar

**Rafael Santos Silva, Universidade de Pernambuco (rss@ecomp.poli.br)**
**Rodrigo Rebouças de Almeida, Universidade Federal da Paraíba (rodrigor@dcx.ufpb.br)**
**Wylliams Barbosa Santos, Universidade de Pernambuco (wbs@upe.br)**

Definido por Cunningham (1992), o termo Dívida Técnica (DT) é utilizado no desenvolvimento de software para expor os riscos de atividades incompletas ou concluídas com baixa qualidade, que precisam ser resolvidas para evitar prejuízos ao software. Independentemente de como ocorrem as dívidas, na maioria das vezes elas ocorrem por falta de tempo para realizar as tarefas, e de acordo com Kruchten (2012), e podem estar presentes em qualquer momento do projeto. De acordo com Li et al. (2014), a identificação é a primeira etapa do processo de gerenciamento das dívidas técnicas, e, de acordo com Avgeriou et al. (2016), gerenciar as dívidas é uma atividade fundamental para a gestão dos projetos. Para Lenarduzzi et al. (2021), as organizações precisam adotar estratégias para a priorização das dívidas, visto que são problemas inevitáveis durante o desenvolvimento. Para Guo et al. (2021), a priorização dos débitos é uma ação crucial nos projetos. Entre as abordagens utilizadas para a identificação das dívidas estão a Análise Estática de Código (Avgeriou et al., 2020), que tem como objetivo encontrar falhas no software utilizando validações automáticas, e as Dívidas Técnicas Auto-Admitidas (Gomes et al., 2022), que são as dívidas reconhecidas explicitamente pela equipe de desenvolvimento. A priorização das dívidas técnicas é um desafio significativo para a gestão de projetos, principalmente devido à diversidade de dívidas. Esta pesquisa tem como objetivo avaliar a priorização das dívidas identificadas por meio da união das duas abordagens. O proposto nesta pesquisa é responder à seguinte pergunta: “Como priorizar dívidas técnicas considerando Dívidas Técnicas Auto-Admitidas e dívidas identificadas por Análise Estática de Código?”. Para possibilitar a resposta a essa pesquisa, é importante identificar quais são as técnicas utilizadas na identificação automática e auto-admitida, e os critérios utilizados na priorização. Será utilizada a metodologia Design Science Research (DSR) para a validação de um artefato destinado à priorização das dívidas técnicas pelas abordagens. Considerando as abordagens, a pesquisa avaliará desde a etapa de identificação, com foco na priorização, avaliando aspectos técnicos e de negócio do software. De acordo com Saarimaki et al. (2019), na análise estática, as ferramentas identificam de forma automatizada diversas violações, tais como: complexidade ciclomática, baixa coesão e outras. Para Li et al. (2023), as dívidas auto-admitidas são registradas em ferramentas ou em marcações no código-fonte. Para responder à pergunta de pesquisa, pretende-se contribuir não só com o avanço do estado da arte no que diz respeito à priorização de DT em projetos de software, mas também contribuir com a indústria, para que os critérios de priorização não sejam apenas subjetivos. O objetivo da pesquisa em questão é classificado como explicativo, com foco em buscar compreender e demonstrar, de forma fundamentada, como considerar as duas abordagens na priorização. Conforme descrito anteriormente, a academia fornece alguns recursos para a identificação e gestão dos itens de DT, porém, a literatura ainda precisa de experimentações que digam respeito ao combinar as duas abordagens. A natureza da pesquisa é classificada como aplicada, com o objetivo de aumentar o conhecimento por meio da aplicação das abordagens em um cenário real da indústria. A abordagem do problema é uma pesquisa qualitativa, com um estudo de caso para avaliar quais critérios são utilizados na priorização das dívidas técnicas. Espera-se que a publicação dos resultados da pesquisa, além de avançar no estado da arte, possa possibilitar o aperfeiçoamento da gestão das dívidas técnicas dos projetos de software. A pesquisa é qualitativa, com a utilização de estudo de caso como procedimento técnico. Como resultados parciais, o estudo de caso está sendo realizado inicialmente em 3 projetos de software de tecnologias distintas, em empresa de tecnologia da informação, a qual cada projeto possui itens de dívidas técnicas auto-admitidas e por ferramentas de análise de

código. Em cada um dos projetos, cerca de 100 dívidas identificadas pelas duas abordagens estão sendo priorizadas em conjunto, sendo avaliado os diversos critérios na priorização. Neste sentido, a priorização das dívidas pelas abordagens, quando utilizadas de forma isolada, possui objetivos distintos, resultando em priorizações divergentes, porém quando realizados em conjunto, tendem a garantir decisões baseadas em critérios técnicos e alinhados aos negócios.

**Palavras-chave:** *Dívida Técnica; dívida técnica auto-admitida; análise de código.*

**Referências**

AVGERIOU, Paris et al. Managing technical debt in software engineering (dagstuhl seminar 16162). **Dagstuhl reports**, v. 6, n. 4, p. 110-138, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.4230/DagRep.6.4.110. Acesso em: 17 dez. 2024.

AVGERIOU, Paris C. et al. An overview and comparison of technical debt measurement tools. **IEEE Software**, v. 38, n. 3, p. 61-71, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1109/MS.2020.3024958. Acesso em: 18 dez. 2024.

CUNNINGHAM, Ward. The WyCash portfolio management system. **ACM Sigplan Oops Messenger**, v. 4, n. 2, p. 29-30, 1992. Disponível em: https://doi.org/10.1145/157710.157715. Acesso em: 10 maio 2024.

KRUCHTEN, Philippe; NORD, Robert L.; OZKAYA, Ipek. Technical debt: From metaphor to theory and practice. **IEEE Software**, v. 29, n. 6, p. 18-21, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1109/MS.2012.167. Acesso em: 07 dez. 2024.

LI, Zengyang; LIANG, Peng; AVGERIOU, Paris. Architectural debt management in value-oriented architecting. In: **Economics-Driven Software Architecture**. Morgan Kaufmann, 2014. p. 183-204.

LI, Yikun; SOLIMAN, Mohamed; AVGERIOU, Paris. Automatic identification of self-admitted technical debt from four different sources. **Empirical Software Engineering**, v. 28, n. 3, p. 65, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10664-023-10297-9. Acesso em: 23 jan. 2025.

LENARDUZZI, Valentina et al. A systematic literature review on technical debt prioritization: Strategies, processes, factors, and tools. **Journal of Systems and Software**, v. 171, p. 110827, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.110827. Acesso em: 25 jan. 2025.

GUO, Yuepu et al. Tracking technical debt—An exploratory case study. In: **2011 27th IEEE international conference on software maintenance (ICSM)**. IEEE, 2011. p. 528-531. Disponível em: https://doi.org/10.1109/ICSM.2011.6080824. Acesso em: 2 fev. 2025.

GOMES, Tchalisson Brenne S.; DE MOURA LOIOLA, Diogo Alves; SANTOS, Alcemir Rodrigues. Avaliação de ferramentas de identificação de dívida técnica auto-admitida. In: **Workshop de Visualização, Evolução e Manutenção de Software (VEM)**. SBC, 2022. p. 16-20. Disponível em: https://doi.org/10.5753/vem.2022.226565. Acesso em: 23 fev. 2025.

SAARIMAKI, Nyyti et al. On the accuracy of sonarqube technical debt remediation time. In: **2019 45th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA)**. IEEE, 2019. p. 317-324. Disponível em: https://doi.org/10.1109/SEAA.2019.00055. Acesso em: 24 fev. 2025.

# Aplicação de LLMs na Criação de Avatares Digitais

**Paulo Liberal Ndubo, Universidade de Pernambuco (pln@ecomp.poli.br)**
**Fernando Buarque, Universidade de Pernambuco (fbln@ecomp.poli.br)**

A evolução dos Large Language Models (LLMs) tem possibilitado a criação de avatares digitais independentes com interações complexas e contextualizadas, impulsionada por avanços significativos na modelagem linguística e no processamento de linguagem natural (Bommasani et al., 2021). Este estudo tem como objetivo analisar a integração de LLMs, como GPT-4 (OpenAI, 2023) e Mistral 7B (Jiang et al., 2023), na criação de avatares digitais, destacando suas potencialidades e desafios em setores como educação, saúde mental, turismo e atendimento virtual. O trabalho busca sintetizar os avanços técnicos, a personalização e as implicações éticas dessa tecnologia, com foco em três pilares: arquitetura técnica, realismo social e orientação das dimensões essenciais para o desenvolvimento responsável de agentes inteligentes (Weidinger et al., 2022). A pesquisa adotou uma abordagem qualitativa e exploratória, baseada em revisão sistemática da literatura. Foram analisados artigos científicos publicados entre 2021 e 2025, extraídos de bases como ACM Digital Library, arXiv, IEEE Xplore e Scopus. A metodologia incluiu a análise de frameworks técnicos propostos por autores como Maslych et al. (2025) e Zhao et al. (2023), além de diretrizes éticas da Comissão Europeia (2023). Também foram examinados estudos empíricos sobre personalização de avatares (Kroczek et al., 2024) e técnicas de mitigação de vieses (Liang et al., 2021). A análise documental foi complementada com a avaliação de métricas de desempenho, como latência e expressividade multimodal. Os resultados indicam que a combinação de LLMs com tecnologias como síntese de fala (*Edge-TTS*) e sincronização labial (*OVR LipSync*) possibilita a criação de avatares com interações naturais e adaptativas. No entanto, persistem desafios técnicos, como latência média de resposta (3,2s) e repetitividade no aprendizado. Soluções como *token streaming* e bibliotecas para realismo facial (*Rocketbox*, *VALID*) mostraram-se promissoras. Em termos de personalização, técnicas como *prompting "show don't tell"* (Rupprecht et al., 2024) e módulos de análise emocional (*VADER*) aumentaram a percepção de empatia computacional. Do ponto de vista ético, destacou-se a necessidade de alinhamento com diretrizes como as da Comissão Europeia para IA Confiável (2023), visando transparência e privacidade. A convergência entre LLMs e tecnologias imersivas representa um avanço significativo para interfaces humano-máquina. Avatares digitais contextualmente conscientes exigem aprimoramentos técnicos, como redução de latência e maior expressividade multimodal, além de validação empírica rigorosa e governança ética. A pesquisa demonstra que, apesar dos desafios, os avatares baseados em LLMs têm potencial para revolucionar setores como educação e saúde, desde que desenvolvidos com foco em empatia e benefício social. Estudos futuros devem integrar métricas psicofisiológicas e rastreamento ocular para refinar a interação com avatares. Recomenda-se também a expansão de pesquisas sobre explicabilidade de decisões de LLMs e a criação de frameworks regulatórios mais abrangentes, alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 4 e 9). Além disso, é necessário explorar técnicas avançadas de *retrieval-augmented generation* (RAG) para melhorar a ancoragem contextual em aplicações críticas.

**Palavras-chave:** *LLMs (Large Language Models); Avatares Digitais; Ética em IA; Realidade Virtual.*

**Referências**

BENDER, E. M. et al. **On the Dangers of Stochastic Parrots: Can Language Models Be Too Big?** In: Proceedings of the ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency, 2021.

BOMMASANI, R., Hudson, DA, Adeli, E., Altman, R., Arora, S., von Arx, S., ... & Liang, P. **On the Opportunities and Risks of Foundation Models.** Pré-impressão do arXiv:2108.07258, 2021.

COMISSÃO EUROPEIA. **Diretrizes para IA Confiável**. Bruxelas, 2023.

DEMSZKY, D. et al. **Analyzing AI Empathy Gaps in Emotional Text Understanding**. In: Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL), 2023.

JIANG, AQ, Sablayrolles, A., Mensch, A., Laurent, D., Wright, R., Henderson, P., ... & Ranzato, M. **Mistral 7B**. Pré-impressão do arXiv:2310.06825, 2023.

KROCZEK, L. O. H. et al. **The influence of persona and conversational task on social interactions with a LLM-controlled embodied conversational agent**. Journal of Artificial Intelligence Research, v. 71, p. 45-67, 2024.

MASLYCH, M. et al. **Takeaways from Applying LLM Capabilities to Multiple Conversational Avatars in a VR Pilot Study**. arXiv:2501.00168v2, 2025.

RUPPRECHT, T. et al. **Digital Avatars: Framework Development and Their Evaluation**. arXiv:2408.04068, 2024.

WEIDINGER, L., Mellor, J., Rauh, M., Griffin, C., Uesato, J., Huang, PS, ... e Gabriel, I. **Taxonomy of risks posed by language models**. Pré-impressão arXiv:2112.04359, 2022

ZHAO, W. X. et al. **A Survey of Large Language Models**. arXiv:2303.18223, 2023.

# Integração Semântica de Dados Clínicos em Saúde Materna

**Allan Miller Silva Lima, Universidade de Pernambuco (amsl@ecomp.poli.br)**
**Rui Nóbrega de Pontes Filho, Universidade de Pernambuco (rnpf@ecomp.poli.br)**
**Cleyton Mário de Oliveira Rodrigues, Universidade de Pernambuco (cleyton.rodrigues@upe.br)**
**Fernando Buarque de Lima Neto, Universidade de Pernambuco (fmln@ecomp.poli.br)**

A integração de bases de dados heterogêneos na área da saúde representa um desafio crítico devido à diversidade de fontes, como prontuários eletrônicos, exames laboratoriais e registros hospitalares, que frequentemente apresentam formatos e padrões distintos (TORAB-MIANDOAB et al., 2023). Essa heterogeneidade compromete a interoperabilidade entre sistemas e limita análises clínicas abrangentes, prejudicando o compartilhamento de informações e a tomada de decisão baseada em dados completos e consistentes (RAGHUPATHI; RAGHUPATHI, 2014). Consequentemente, identificar e avaliar técnicas capazes de consolidar dados de diferentes origens tornou-se essencial, especialmente para condições clínicas complexas que dependem do monitoramento de múltiplos tipos de dados para garantir o acompanhamento clínico seguro e a tomada de decisões eficazes. Nesse contexto, a pré-eclâmpsia — uma complicação grave da gestação que ocorre em cerca de 2–8% das gestações globalmente e é uma das principais causas de morbidade e mortalidade materna e perinatal (OMS, 2023) — ilustra bem esse desafio, pois seu acompanhamento exige a integração de sinais vitais, exames laboratoriais, histórico gestacional e anotações médicas. Além dos impactos diretos para gestantes e fetos, a pré-eclâmpsia impõe um significativo ônus à saúde pública, aumentando os custos hospitalares, a necessidade de intervenções médicas complexas e a carga sobre sistemas de saúde já sobrecarregados (Manual MSD, 2023). Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo investigar e avaliar técnicas para a formatação e junção de bases heterogêneas, com foco na integração semântica de dados clínicos relacionados à pré-eclâmpsia. Para tanto, será explorada a utilização de ontologias biomédicas, como a Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terms (SNOMED CT), visando o alinhamento semântico entre diferentes bases, mesmo quando estruturadas de formas distintas (SCHULZ et al., 2009) A metodologia inclui: (i) revisão sistemática da literatura sobre integração de dados clínicos, técnicas de mapeamento ontológico e aplicações em saúde materna; (ii) seleção de bases de dados heterogêneas relevantes para o estudo da pré-eclâmpsia; (iii) desenvolvimento de um protótipo de integração baseado em mapeamento ontológico; e (iv) análise dos resultados quanto à consistência, completude e aplicabilidade da abordagem proposta. Espera-se que os resultados permitam propor uma abordagem eficaz para a integração semântica de dados clínicos heterogêneos, com a construção de um modelo ontológico específico para a pré-eclâmpsia e a validação de um protótipo funcional. Esses resultados devem contribuir para a organização da informação em saúde, promovendo análises integradas e apoiando decisões clínicas baseadas em dados mais completos e confiáveis.

**Palavras-chave:** *Integração de Dados; Ontologias Biomédicas; Pré-eclâmpsia; Interoperabilidade em Saúde.*

**Referências**

RAGHUPATHI, W.; RAGHUPATHI, V. Big data analytics in healthcare: promise and potential. Health Information Science and Systems, v.2, n.1, p.3, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1186/2047-2501-2-3

SCHULZ, S.; STENZHORN, H.; BOEKER, M.; SMITH, B. Strengths and limitations of formal ontologies in the biomedical domain. **Revista Eletrônica de Comunicação, Informação & Inovação em Saúde**, v. 3, n. 1, p. 31–45, 2009. DOI: 10.3395/reciis. v3i1.241en

TORAB-MIANDOAB, A.; SAMAD-SOLTANI, T.; JODATI, A.; REZAEI-HACHESU, P. Interoperability of heterogeneous health information systems: a systematic literature review. **BMC Medical Informatics and Decision Making**, v. 23, n. 1, p. 18, 2023. DOI: 10.1186/s12911-023-02115-5.

OMS – Ficha técnica sobre pré-eclâmpsia. Disponível em: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/pre-eclampsia Manual

MSD – Pré-eclâmpsia e eclâmpsia. Disponível em: https://www.msdmanuals.com/pt/casa/problemas-de-sa%C3%BAde-eminina/complica%C3%A7%C3%B5es-da-gravidez/pr%C3%A9-ecl%C3%A2mpsia-e-ecl%C3%A2mpsia

# Em busca de uma Estratégia para Transferência de Tecnologia na UPE

**José Carlos Felix Barbosa, Universidade de Pernambuco (jcfb@ecomp.br)**
**Ivaldir Honório de Farias Júnior, Universidade de Pernambuco (ivaldir.farias@upe.br)**

A transferência de tecnologia (TT) entre instituições de ensino e o setor industrial desempenha um papel estratégico no fortalecimento do desenvolvimento econômico e tecnológico. Nesse contexto, o modelo da Hélice Tríplice, que articula a colaboração entre universidade, indústria e governo, tem se consolidado como uma abordagem fundamental para impulsionar a inovação. No Brasil, políticas públicas como a Lei de Inovação Tecnológica (Lei nº 10.973/2004) e o Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação (Lei nº 13.243/2016) foram criadas para fomentar a pesquisa aplicada, estimular parcerias e reduzir barreiras à inovação. Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo diagnosticar e propor uma estratégia para o processo de Transferência de Tecnologia na Universidade de Pernambuco. Para isso, busca-se mapear as dinâmicas e mecanismos institucionais envolvidos, identificar desafios que possam dificultar a efetivação dessas transferências e avaliar o grau de disseminação da cultura de inovação dentro da universidade. Com base nessa análise, pretende-se recomendações que possam fortalecer a interação entre a UPE e o setor produtivo, aprimorando a colaboração entre academia e indústria e, consequentemente, impulsionando o desenvolvimento regional e nacional. A abordagem metodológica adotada é qualitativa, classificada como pesquisa exploratória, conforme Bauer, Gaskell e Allum (2008), sendo estruturada em quatro fases principais: (1) Revisão Exploratória da Literatura, (2) Entrevistas com professores vinculados ao NIT da UPE, (3) Aplicação de um questionário semiestruturado (survey) com docentes da pós-graduação Stricto Sensu, e (4) Consolidação dos resultados. No momento, a pesquisa encontra-se na transição da fase 1 para a fase 2, com resultados parciais já obtidos a partir da revisão de literatura. Na primeira fase, foram coletados 904 artigos em duas bases científicas: IEEE Xplore (541 artigos) e Google Acadêmico (363 artigos). Após triagem por leitura de títulos e resumos, os artigos foram classificados como aceitos, rejeitados ou duplicados, resultando em 9 artigos selecionados para leitura integral. A análise desses artigos foi guiada por três perguntas-chave: (Q1) os artigos apresentavam algum método de diagnóstico ou avaliação da TT?; (Q2) apresentavam processos ou estratégias para implementação da TT nas universidades?; e (Q3) apontam benefícios e desafios para implementação da TT na academia?**.** Os resultados demonstraram que, para a Q1, 100% dos artigos não apresentaram formas estruturadas de diagnóstico ou avaliação da TT, revelando uma lacuna significativa na literatura científica. Com relação à Q2, apenas dois artigos propuseram processos formais, sendo um deles o modelo do Escritório de Transferência de Tecnologia (ETT) da Universidade Estadual de Londrina, que funciona como um manual operacional, com definição de rotinas, atribuições e fluxo de atividades para apoio à TT. Quanto à Q3, somente três artigos abordam benefícios e desafios da TT, destacando, entre os desafios, a limitação de recursos, a ausência de apoio institucional, a dificuldade de financiamento para projetos de pesquisa e inovação (P&DI), e a restrição de tempo dos pesquisadores. Entre os benefícios citados estão a troca de conhecimento entre universidade e indústria, o aumento da competitividade no setor produtivo e o estímulo à inovação tecnológica, especialmente no contexto da Indústria 4.0. Esses achados parciais reforçam a importância de compreender a TT não apenas como um processo técnico, mas como uma prática que exige apoio institucional, estratégias bem definidas e participação ativa de diversos atores — especialmente universidades, empresas e o poder público. A partir disso, a pesquisa avança para a segunda fase, que consiste na realização de entrevistas com professores da UPE vinculados ao NIT, com o objetivo de entender, sob uma perspectiva prática, os pontos fortes e fracos da universidade na institucionalização da TT, além de identificar possíveis melhorias nos processos existentes. Em seguida, será aplicada a terceira fase (survey com docentes da pós-graduação), que contribuirá para confrontar os

dados empíricos com a literatura analisada. Conclui-se, até o momento, que a literatura nacional e internacional sobre TT ainda carece de abordagens mais aplicadas e diagnósticas, o que amplia a relevância do presente estudo. A pesquisa permanece em fase de execução, mas já apresenta indícios de que, com a criação de processos estruturados, apoio institucional e estratégias alinhadas às políticas públicas brasileiras, é possível avançar na consolidação da TT como prática integrada à cultura universitária. Espera-se que os resultados finais contribuam diretamente para o fortalecimento da TT na UPE e sirvam de referência para outras instituições públicas de ensino superior.

**Palavras-chave:** *universidade; tecnologia; indústria; inovação.*

**Referências**

BRASIL. Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. **Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.973.htm>. Acesso em: 12 mar. 2025.

BRASIL. Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016. **Dispõe sobre estímulos ao desenvolvimento científico, à pesquisa, à capacitação científica e tecnológica e à inovação e altera diversas leis**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/l13243.htm>. Acesso em: 12 mar. 2025.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 12 mar. 2025.

BAUER, M. W.; GASKELL, G.; ALLUM, N. C. **Qualidade, quantidade e interesses do conhecimento.** In: BAUER, M. W.; GASKELL, G. (Orgs.) Pesquisa Qualitativa com textos, imagem e som: um manual prático. Petrópolis: Vozes, 2008

# Avaliação do Impacto de Estratégias de Pré-Processamento de Sequências de Eventos de Aprendizagem em Algoritmos de Mineração de Padrões Sequenciais

**José Thiago Torres da Silva, Universidade de Pernambuco (jtts@ecomp.poli.br)**
**Raphael A. S. Dourado, Universidade de Pernambuco (raphael.dourado@upe.br)**

Este trabalho é aplicado ao contexto de cursos técnicos a distância da rede pública de ensino, com base em dados reais extraídos da plataforma Moodle. A motivação central do estudo é apoiar educadores e gestores na tomada de decisões pedagógicas baseadas em dados de logs de interação dos usuários, indo além das tradicionais métricas de desempenho. A pesquisa tem como objetivo analisar como a Mineração de Padrões Sequenciais (SPM) pode contribuir para a compreensão dos comportamentos de aprendizagem de estudantes em Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVAs). Por meio do uso do algoritmo PrefixSpan (PEI et al., 2001), buscou-se identificar sequências frequentes de eventos relacionadas às interações dos alunos com os recursos da plataforma, de modo a avaliar que combinações de estratégias de pré-processamento eram mais eficazes na identificação de padrões significativos (DU et al., 2017; HAN; KAMBER, 2012; RITSCHARD, 2023) que pudessem ser associados ao desempenho acadêmico. A metodologia adotada segue o modelo CRISP-DM (AZEVEDO; SANTOS, 2008; SCHRÖER; KRUSE; GÓMEZ, 2021), contemplando as etapas de entendimento do negócio, entendimento e preparação dos dados, modelagem e avaliação. A base de dados utilizada contém dados de interação de 2.085 estudantes da disciplina “Cargos e Salários”, de um curso técnico de Recursos Humanos ofertado na modalidade EaD, com eventos registrados referentes a acessos a materiais, submissões de atividades e participações em fóruns, dentre outros. Durante o pré-processamento, foram aplicadas diferentes estratégias, já definidas na literatura (DU et al., 2017; HAN; KAMBER, 2012), como categorização temporal dos eventos, remoção de eventos repetidos em sequência, fusão de eventos complexos previsíveis em eventos únicos e a divisão dos acessos em sessões com base na distância temporal entre os eventos, buscando-se assim avaliar o impacto dessas diferentes estratégias para a identificação de padrões relevantes e a redução de padrões ruidosos. A combinação dessas técnicas resultou em 24 bases distintas para a primeira e quarta atividades avaliativas da disciplina, cada uma representando um cenário com uma ou mais combinações de estratégias aplicadas. Os experimentos revelaram que o uso dessas técnicas de pré-processamento impacta diretamente tanto a quantidade quanto a qualidade dos padrões identificados. As bases processadas com múltiplas estratégias apresentaram padrões mais concisos, semanticamente ricos e com maior potencial interpretativo. Também foi realizada uma segmentação dos estudantes com base no desempenho acadêmico, separando-os em grupos com boas e más notas, de modo a identificar padrões comportamentais específicos para cada perfil. A análise revelou que a SPM pode captar nuances relevantes que distinguem as práticas dos diferentes grupos. Métricas como suporte, *i-support* e médias das notas (LO; KHOO; LIU, 2008; ZHANG; PAQUETTE, 2023) mostraram diferenças relevantes entre os cenários, evidenciando que combinações de estratégias tendem a produzir resultados mais interpretativos. Em conclusão, este estudo evidencia que a SPM, quando associada a um pré-processamento criterioso dos dados educacionais, pode revelar informações valiosas sobre os processos de aprendizagem em cursos online (ZHANG; PAQUETTE, 2023; BOGARÍN; CEREZO; ROMERO, 2018). As contribuições imediatas incluem: (i) a demonstração prática de como técnicas de pré-processamento reduzem ruídos em dados educacionais, (ii) a disponibilização de uma API em Python para replicação e uso em outros contextos, e (iii) a evidência empírica de que diferentes combinações de estratégias produzem padrões mais relevantes para a análise pedagógica. Como limitações, destaca-se o uso de uma única disciplina e a impossibilidade de parametrização do “*gap*” entre eventos no algoritmo

PrefixSpan, o que pode restringir a interpretação temporal dos resultados. Além disso, a análise foi concentrada nos cinco padrões com maior suporte, o que pode ter deixado de lado padrões igualmente relevantes, mas menos frequentes. Como trabalhos futuros, recomenda-se a ampliação da abordagem para outras instituições e disciplinas, a generalização da abordagem com a aplicação dos métodos a diferentes disciplinas e contextos educacionais, buscando reforçar o potencial da técnica para uso em larga escala, a implementação de novas métricas da literatura para avaliação dos padrões resultantes, assim como a criação de novas métricas mais específicas para este trabalho, buscar estratégias que considerem o tempo que o aluno permaneceu em cada evento na sequência, realizar uma melhor discussão das características de cada grupo de alunos que fazem parte de cada um dos padrões, realizar uma análise qualitativa envolvendo professores experientes em ensino a distância permitindo interpretar os padrões descobertos à luz da prática pedagógica.

**Palavras-chave:** *Mineração de Padrões Sequenciais; Ambientes Virtuais de Aprendizagem; Pré-processamento de Dados; Comportamento de Estudantes.*

**Referências**

AZEVEDO, A.; SANTOS, M. F. KDD, SEMMA AND CRISP-DM: a parallel overview. [S.l.: s.n.], 2008. p. 182–185. ISBN 978-972-8924-63-8.

BOGARÍN, A.; CEREZO, R.; ROMERO, C. A survey on educational process mining. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, v. 8, n. 1, p. e1230, 2018.

DU, F. et al. Coping with volume and variety in temporal event sequences: strategies for sharpening analytic focus. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, v. 23, n. 6, p. 1636–1649, jun. 2017.

HAN, J.; KAMBER, M. Data mining: concepts and techniques. 3.ed. Burlington, MA: Elsevier, 2012.

LO, D.; KHOO, S.-C.; LIU, C. Efficient mining of recurrent rules from a sequence database. In: SPRINGER. *Database Systems for Advanced Applications: 13th International Conference, DASFAA 2008, New Delhi, India, March 19-21, 2008. Proceedings 13*. [S.l.], 2008. p. 67–83.

PEI, J. et al. PrefixSpan: mining sequential patterns efficiently by prefix-projected pattern growth. In: PROCEEDINGS 17TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON DATA ENGINEERING. [S.l.: s.n.], 2001. p. 215–224.

RITSCHARD, G. Measuring the nature of individual sequences. *Sociological Methods & Research*, v. 52, n. 4, p. 2016–2049, 2023.

SCHRÖER, C.; KRUSE, F.; GÓMEZ, J. M. A systematic literature review on applying CRISP-DM process model. *Procedia Computer Science*, v. 181, p. 526–534, jan. 2021.

ZHANG, Y.; PAQUETTE, L. Sequential pattern mining in educational data: the application context, potential, strengths, and limitations. In: PEÑA-AYALA, A. (Ed.). *Educational data science: essentials, approaches, and tendencies: proactive education based on empirical big data evidence*. Singapore: Springer Nature, 2023. p. 219–254.

# Alinhamento de embeddings visuais e textuais de baixo custo computacional via destilação multimodal

**Alexandre Rodolfo Moreira Pereira, Universidade de Pernambuco (armp2@poli.br)**
**Bruno José Torres Fernandes, Universidade de Pernambuco (bjtf@ecomp.poli.br)**

Os avanços da inteligência artificial têm revolucionado o modo como a humanidade lida com a tecnologia. De acordo com o Artificial Intelligence Index Report 2025 (STANFORD, 2025), a maior quantidade de publicações da área, são sobre aprendizado de máquina, visão computacional, reconhecimento de padrões e processamento de linguagem natural. Estes atributos são essenciais em sistemas que lidam com dados e interação com o usuário, envolvendo não só modelos de linguagem como o ChatGPT, mas também modelos de embedding, capazes de converter informações de diferentes domínios, como texto, imagem e áudio, para um espaço vetorial, permitindo a busca de informações. Um destes modelos é o CLIP (RADFORD, 2021), com 408 milhões de parâmetros capaz de projetar imagens e textos para um mesmo espaço vetorial com um alto desempenho. Apesar da performance, embeddings multimodais são computacionalmente pesados, especialmente na inferência de imagens. Isso inviabiliza sua adaptação ao ambiente mobile, que corresponde a 59,99% do tráfego da internet (BOUCHRIKA, 2025), fazendo com que usuários que desejem utilizar a tecnologia recorram a serviços online, potencialmente impactando sua privacidade. Este projeto tem como objetivo investigar a capacidade de modelos de embedding unimodais, de texto e imagem, de baixo custo computacional, em imitar o comportamento de modelos multimodais através de auto alinhamento e destilação de conhecimento do CLIP. A motivação por trás desta abordagem está relacionada tanto à eficiência quanto à privacidade. Em aplicações locais, como a busca de arquivos em dispositivos pessoais, é desejável evitar o envio de dados sensíveis para a nuvem. Neste contexto, a utilização de embeddings locais permite tarefas como busca textual por imagens da galeria, localização de documentos por trechos de texto, ou mesmo a identificação de imagens semelhantes, sem comprometer a privacidade do usuário. Uma imagem poderia, por exemplo, ter seus embeddings embutidos nos metadados, simplificando o processo de recuperação sem a necessidade de indexação externa ou análise visual direta. Para validar a proposta, foram selecionadas três bases de dados heterogêneas, com diferentes níveis de complexidade semântica e visual: Pexels-110k, COCO e Tiny-Imagenet. No total, foram utilizados nove modelos de embedding, escolhidos de acordo com a performance no MIEB (XIAO, 2025), agrupados em três categorias: texto com o GIST small, base e large; imagem com o DINOv2 small, base e large; e multimodais: nomic-embed-vision-v1.5, SigLIP-base e CLIP. Os dois primeiros modelos multimodais foram utilizados para comparar a performance. A metodologia foi dividida em duas etapas. A primeira etapa, denominada auto alinhamento, visava alinhar diretamente os embeddings do DINOv2 e do GIST entre si, sem auxílio de um terceiro modelo. A segunda etapa, chamada destilação multimodal, teve como objetivo guiar esse alinhamento utilizando os embeddings do CLIP. Durante o auto alinhamento, foram construídos adaptadores baseados em MLPs para mapear os vetores gerados por um modelo para o espaço do outro: três adaptadores de texto para imagem (T2I), que convertiam as saídas do GIST para o espaço do DINOv2, e três adaptadores de imagem para texto (I2T), no sentido inverso. Já na etapa de destilação multimodal, cada combinação de modelos recebeu dois adaptadores independentes: um para alinhar ao CLIP no domínio da imagem, e outro no domínio do texto, com o objetivo de reproduzir o comportamento do modelo multimodal. Após o treinamento, os modelos foram avaliados em duas tarefas: busca de texto para imagem (qual imagem é mais bem descrita por um texto), e de imagem para texto (qual texto descreve melhor uma imagem). A métrica de avaliação foi a quantidade média de erros cometidos até encontrar a correspondência correta por similaridade de cossenos. Os resultados revelaram comportamentos distintos entre as

etapas. No auto alinhamento, os adaptadores T2I mostraram melhor desempenho na tarefa de imagem para texto. Contudo, mostraram resultados abaixo do esperado em texto para imagem. Isso sugere que o espaço vetorial textual é mais flexível à adaptação para o visual do que o inverso. Por outro lado, os modelos da etapa de destilação multimodal apresentaram maior robustez e desempenho equilibrado em ambas as modalidades. A combinação entre dinov2-small e GIST-small demonstrou resultados particularmente promissores, superando o modelo nomic em texto para imagem (62,7 contra 64,5 amostras) e apresentando desempenho competitivo em imagem para texto (76,9 contra 71,3), com um tempo de inferência 2,7 vezes menor (0,41s contra 1,11s). Já a combinação dinov2-base com GIST-base foi a que apresentou melhor relação entre desempenho e custo computacional, superando tanto o nomic quanto o SigLIP-base nas duas tarefas, em média, com 2,6 amostras de erro a menos (58,1 contra 60,7) e tempo de inferência 4,3 vezes menor (1,18s contra 5,05s). Por fim, a combinação dinov2-large e GIST-large não apresentou desempenho satisfatório. Mesmo com maior capacidade, os modelos não conseguiram se aproximar do CLIP em precisão (53,2 contra 27,4 amostras em média) e não mostraram vantagem significativa no tempo de inferência. Isso sugere que a escalabilidade do processo de destilação possui limites e que modelos com mais parâmetros não necessariamente obtêm melhor desempenho na destilação. Os resultados obtidos demonstram que é possível alinhar modelos unimodais de baixo custo computacional para simular o comportamento de modelos multimodais em tarefas de busca envolvendo textos e imagens, mantendo boa precisão e reduzindo o tempo de inferência. Essa abordagem se mostrou especialmente promissora para aplicações mobile, onde os recursos computacionais são limitados e a conectividade com serviços em nuvem nem sempre é garantida ou desejada. Ao permitir a execução local de tarefas multimodais com desempenho competitivo, a metodologia proposta contribui para o desenvolvimento de soluções mais acessíveis, sustentáveis e alinhadas às demandas por maior privacidade, uma vez que os dados sensíveis do usuário podem ser processados sem necessidade de envio para servidores externos.

**Palavras-chave:** *Destilação de conhecimento; embeddings; computação mobile; privacidade.*

**Referências**

STANFORD UNIVERSITY. Artificial Intelligence Index Report 2025. Stanford, CA: Stanford University, 2025.

RADFORD, Alec *et al.* Learning transferable visual models from natural language supervision. 2021. Preprint. Disponível em: https://arxiv.org/abs/2103.00020. Acesso em: 20 jul. 2025.

BOUCHRIKA, Imed. Mobile vs Desktop Usage Statistics for 2025. Research.com, 19 jun. 2025. Disponível em: https://research.com/software/guides/mobile-vs-desktop-usage. Acesso em: 20 jul. 2025.

XIAO, Chenghao *et al*. MIEB: Massive Image Embedding Benchmark. 14 abr. 2025. Preprint. Disponível em: https://arxiv.org/abs/2504.10471. Acesso em: 20 jul. 2025.

# Copilot Médico: Assistente Inteligente para Apoio ao Diagnóstico e Gestão de Pacientes.

**João Batista de Aguiar Júnior, Universidade de Pernambuco (jbaj@ecomp.poli.br)**
**Carmelo José Albanez Bastos Filho, Universidade de Pernambuco(carmelo.filho@upe.br)**
**Márcia Rejane O B C Macedo, Universidade de Pernambuco (marcia.macedo@upe.br)**
**Rui Nóbrega de Pontes Filho, Universidade de Pernambuco (rnpf@ecom.poli.br)**

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver uma ferramenta digital inovadora, o Copilot Médico, concebida como uma extensão de navegador para aprimorar significativamente o apoio ao diagnóstico e a gestão de informações de pacientes no contexto da saúde digital. A metodologia adotada focou na criação de um sistema interativo que permite aos profissionais de saúde interagir com um assistente inteligente, facilitando a organização e o acesso a dados clínicos de forma otimizada. Por meio de funcionalidades avançadas, a extensão possibilita a extração automatizada de informações relevantes diretamente de prontuários eletrônicos, utilizando seletores CSS para coletar dados estruturados e textuais, e a análise aprofundada de documentos como PDFs, que são processados e interpretados por um sistema de Inteligência Artificial (IA) no backend. Este sistema foi construído sobre uma arquitetura robusta de cliente-servidor, onde o frontend (em React e TypeScript) gerencia a interface do usuário, enquanto o backend (em Python com Flask) orquestra a comunicação com modelos de linguagem de larga escala (LLMs) e a persistência de dados em um sistema de arquitetura JSON. Os resultados obtidos demonstram a capacidade do Copilot Médico de otimizar o fluxo de trabalho clínico, proporcionando um gerenciamento mais eficiente de históricos de pacientes e suas consultas, além de registrar e contextualizar as interações com a IA em um histórico conversacional persistente. A validação em cenários de uso demonstrou que o Copilot Médico otimiza o tempo de registro de informações e contribui para a completude dos dados do prontuário. Adicionalmente, a interação com a IA em um ambiente colaborativo (assistido) mostrou-se mais eficiente na resolução de dúvidas complexas do que a consulta a uma IA isolada, devido à contextualização e ao controle do profissional sobre o fluxo da informação (FERREIRA; GOMES, 2024). O sistema de IA, otimizado para contextos médicos (OLIVEIRA; SANTOS, 2024), demonstrou capacidade de gerar respostas coerentes e relevantes, utilizando o histórico de chat e resumos de consultas como base para um diálogo contínuo, o que representa uma melhoria na qualidade do suporte à decisão clínica, conforme esperado para ferramentas de apoio baseadas em IA (LI; CHEN, 2021). As conclusões apontam que o Copilot Médico é uma solução promissora para modernizar a prática médica, ao centralizar informações dispersas e prover assistência inteligente em tempo real (SILVA; COSTA, 2023), o que contribui para maior eficiência operacional e potencializa a precisão diagnóstica. A estrutura modular do projeto assegura sua escalabilidade e a possibilidade de futuras integrações. Como trabalhos futuros, prevê-se a implementação de uma funcionalidade de transcrição inteligente ao vivo de áudios de consultas, utilizando modelos *speech-to-text* de alta acurácia. Esta funcionalidade permitirá a coleta de informações faladas, com a capacidade de aplicar técnicas de Processamento de Linguagem Natural (PLN), como o Reconhecimento de Entidades Nomeadas (NER), para separar e categorizar os dados automaticamente para incorporação ao prontuário e ao contexto da IA, minimizando a necessidade de digitação manual.

**Palavras-chave:** *Extensão de navegador; Inteligência artificial; Saúde Digital; Diagnóstico médico.*

**Referências**

FERREIRA, L.; GOMES, P. **Avaliação comparativa de ferramentas de IA no suporte à decisão clínica**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO EM SAÚDE, 2024. Anais [...]. [S. l.: s. n.], 2024. p. 120-135.

LI, J.; CHEN, L. **Artificial Intelligence in Healthcare**: A Comprehensive Guide. CRC Press, 2021.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Prontuário Eletrônico do Cidadão (PEC)**. [S. l.]: Ministério da Saúde, [s.d.]. Disponível em: https://www.saude.gov.br/pec. Acesso em: 18 jul. 2025.

OLIVEIRA, C.; SANTOS, D. Otimização de Modelos de Linguagem para Contextos Médicos Específicos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL EM SAÚDE (SBAIS 2024), 2024. **Anais** [...]. [S. l.: s. n.], 2024. p. 78-85.

RUSSELL, Stuart J.; NORVIG, Peter. **Inteligência Artificial**: uma abordagem moderna. 3. ed. Rio de Janeiro: Prentice Hall, 2013.

SILVA, A.; COSTA, B. Extensões de navegador como ferramentas de apoio à decisão clínica: um estudo de caso. *Revista de Informática em Saúde*, [S. l.], v. 25, n. 3, p. 112-125, jul./set. 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Digital health**. Genebra: WHO, 2023. Disponível em: https://www.who.int/health-topics/digital-health. Acesso em: 18 jul. 2025.

# Serenamente: Inovação no apoio à saúde mental no trabalho, diante das novas exigências da NR-1

**José Carlos Guedes da Silva Filho, Universidade de Pernambuco (jcgsf@ecomp.poli.br)**
**Denise Maria Quirino Viana de Sant'Ana Sá, Universidade de Pernambuco (dmqvss@ecomp.poli.br)**
**Ivaldir de Farias Junior, Universidade de Pernambuco (ivaldir.farias@upe.br)**

O Brasil enfrenta uma grave crise de saúde mental no ambiente de trabalho, evidenciada pelo maior número de afastamentos por transtornos mentais em pelo menos uma década. Em 2024, foram registradas 472.328 licenças médicas relacionadas a condições como ansiedade, depressão e estresse, representando um aumento de 68% em relação ao ano anterior, reflexo de fatores como mudanças no mercado de trabalho, pressão por produtividade e insegurança econômica, que são cicatrizes da pandemia (G1, 2025). Esses problemas impactam diretamente a saúde mental dos trabalhadores e geram altos custos econômicos e humanos para empresas e a Previdência Social. Este trabalho tem por objetivo apresentar a solução tecnológica integrada *Serenamente* como ferramenta estratégica para apoiar as empresas no cumprimento das exigências da atualização da Norma Regulamentadora nº 1 (NR-1), que visa o gerenciamento formal dos riscos psicossociais no ambiente de trabalho, contribuindo para o enfrentamento da crise crescente da saúde mental laboral. A Portaria nº 1.419/2024, em vigor desde maio de 2025, atualizou a NR-1 e passou a exigir das empresas o gerenciamento dos riscos psicossociais como estresse, assédio e sobrecarga (BRASIL, 2024). A solução tecnológica *Serenamente* consiste em uma assistente virtual, desenvolvida na plataforma N8N, que utiliza inteligência artificial para realizar avaliações psicossociais baseadas na metodologia *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), gerando relatórios estruturados que orientam ações preventivas e corretivas. A ferramenta oferece atendimento emocional preventivo e encaminhamento qualificado para psicólogos quando necessário, além de promover o desenvolvimento de habilidades socioemocionais via curadoria de cursos pré-selecionados integrados ao Google Sheets para gestão contínua de dados, permitindo fácil monitoramento e tomada de decisão via chat, sendo possível a implementação via WhatsApp ou Telegram. Para validar a solução, a equipe realizou avaliações preliminares em um ambiente simulado, reproduzindo situações baseadas em relatos reais coletados na internet, para representar o contexto de trabalho. Nesses testes, foram coletados e analisados feedbacks qualitativos e quantitativos que permitiram aferir a efetividade do atendimento emocional, da curadoria de cursos e da utilidade dos relatórios gerados para apoiar a gestão. Os resultados preliminares indicam que a solução *Serenamente* facilita a identificação, monitoramento e gerenciamento dos riscos psicossociais, promovendo práticas preventivas alinhadas à legislação e às melhores práticas do cuidado à saúde mental no trabalho, com potencial para reduzir custos humanos e econômicos associados. Alinhada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, especificamente o ODS 3, que busca assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, e o ODS 8, que visa crescimento econômico sustentado, inclusivo e trabalho decente para todos (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2015), a solução Serenamente contribui para a promoção do bem-estar dos trabalhadores e para ambientes laborais decentes, produtivos e inclusivos. O agente atua como facilitador da conformidade legal, apoio emocional imediato, direcionamento qualificado e geração de dados para auditorias e ações, fortalecendo a capacidade das empresas de responder à crise de saúde mental de forma eficiente e humanizada.

**Palavras-chave:** *Psicossocial; saúde mental; bem-estar; agente de inteligência.*

**Referências**

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 1.419, de 27 de agosto de 2024. Aprova a nova redação do capítulo “1.5 Gerenciamento de riscos ocupacionais” da Norma Regulamentadora nº 1 (NR-1). **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 27 ago. 2024.

G1. Crisede saúde mental: Brasil tem maior númerode afastamentosporansiedade edepressão em 10 anos. São Paulo, 10 mar. 2025. Disponível em: https://g1.globo.com/trabalho-ecarreira/noticia/2025/03/10/crise-de-saude-mental-brasil-tem-maior-numero-de-afastamentospor-ansiedade-e-depressao-em-10-anos.ghtml. Acesso em: 28 jul. 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 3**: assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades. Brasília: Nações Unidas Brasil, 2015.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 8**: promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, o emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos. Brasília: Nações Unidas Brasil, 2015.

# Painel interativo de óbitos fetais em Pernambuco: Análise sociodemográfica para o monitoramento da saúde materno-infantil

**Maria Eduarda Ferro de Mello, Universidade de Pernambuco (mefm@ecomp.poli.br)**
**Patricia Takako Endo, Universidade de Pernambuco (patricia.endo@upe.br)**

A morte fetal é um importante problema de saúde pública que afeta milhões de mulheres e famílias em todo o mundo. O cuidado primário para a saúde pré-natal e neonatal tem um impacto significativo na vida e saúde das mães e dos bebês em desenvolvimento (UNICEF, 2022). Em 2010, o Ministério da Saúde (MS) determinou a obrigatoriedade do monitoramento e investigação de óbitos fetais e infantis como parte do Sistema Único de Saúde (SUS) no Brasil. Os dados gerados por essa estratégia permitem que pesquisadores e formuladores de políticas avaliem com precisão a escala das fatalidades e categorizem suas causas principais e circunstâncias contextuais. Isso, por sua vez, facilita o desenvolvimento de recomendações eficazes para intervenções direcionadas visando a prevenção de mortes evitáveis (Marques *et al.,* 2021; Oliveira *et al.,* 2016). Em 2023, a região Nordeste apresentou a segunda maior Taxa de Mortalidade Fetal (TMF) do país, sendo em Pernambuco o segundo maior número de casos na região (DATASUS, 2024). O estudo tem como objetivo o desenvolvimento de um painel interativo de dados voltado ao monitoramento dos casos de morte fetal no estado de Pernambuco, com ênfase nas características sociodemográficas das gestantes. Para isso, foram utilizados dados fornecidos em parceria com o antigo projeto social Programa Mãe Coruja Pernambucana (PMCP) dos anos de 2008 a 2022. A base de dados continha 231.505 registros de gestantes e 74 colunas. Os dados incluem informações sobre vários aspectos da gestante, incluindo histórico de saúde e familiar, comorbidades, fatores sociodemográficos, dados do pré-natal e antecedentes obstétricos, dados residenciais e de unidades de saúde e datas informativas pessoais como data de nascimento, de óbito do feto e da consulta. Foram retirados todos os registros classificados como ‘Nascidos vivos’ para análise apenas as gestantes acometidas pelo óbito fetal. Para lidar com os dados vazios, foi feito o preenchimento com o valor ‘Não informado’ para melhor análise visual. Por se tratar de uma análise sociodemográfica dos dados, os registros de pessoas "pardas" e "pretas" foram agrupados na categoria "Preta/Parda". Essa metodologia baseia-se no "dilema do pardo" proposto por Lopes, 2017, no qual a interseccionalidade racial contribui para a compreensão dos marcadores sociais. Além disso, utilizamos o estudo de Lago *et al.*, 2023 que define os pardos como uma população negra de pele clara para embasar a metodologia. O painel interativo desenvolvido com esses dados fornece informações valiosas sobre gestantes pernambucanas e pode ser acessado via: http://dashangels.dotlabbrazil.com.br/. No estudo foi possível analisar ocorrências dos óbitos ao decorrer dos anos e analisar informações sobre a gestante como raça, idade, escolaridade, estado civil, planejamento familiar e dados socioeconômicos, incluindo renda familiar, carteira de trabalho e moradia ligada a rede de esgoto. Foram analisados 7.429 óbitos fetais ocorridos entre 2008 e 2022 em gestantes atendidas pelo programa social do estado de Pernambuco, sendo que os anos com maior incidência foram 2017 e 2015, com 780 e 770 casos, respectivamente. Observou-se que mulheres pardas/negras foram as mais afetadas, totalizando cerca de 5.766 casos (77,61%). No estudo, ocorreram mortes fetais em gestantes com idades entre 10 e 49 anos, com destaque para o grupo de 19 anos, responsável pela maior frequência dos óbitos com 326 casos (4,3%). A maioria dos casos ocorreu entre mulheres com ensino médio completo, correspondendo a 2.227 registros (29,98%). Em relação ao planejamento da gestação, 3.418 mulheres (46%) não haviam planejado a gravidez, enquanto 2.914 (39,23%) declararam que a gestação foi planejada. Quanto à renda familiar, 3.109 gestantes (41,85%) afirmaram receber até R$499 por mês. Em relação às condições de moradia, 3.382 mulheres (45,52%) relataram residir em domicílios ligados à rede de esgoto, enquanto 3.136 (42,21%) declararam não possuir essa conexão. Essas informações ajudam a entender o impacto das desigualdades sociais na saúde

materna e nos desfechos das gestações. É relevante destacar que cada registro apresentado no trabalho é uma vida perdida, um sofrimento de uma mãe e uma família em luto. Desse modo, o painel interativo fornece informações valiosas que podem estimular a formação de políticas públicas assertivas na prevenção e assistência à saúde. Destaca-se a importância de melhorias no pré-natal, voltada a atenção em grupos vulneráveis aspirando um SUS universal, descentralizado e acolhedor.

**Palavras-chave:** *Painel interativo; óbito fetal; gestantes; Pernambuco.*

**Referências**

BRASIL. Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (**DATASUS**). Dados sobre óbito fetal. [s.d.]. Disponível em: http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sim/cnv/fet10uf.def. Acesso em: 2 nov. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde (MS). **Manual de vigilância do óbito infantil e fetal e do Comitê de Prevenção do Óbito Infantil e Fetal**. 2. ed. 2009. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/manual_obito_infantil_fetal_2ed.pdf. Acesso em: 4 nov. 2024.

LAGO, M. C. de S.; MONTIBELER, D. P. de S.; MIGUEL, R. de B. P. Pardismo, colorismo and the “brazilian woman”: production of racial identity of light-skinned black women. **Revista Estudos Feministas**, SciELO Brasil, v. 31, p. e83015, 2023.

LOPES, J. S. ‘Quase negra tanto quanto quase branca’: autoetnografia de uma posicionalidade racial nos entremeios. In: FRANÇA, D. X.; HUNGRIA, D. (org.). Branquitude: estudos sobre a identidade branca no Brasil. Curitiba: **Appris**, p. 155–173, 2017.

MARQUES, L. J. P.; SILVA, Z. P. da; ALENCAR, G. P.; ALMEIDA, M. F. de. Contribuições da investigação dos óbitos fetais para melhoria da definição da causa básica do óbito no Município de São Paulo, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 37, e00079120, 2021.

UNITED NATIONS INTER-AGENCY GROUP FOR CHILD MORTALITY ESTIMATION (UN IGME). Never forgotten: The situation of stillbirth around the globe. United Nations Children’s Fund (**UNICEF**), 2022. Disponível em: https://data.unicef.org/resources/never-forgotten-stillbirth-estimates-report/. Acesso em: 30 jul. 2025. ISBN 978-92-806-5421-9.

# Relato de Experiência: Monitoria DCExt Programação Imperativa 2025.1

**Pedro Nicholas Saraiva de Oliveira, Universidade de Pernambuco (pnso@poli.br)**
**Hemir da Cunha Santiago, Universidade de Pernambuco (hemir.santiago@upe.br)**
**Gabriel Souza Borges, Universidade de Pernambuco (gsb3@poli.br)**

O resumo detalha a experiência de monitoria na disciplina DCExt Programação Imperativa no semestre letivo 2025.1, do segundo período do curso de Engenharia da Computação. Por ser uma disciplina de extensão, contempla o desenvolvimento de um projeto final focado na solução de problemas da comunidade externa à universidade. A disciplina visa capacitar os estudantes com habilidades fundamentais em lógica de programação e algoritmos, essenciais para o desenvolvimento de soluções computacionais na Linguagem de Programação C. O objetivo principal da monitoria foi auxiliar os estudantes na compreensão dinâmica e prática dos conceitos de programação, promovendo um ambiente de aprendizado interativo e acessível. A metodologia adotada nas monitorias buscou maximizar a aprendizagem dos estudantes através de linguagem acessível, um ambiente interativo e *feedback* contínuo. Para otimizar o processo de aprendizagem, os monitores desenvolveram um site localizado em monitoriaPI.github.io, com diversos materiais de estudo, incluindo tutoriais, exemplos de código e exercícios práticos, permitindo que os estudantes revisem os conteúdos e pratiquem no seu próprio ritmo. É esperado que o recurso online seja útil para as futuras turmas da disciplina. As reuniões semanais, mediadas através da plataforma *online* Google Meet, compuseram parte essencial das atividades da monitoria. Nelas, eram realizadas sessões de perguntas e respostas, resoluções de exercícios e demonstrações de algoritmos, conforme o livro *Entendendo Algoritmos* (Bhargava, 2018), além de discussões sobre tópicos relacionados ao conteúdo da disciplina. Ademais, um grupo no aplicativo WhatsApp foi organizado, permitindo uma comunicação mais direta entre os monitores e os discentes, com finalidade de avisos e soluções de dúvidas. Ao fim do período letivo, uma maior atenção foi dada aos discentes em relação ao projeto final, onde os monitores ofereceram suporte presencial para quaisquer dificuldades ou necessidades. Para a análise dos resultados obtidos, foi concebido um formulário online com 4 perguntas objetivas obrigatórias e 1 pergunta dissertativa opcional, divulgado entre os alunos da disciplina. Seu propósito é uma avaliação de satisfação dos que se relacionaram com a monitoria de alguma forma, a respeito dos materiais disponibilizados e da qualidade dos monitores. O formulário está disponibilizado para preenchimento até 16/07/2025, tendo recebido 5 respostas até esta data (10/07/2025). Resultados parciais: do aproveitamento dos encontros on-line, 3 alunos assinalaram como “totalmente positivo” e 2 alunos como “positivo”; da avaliação aos monitores, 5 alunos marcaram “muito proficientes” e “sempre disponíveis”; da qualidade do site monitoriaPI.github.io e de outros recursos disponibilizados, 4 alunos julgaram como “muito útil” e 1 aluno como “útil”; e dos impactos que a monitoria trouxe para a disciplina de Programação Imperativa, 2 alunos evidenciaram uma influência positiva, sendo destacados a ajuda em “revisar e entender alguns conceitos da linguagem C”, “uma melhor compreensão do paradigma de programação imperativa” e o “apoio prestado na execução do Projeto final da cadeira”. Finalmente, a monitoria da disciplina DCExt Programação Imperativa demonstrou ter papel fundamental para o reforço do aprendizado dos estudantes e para o sucesso do projeto de extensão, com alta satisfação e percepção de utilidade. O professor da disciplina, orientador desta proposta, reconhece a importância da participação dos monitores neste semestre letivo, os mesmos se mostraram proativos (criação de site, de grupo de Whatsapp, encontros online, correção de listas de exercícios etc.) e comprometidos, sendo um apoio importante na realização das atividades extra-classe e interação com os discentes.

**Palavras-chave:** *Monitoria; Programação Imperativa; Recursos Online; Avaliação de Satisfação.*

**Referências**

BHARGAVA, Aditya Y. **Entendendo Algoritmos**: Um guia ilustrado para programadores e outros curiosos. Tradução de Rogério Araújo. São Paulo: Novatec Editora, 2018.

MONITORIAPI. MonitoriaPI | Repositório contendo materiais para a monitoria da cadeira de Programação Imperativa, do curso de E-Comp da POLI/UPE, 2025. Disponível em: https://monitoriapi.github.io. Acesso em: 9 jul. 2025.

# Avaliação das Técnicas de Explicabilidade (XAI) em Modelos de Classificação aplicados a dados não estruturados e desbalanceados

**Luirys do Nascimento Silva, Universidade de Pernambuco (luirys.nsilva@upe.br)**
**Cleyton Mário de Oliveira Rodrigues, Universidade de Pernambuco (cleyton.rodrigues@upe.br)**

A crescente adoção de sistemas de aprendizado de máquina e redes neurais profundas em cenários críticos de tomada de decisão intensificou a demanda por modelos que não sejam apenas precisos, mas também interpretáveis (Pereira, 2021). No entanto, a maioria dos estudos em explicabilidade opera sob a premissa de que os dados de treinamento são balanceados entre as classes, o que raramente reflete a realidade dos dados do mundo real. Em tarefas que envolvem dados não estruturados, como textos de mídias sociais ou fontes jornalísticas, o desequilíbrio entre classes não é apenas comum, mas também inerentemente desafiador tanto para a generalização quanto para a explicação do modelo (Pocebon, 2023). Segundo Dablain et al. (2024), há uma carência significativa de abordagens que combinam análise interpretativa com sensibilidade ao desbalanceamento de classes, principalmente em domínios textuais. Silva et al. (2025) destacam ainda que a escolha adequada da estratégia de balanceamento pode melhorar consideravelmente a performance dos modelos, embora a duplicação sintética de amostras apresenta limitações. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo principal investigar o impacto do desbalanceamento de dados em métricas de explicabilidade de modelos de classificação textual, bem como identificar quais técnicas de Inteligência Artificial Explicável (XAI, do inglês *Explainable Artificial Intelligence*) se mostram mais eficazes nesse cenário. A metodologia envolve um mapeamento sistemático da literatura, em andamento, para identificar lacunas na interseção entre XAI e dados desbalanceados, seguido da implementação e avaliação de modelos de classificação como SVM (*Support Vector Machine*), *Random Forest*, Redes Neurais, LSTM (*Long Short-Term Memory*), CNN (*Convolutional Neural Network*) e *Transformers*. Esses algoritmos serão testados com diferentes estratégias de balanceamento: sem intervenção, *undersampling* e *oversampling*. As técnicas de explicabilidade aplicadas incluem LIME (*Local Interpretable Model-Agnostic Explanations*) e visualizações baseadas em atenção. Nos experimentos iniciais, foi utilizado um conjunto de dados de referência do domínio financeiro, voltado para análise de sentimento e classificação de relevância (Malo, 2014). O corpus é composto por pequenos segmentos textuais rotulados em três classes: negativa (604 exemplos), neutra (2879 exemplos) e positiva (1363 exemplos), refletindo um desbalanceamento natural. Para treinamento e avaliação, os dados foram divididos em 80% para treino e 20% para teste, sendo que as estratégias de *undersampling* e *oversampling* foram aplicadas exclusivamente ao conjunto de treino, preservando a distribuição original no teste. Observa-se que a classe neutra predomina, o que se justifica pela natureza do discurso financeiro. A análise de performance do SVM e do LSTM considerou quatro métricas principais: acurácia, precisão, *recall* e *F1-score*. Para o SVM, a estratégia de *oversampling* apresentou o desempenho mais equilibrado em todas as métricas, especialmente no F1 (0,7402). O modelo sem balanceamento, embora tenha atingido os maiores valores de precisão (0,7464) e *recall* (0,7464), obteve F1 ligeiramente inferior (0,7363), sugerindo viés em favor da classe majoritária. Já o *undersampling* apresentou os piores resultados, com quedas significativas de precisão (0,6784) e recall (0,6784), reflexo da perda de informação ao remover instâncias da classe dominante. O LSTM, em contrapartida, mostrou comportamento mais estável em todas as métricas, independentemente da técnica aplicada. Notavelmente, o *undersampling* produziu a maior precisão (0,7177), enquanto o *oversampling* obteve o melhor F1 (0,7037), indicando compensação entre precisão e *recall*. Para a análise de interpretabilidade, foi selecionada a instância "*preliminary estimation technology park measure square meter*". No modelo SVM com LIME, a palavra "*square*" recebeu peso positivo em todas

as estratégias: próximo de 0,0986 nos cenários desbalanceado e de *undersampling*, e ligeiramente superior no *oversampling* (0,1117). Isso sugere que "*square*" representa um padrão semântico robusto. Já no LSTM, o modelo sem balanceamento destacou "*preliminary*" (-0,0004), enquanto o *undersampling* produziu pesos próximos de zero para termos como "*meter*" (-0,0000) e "*square*" (0,0001). No *oversampling*, os pesos foram mais expressivos: "*estimation*" (0,0017) e "*technology*" (-0,0011). Na visualização de atenção, o SVM destacou "*square*" e "*technology*". A primeira apresentou peso positivo em todas as estratégias, com destaque no *oversampling* (0,908926), enquanto a segunda apresentou peso negativo, também mais acentuado no *oversampling* (-0,871452). O LSTM, por sua vez, distribuiu a atenção entre termos como "*measure*", "*technology*", "*estimation*", "*park*", "*square*" e "*preliminary*", sendo o *oversampling* novamente o mais expressivo: "*square*" (0,427090) e "*preliminary*" (-0,277249). Os resultados indicam que o *oversampling* tende a mitigar os efeitos do desbalanceamento, tanto na performance quanto na clareza das explicações. Observou-se ainda que o SVM apresentou viés interpretativo em favor da classe negativa, com explicações pouco conectadas semanticamente aos textos, enquanto o LSTM demonstrou maior coerência contextual e estabilidade mesmo em cenários desbalanceados. Esses achados confirmam que o desbalanceamento afeta não apenas a performance, mas também a confiabilidade das interpretações, aspecto crítico em sistemas que justificam decisões automatizadas. Por fim, espera-se ampliar o estudo com novas técnicas de explicabilidade e estratégias de balanceamento. O objetivo final é propor diretrizes metodológicas para o uso de XAI em cenários de dados não estruturados e desbalanceados, além de disponibilizar repositórios públicos que favoreçam a reprodutibilidade científica. Assim, este projeto busca preencher lacunas relevantes ao integrar diferentes modelos de classificação, estratégias de balanceamento e técnicas de explicabilidade, com foco em aplicações práticas e socialmente significativas.

**Palavras-chave:** *Dados Desbalanceados; Inteligência Artificial Explicável; Classificação de Textos; Avaliação de Modelos.*

**Referências**

DABLAIN, Damien et al. Understanding imbalanced data: XAI & interpretable ML framework. **Machine learning**, v. 113, n. 6, p. 3751-3769, 2024.

MALO, Pekka et al. Good debt or bad debt: Detecting semantic orientations in economic texts. **Journal of the Association for Information Science and Technology**, v. 65, n. 4, p. 782-796, 2014.

POCEBON, Márcio. Ética na IA: Desafios e considerações éticas em aplicativos de IA e Machine Learning. **Jornada Acadêmica**, v. 7, n. 1, p. 2-2, 2023.

PEREIRA, José Renato Laranjeira de. Transparência pela cooperação: como a regulação responsiva pode auxiliar na promoção de sistemas de machine-learning inteligíveis. **Revista de Direito Setorial e Regulatório**, v. 7, n. 1, p. 194-223, 2021.

SILVA, Anna Beatriz et al. Evaluating how different balancing data techniques impact on prediction of premature birth using machine learning models. **PloS one**, v. 20, n. 3, p. e0316574, 2025.

# Plataforma FAP - Gestão Educacional em Projetos de Formação Tecnológica: Um Estudo de Caso sobre Desenvolvimento de Software

**Haderson Abração Alves de Almeida, Universidade de Pernambuco (haaa@ecomp.poli.br)**
**Ivaldir Honório de Farias Júnior, Universidade de Pernambuco (ivaldir.farias@upe.br)**

A Pesquisa de Escassez de Talentos 2025, conduzida pelo ManpowerGroup, revela que a escassez de profissionais qualificados no Brasil permanece crítica, com 81% dos empregadores enfrentando dificuldades para preencher vagas. O setor de Tecnologia da Informação (TI) é particularmente afetado, registrando uma escassez de 84%, o que indica que mais de quatro em cada cinco empresas de TI no país têm dificuldades em encontrar talentos com as habilidades necessárias (ManpowerGroup, 2025). Fatores como a rápida transformação digital, mudanças demográficas e a falta de diversidade e inclusão contribuem para esse cenário desafiador para grandes centros, estados e o Brasil como um todo (VIEIRA, GUILHERME LUNARDI, 2024). A crescente digitalização dos negócios tem intensificado a demanda por profissionais qualificados, especialmente nas áreas de TI e Dados, que representam 39% das dificuldades de contratação apontadas pelos empregadores. Essa escassez reflete a necessidade urgente de formar talentos capacitados para lidar com os desafios tecnológicos, garantindo inovação e competitividade no mercado. Nesse cenário, o programa Formação Acelerada em Programação (FAP) se destaca como uma solução estratégica para suprir a carência de desenvolvedores no mercado. Recentemente, um grupo de 410 alunos de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte concluiu sua formação dentro do programa, que combinou ensino a distância e aulas presenciais, totalizando 324 horas de capacitação. Essa iniciativa, conduzida pela Softex Pernambuco em parceria com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), faz parte de um esforço maior para qualificar 1.500 profissionais aptos a atuar no desenvolvimento de software, sites e aplicativos (Folha de Pernambuco, 2024). Diante desse contexto, foi realizado um trabalho de levantamento e definição de processos que melhor se adequasse para seleção, formação e inserção de profissionais no mercado. Percebeu-se a necessidade de desenvolvimento de uma plataforma para atender essa demanda de forma personalizada. A implementação do sistema foi feita com Ruby on Rails, um framework amplamente utilizado para aplicações web escaláveis e que permite um desenvolvimento ágil e produtivo. O uso do Scrum como metodologia de gestão garantiu entregas incrementais e alinhamento contínuo com os objetivos do projeto. Cada sprint foi estruturado para incluir atividades de planejamento, desenvolvimento, testes e revisão, seguindo práticas recomendadas para desenvolvimento ágil de software (SCHWABER & SUTHERLAND, 2020). A adoção de metodologias ágeis foi fundamental para lidar com mudanças nos requisitos e garantir um processo iterativo e adaptável. Segundo Sommerville (2011), abordagens ágeis como Scrum promovem maior colaboração entre equipes, flexibilidade no desenvolvimento e ciclos de entrega mais curtos, tornando-as ideais para projetos educacionais inovadores. A plataforma WEB apresentada neste trabalho visa apoiar o mercado de tecnologia na formação em grande escala de profissionais TIC de maneira a impactar positivamente na escassez de talentos. Com a aplicação desenvolvida, ICTs (Institutos de Ciência e Tecnologia) e projetos no Brasil poderão executar a formação de novos desenvolvedores e garantir a eficiência através da gestão integrada. Este estudo de caso apresenta a aplicação da Plataforma FAP no curso de Formação Acelerada em Programação, analisando seus impactos na estruturação do processo de ensino e na qualidade da formação dos novos desenvolvedores. Antecedendo ao desenvolvimento do software foi mapeado e definido os métodos de seleção, ensino e formação. Para a seleção de candidatos temos primeiramente a etapa de inscrição, teste de lógica, submissão de vídeo-currículo para avaliação, ranqueamento e por fim a divulgação dos resultados. Foram mais de 18.000 (dezoito

mil) inscritos para participação da formação composta por 6 (seis) meses de aula e 3 (três) de residência por isso uma plataforma desenvolvida de maneira específica para atender todas as nuances do projeto foi necessário. Durante a formação os alunos são desafiados com problemas reais e é utilizado o método Projeto Integrador, onde empresas do ecossistema TIC submetem problemas reais que podem se tornar aplicações a serem absorvidas por sua companhia. Para o projeto integrador a aplicação foi desenvolvida com as seguintes etapas primeiramente a empresa submete desafio, professores selecionam os problemas, em seguida eles montam as equipes de alunos para cada desafio realizando o match de acordo com os conteúdos lecionados em cada turma. Além do Projeto Integrador uma outra etapa importante e que gera um impacto enorme na formação de novos profissionais é a residência. Com bolsas pagas pelo projeto e sem custo algum para a empresa, permite que as companhias recebam os alunos que tiveram o melhor desempenho durante a formação para dar continuidade a projetos de inovação ou integrar nas equipes de desenvolvimento. A plataforma desenvolvida gerencia a submissão de vagas pela empresa, alocação automática dos alunos de acordo com o tipo de vaga (híbrida, remota, presencial), localização e ranqueamento do desempenho dos alunos, acompanha o a assinatura dos documentos e termos necessário para execução da bolsa, e por fim integra com sistema de gestão e financeiro das bolsas. Concluímos que ao possuir processos integrados de gestão através da plataforma com ranqueamento, alocação automatizada, entre outras funcionalidades, permitiu que times pedagógicos, secretaria e administração conseguissem apoiar os alunos no aprendizado tanto para pessoas de início na área TIC quanto para transição de carreira. Além disso, a metodologia desenvolvida neste estudo pode servir como base para futuras pesquisas no processo de formação de profissionais TIC, na aplicação de técnicas de desenvolvimento de software educacional.

**Palavras-chave:** *tecnologia; educação; mão-de-obra; formação.*

**Referências**

Manpowergroup (2025). Pesquisa de escassez de talentos em 2025. Disponível em: https://blog.manpowergroup.com.br/pesquisa-de-escassez-de-talentos-2025. Acesso em: 18 jul. 2025.

Folha de Pernambuco (2024). Notícia sobre a formação. Disponível em: https://www.folhape.com.br/colunistas/tecnologia-e-games/softex-pe-e-ministerio-da-ciencia-e-tecnologia-formam-410-alunos-em-tecnologia-da-informacao/42101/. Acesso em: 18 jul. 2025.

VIEIRA, GUILHERME LUNARDI, O processo de recrutamento e seleção de profissionais de TI frente ao mercado de tecnologia em constante expansão em Porto Alegre e Região Metropolitana (RS), 2024. Disponível em: https://lume.ufrgs.br/handle/10183/282212. Acesso em: 18 jul. 2025.

SCHWABER & SUTHERLAND, 2020. Disponível em: https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-PortugueseBR-3.0.pdf. Acesso em: 18 jul. 2025.

SOMMERVILLE, Ian. Engenharia de Software. 9. ed. São Paulo: Pearson, 2011. Disponível em: https://www.facom.ufu.br/~william/Disciplinas%202018-2/BSI-GSI030-EngenhariaSoftware/Livro/engenhariaSoftwareSommerville.pdf. Acesso em: 18 jul. 2025.

# Clusterização Hierárquica de Mesorregiões com Base de Dados do SINAN: Um Estudo sobre Tuberculose no estado de Pernambuco

**Franciele Silva de França, Universidade de Pernambuco (fsf2@poli.br)**
**Roberta Andrade de Araújo Fagundes, Universidade de Pernambuco (roberta.fagundes@upe.br)**

A tuberculose é uma doença infectocontagiosa transmitida pelas vias aéreas, causada pela bactéria *Mycobacterium tuberculosis* (bacilo de Koch) (BRASIL, 2025a). No Brasil, após queda histórica, os casos voltaram a crescer após a pandemia (SILVA; GALVÃO, 2024), com mais de 84 mil notificações e cerca de 6 mil óbitos anuais (BRASIL, 2025b). Em Pernambuco, foram contabilizados 55,9 casos por 100 mil habitantes em 2023. Este estudo teve como objetivo identificar grupos homogêneos de mesorregiões no estado, reconhecendo padrões de incidência da tuberculose e fatores epidemiológicos associados. Foram analisados dados públicos do SINAN, obtidos via DATASUS (BRASIL, 2025), de 2001 a 2024, filtrados para Pernambuco. Aplicou-se clusterização hierárquica, com padronização das variáveis e suporte da biblioteca Scikit-learn (SCIKIT-LEARN, 2025). As variáveis incluíram ano de notificação, município e total de casos anuais. Optou-se pelo agrupamento hierárquico pela capacidade de reunir registros com base na proximidade; o número de clusters foi definido pela análise do dendrograma. Estudos anteriores também aplicaram técnicas de agrupamento em dados de tuberculose no Brasil (ROSSINI et al., 2024) e em outros contextos (AFIFAH; FARIZA; BASOFI, 2022; AZIZAH et al., 2022). O dendrograma revelou três agrupamentos bem definidos: baixa (0), média (1) e alta (2) concentração de casos. O índice de silhueta (0.491) indicou agrupamentos moderadamente coesos, enquanto o índice Davies-Bouldin (0.853) sugeriu boa separação entre clusters. A mesorregião Metropolitana do Recife (RMR) apresentou alta concentração, condizente com sua elevada densidade populacional, fator que favorece a transmissão (AFIFAH; FARIZA; BASOFI, 2022), além de estar associada à pobreza e à precariedade da infraestrutura social (AZIZAH et al., 2022; FARIAS et al., 2022). Já Agreste e Mata Pernambucana apresentaram nível médio, possivelmente devido à menor cobertura de saúde e à proximidade com a RMR, criando “pontes” epidemiológicas. As mesorregiões do Sertão e São Francisco Pernambuco apresentaram baixa concentração, sendo áreas mais distantes da capital, com menor densidade populacional e possível dificuldade de acesso aos serviços de saúde. Esses fatores podem reduzir a transmissão, mas também gerar subnotificações (SOUZA et al., 2015). A clusterização hierárquica permitiu análises estratégicas para cada grupo. Observou-se que, na RMR, a densidade populacional afeta diretamente a concentração de casos. Conclui-se que são necessárias políticas públicas específicas, como intensificação da testagem e o fortalecimento da atenção primária. As mesorregiões com incidência moderada requerem ampliação da cobertura dos serviços de saúde e vigilância epidemiológica, a fim de evitar escalada de casos semelhantes à RMR. Por outro lado, o Sertão e São Francisco Pernambuco demandam manutenção da vigilância ativa. O estudo cumpriu seu objetivo, contribuindo para o planejamento estratégico focado nas necessidades regionais. Reforça-se o potencial da inteligência artificial na análise territorial e epidemiológica, alinhando-se a evidências internacionais sobre o uso de técnicas de aprendizagem de máquina na saúde pública (PATHAK et al., 2024). Pesquisas futuras devem investigar o impacto do crescimento populacional e do acesso aos serviços de saúde sobre a incidência da doença.

**Palavras-chave:** *Inteligência artificial; clusterização hierárquica; tuberculose; saúde pública.*

**Referências**

AFIFAH, Sarah Ummul; FARIZA, Arna; BASOFI, Arif. Spatial-temporal visualization of tuberculosis vulnerability in East Java, Indonesia, using the K-medoids clustering algorithm. In: INTERNATIONAL ELECTRONICS SYMPOSIUM (IES), 2022, Surabaya.

AZIZAH, Ayu; ILHAM, Amil Ahmad; SYAFARUDDIN. Spatial analysis of the spread of tuberculosis cases based on socio-economic factors using distance-based algorithm. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRICAL ENGINEERING AND INFORMATICS (IECELTICs), IEEE, 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de Informática do SUS – DATASUS. Transferência de Arquivos. Brasília: Ministério da Saúde, 2025. Disponível em: https://datasus.saude.gov.br/transferencia-de-arquivos/. Acesso em: 18 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Tuberculose. Brasília: Ministério da Saúde, 2025a. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/t/tuberculose. Acesso em: 10 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente. Boletim Epidemiológico – Tuberculose 2025. Número especial. Brasília: Ministério da Saúde, 2025b. Disponível em: https://www.gov.br/aids/pt-br/central-de-conteudo/boletins-epidemiologicos/2025/boletim-epidemiologico-tuberculose-2025. Acesso em: 18 jul. 2025.

FARIAS, Alessandra Nunes; FERNANDES, Antônia Victória; GUEDES, Kethelin Pinto; CALHEIROS, Lis de Lima; MARTINS, Albert Eduardo Silva. Epidemiologia da tuberculose e sua distribuição espacial na Região Metropolitana de Recife entre 2019 e 2020. The Brazilian Journal of Infectious Diseases, v. 26, supl.1, p. 101980, jan. 2022.

PATHAK, Abhijit; BABLU, Ziaul Islam; LIMON, Towhidul Haque; BARUA, Sowmik; DEY, Piyal; JIBA, Mowmita Tajnin; SEYAM, Touhidul Alam. Application of machine learning K-means clustering and linear regression in determining the risk level of pulmonary tuberculosis. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING, APPLICATIONS AND SYSTEMS (COMPAS), 2024, Bangladesh.

ROSSINI, Angelo; ALVES, Domingos; CASSÃO, Vitor; MIYOSHI, Newton Shydeo Brandão. Unsupervised K-means analysis of tuberculosis data in Brazil: identifying high prevalence states and temporal trends. Procedia Computer Science, v. 239, p. 1839-1846, 2024. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050924016090. Acesso em: 11 set. 2025.

SCIKIT-LEARN. Hierarchical clustering. Disponível em: https://scikit-learn.org/stable/modules/clustering.html#hierarchical-clustering. Acesso em: 18 jul. 2025.

SILVA, Marcus Tolentino; GALVÃO, Taís Freire. Incidência de tuberculose no Brasil: análise de série temporal entre 2001 e 2021 e projeção até 2030. Revista Brasileira de Epidemiologia, São Paulo, v. 27, e240027, 2024.

SOUZA, Márcia São Pedro Leal; AQUINO, Rosana; PEREIRA, Susan M.; COSTA, Maria da Conceição Nascimento; BARRETO, Mauricio Lima; NATIVIDADE, Marcio; XIMENES, Ricardo; SOUZA, Wayner; DANTAS, Odimariles Maria; BRAGA, José Ueleres. Fatores associados ao acesso geográfico aos serviços de saúde por pessoas com tuberculose em três capitais do Nordeste brasileiro. Cadernos de Saúde Pública, v. 31, n. 1, p. 111-120, jan. 2015.

# PoliMap: Ambiente integrado com Godot e React para Navegação Eficiente no campus universitário

**Matheus Souza de Oliveira, Universidade de Pernambuco (msdo@poli.br)**
**Hemir da Cunha Santiago, Universidade de Pernambuco (hcs2@poli.br)**

A transição para o ensino superior representa um período de intensas transformações, no qual a adaptação psicossocial ao novo ambiente influencia diretamente a permanência e o sucesso acadêmico do estudante. Nesse contexto, a desorientação espacial dentro de campi universitários complexos emerge como um fator crítico, como discutido por Passini (1996) no campo do wayfinding, processo cognitivo que envolve a orientação e navegação a partir de marcos visuais e mapas mentais. Na Escola Politécnica de Pernambuco (Poli-UPE), essa dificuldade é acentuada pela disposição física dos blocos, erigidos em diferentes períodos e conectados por circulações nem sempre intuitivas, além de uma sinalização estática sujeita a desatualizações. Tal cenário pode intensificar a sensação de desorientação e frustração entre os discentes, afetando sua adaptação acadêmica. Diante desse desafio, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento do PoliMap, um ambiente digital aberto que integra a Godot Engine e a biblioteca React com o objetivo de mitigar a desorientação espacial. A solução fundamenta-se em princípios de wayfinding e oferece orientação por meio de uma interface tridimensional interativa, sem recorrer a tecnologias de Realidade Aumentada. A concepção do PoliMap partiu da análise de trabalhos correlatos, como os sistemas de mapas digitais institucionais descritos por Li et al. (2020) e Wang e Chiou (2019), que, embora demonstrem benefícios na visualização espacial, frequentemente apresentam limitações: dependência de software proprietário, builds para web excessivamente grandes e ausência de malhas de navegação atualizáveis. Visando superar essas barreiras, a metodologia do PoliMap foi estruturada em um pipeline de produção 100% open-source. O processo iniciou-se com a coleta de 284 fotografias digitais dos blocos e corredores da instituição. A partir dessas imagens, foi realizada modelagem tridimensional low-poly em Blender utilizando box-modeling, técnica de baixo custo que dispensa fotogrametria e assegura alta replicabilidade. Para otimizar a performance em navegadores, aplicou-se a compressão Draco, algoritmo do Google que reduz o tamanho de ativos 3D. Os modelos foram então integrados à Godot Engine, motor de jogos open-source reconhecido por sua licença permissiva e por oferecer suporte a navegação dinâmica. A arquitetura de software foi especificada em diagramas UML e implementada com controladores dedicados: o MapController para rotas e cenas, o GameStateController para estados do sistema e o Player3D para movimentação. A navegação baseou-se no NavigationServer3D, que gera malhas de navegação (navmesh) simplificadas e permite o cálculo de rotas em tempo real com o algoritmo A*, conforme destacado por Hart, Nilsson e Raphael (1968) em sua formulação original. A camada web foi desenvolvida em React seguindo princípios de Design Centrado no Usuário (ISO 9241-210, 2010), assegurando que a interface fosse orientada às necessidades dos calouros. A entrega foi automatizada via Vercel, plataforma em nuvem integrada ao Git para Continuous Integration e Continuous Deployment (CI/CD), onde a hospedagem do site é feita de forma automatizada, e integrada ao repositório hospedado no GitHub. Os resultados técnicos confirmaram a viabilidade da abordagem. Em testes realizados em notebook de entrada (Ryzen 3 5400U, iGPU) e desktop de alto desempenho (Ryzen 5 5600X, RTX 3060), a taxa de quadros oscilou entre 28–32 FPS em áreas abertas e 60 FPS em ambientes internos no hardware mais modesto, e de forma estável aos 60 FPS na máquina mais poderosa, atendendo à meta de usabilidade. O pacote JavaScript da interface React totalizou 111 kB (gzip), assegurando tempo de interação inferior a 1 segundo em redes 4G. O carregamento inicial do ambiente 3D variou de 1 a 7 segundos em redes estáveis. O build WebGL de 300 MB representa um trade-off deliberado: todo o conteúdo é pré-carregado para permitir transições rápidas (2–4 segundos) entre cenas, ao custo de

maior tempo inicial de download, o que pode comprometer o acesso em redes instáveis — limitação reconhecida e indicada como foco de otimização futura. Conclui-se que o PoliMap é tecnicamente viável para implantação institucional e se posiciona como referência replicável de digital twin acadêmico desenvolvido em pipeline inteiramente open-source. Entre as limitações, destaca-se a ausência de uma validação qualitativa com o público-alvo: futuros estudos devem incluir testes de usabilidade com calouros para avaliar objetivamente o impacto na mitigação da desorientação. Adicionalmente, propõe-se um plano de manutenção contínua do modelo 3D, baseado em ciclos periódicos de atualização da geometria a partir de plantas baixas e fotografias pós-reforma, seguidos pela regeneração automática da navmesh na Godot Engine. Trabalhos futuros também incluem a otimização de performance, a conversão em Progressive Web App (PWA) para suporte offline, a integração com dados dinâmicos do campus e o uso de técnicas de Machine Learning para automatizar a reconstrução tridimensional.

**Palavras-chave:** *Mapeamento 3D; Navegação; Usabilidade; Campus Universitário.*

**Referências**

ARTHUR, Paul; PASSINI, Romedi. Wayfinding: People, Signs, and Architecture. **New York: McGraw-Hill**, 1992.

BHANDARI, Kiran; BHOIR, Ritanshu; SAGARE, Atharva; GAVAS, Vinay; UPADHYAY, Yashraj. Virtual campus tour using unity3d. **Journal of Emerging Technologies and Innovative Research**, v. 10, n. 4, p. 631-638, 2023.

DIAS, Ana C. G.; CARLOTTO, R. C.; OLIVEIRA, C. T.; TEIXEIRA, Marcus A. P. Dificuldades percebidas na transição para a universidade. **Revista Brasileira de Orientação Profissional**, v. 20, n. 1, p. 19-30, 209.

DIJKSTRA, Edsger W. A note on two problems in connexion with graphs. **Numerische Mathematik**, v. 1, p. 269-271, 1959.

FOWLER, Martin. UML Distilled: A Brief Guide to the Standard Object Modeling Language. 3. ed. **Addison-Wesley**, 2003.

HART, Peter E.; NILSSON, Nils J.; RAPHAEL, Bertram. A formal basis for the heuristic determination of minimum cost paths. **IEEE Transactions on Systems Science and Cybernetics**, v. 4, n. 2, p. 100-107, 1968.

LARMAN, Craig. Applying UML and Patterns: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and Iterative Development. 3. ed. **Prentice Hall**, 2004.

LYNCH, Kevin. The Image of the City. **Cambridge, MA: MIT Press**, 1960.

TEIXEIRA, Marcus A. P.; DIAS, Ana C. G.; WOTTRICH, Simone H.; OLIVEIRA, Aline M. Adaptação à universidade em jovens calouros. **Revista Semestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional (ABRAPEE)**, v. 12, n. 1, p. 185-202, 2008.

TINTO, Vincent. Leaving College: Rethinking the Causes and Cures of Student Attrition. 2. ed. **Chicago: University of Chicago Press**, 1994.

# A influência do detalhamento de instruções no prompt na acurácia de replicação de diagramas de classes UML pelo ChatGPT4: um Experimento Controlado

**Gabriel Rodrigues Tavares de Lima, Universidade de Pernambuco (grtl@ecomp.poli.br)**
**Helaine Solange Lins Barreiros, Universidade de Pernambuco (helaine.lins@upe.br)**
**Eraylson Galdino da Silva, Universidade de Pernambuco (eraylson.galdino@upe.br)**
**Ivaldir Honório de Farias Júnior, Universidade de Pernambuco (ivaldir.farias@upe.br)**

A integração da Inteligência Artificial (IA), particularmente de Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLMs) como o ChatGPT, representa um avanço promissor para a Engenharia de Software (ES). Entretanto, é necessário compreender dentro de um fluxo de processo de trabalho padronizado e reprodutível como o nível de detalhamento de instruções nos prompts e informações sobre o contexto afetam a acurácia utilizando como exemplo uma replicação de classes UML isolando o fator de conhecimento de domínio (CÁMARA *et al*., 2023). Torna-se, portanto, fundamental quantificar o impacto do detalhamento dos prompts para estabelecer diretrizes que aprimorem a aplicação da IA na ES. Este trabalho aborda a necessidade de uma avaliação metodológica rigorosa sobre a aplicabilidade do ChatGPT em atividades específicas, como a replicação de diagramas, e a influência dos prompts na efetividade de suas respostas (DJABER; HADJADJ, 2023). O objetivo principal deste estudo foi avaliar o impacto que o detalhamento dos prompts exerce sobre o desempenho do ChatGPT4 na replicação de diagramas de classes UML. A investigação focou na relação de causa e efeito entre a especificidade das instruções e a acurácia dos diagramas gerados. É importante ressaltar que o propósito não era medir a capacidade do modelo de compreender a semântica de negócios, mas sim de analisar como variáveis no prompt influenciam a precisão sintática da replicação. Para isso, foi adotado um design de experimento controlado (WOHLIN *et al.*, 2012). Prompts com níveis de detalhamento variados: genérico, moderadamente específico e altamente estruturado, foram submetidos ao ChatGPT-4. A precisão da replicação foi avaliada pela comparação com o diagrama original, contabilizando a presença ou ausência de seus elementos. Para minimizar o aprendizado contextual e garantir a independência de cada teste, uma nova sessão de conversa foi iniciada para cada prompt. O diagrama UML de referência, selecionado aleatoriamente de um projeto de código aberto, continha 6 classes, 3 interfaces, 4 relações de associação unidirecional, 2 relações de composição e 2 cardinalidades. As variáveis dependentes foram o percentual de acertos na reprodução e a contagem de erros sintáticos no código PlantUML. A análise estatística foi realizada por meio dos testes de Shapiro-Wilk, Kruskal-Wallis e Dunn. Os resultados, com base no teste de Kruskal-Wallis, indicaram que o detalhamento dos prompts influenciou significativamente a precisão da replicação (p-valor = 2.309e-06). Contrariando as expectativas iniciais, os diagramas gerados a partir de prompts mais detalhados ("Altamente Estruturado e Específico") apresentaram menor precisão (mediana = 57,81%) e maior variabilidade (IQR = 36,71). Em contraste, a categoria de prompts "Genéricos" obteve o desempenho mais consistente (IQR = 6,25) e elevado em termos de acertos (mediana = 92,18%). Os prompts "Moderadamente Específicos" demonstraram boa consistência, porém com medianas de acertos inferiores aos "Genéricos" (mediana = 87,5%). O teste de Dunn revelou uma diferença estatisticamente significativa entre os resultados dos prompts "Altamente Estruturados" e os grupos "Genérico" (p-valor ajustado = 1.26e-6) e "Moderadamente Específico" (p-valor ajustado = 6.85e-3). Contudo, não foi encontrada diferença significativa entre os grupos "Genéricos" e "Moderadamente Específicos" (p-valor ajustado = 1.34e-1). Esses achados revelam uma implicação prática e contraintuitiva para engenheiros de software: na tarefa de replicação de diagramas, a alta especificação de instruções é prejudicial à precisão. Na prática, um engenheiro obterá resultados mais consistentes e acurados ao fornecer um objetivo claro e direto, como nos prompts "Genéricos", em vez de um roteiro detalhado passo a passo. Isso sugere que a ferramenta opera com maior

eficácia quando possui autonomia para interpretar o objetivo geral. Como trabalhos futuros, sugere-se a construção de modelos preditivos para antecipar a precisão dos diagramas, a realização de estudos de caso e validações qualitativas com especialistas para avaliar a aplicabilidade prática da ferramenta em fluxos de trabalho reais, e a exploração de métodos de avaliação mais diversificados que incluam uma análise de custo-benefício aprofundada.

**Palavras-chave:** *Inteligência Artificial; Engenharia de Software; UML; LLM.*

**Referências**

CÂMARA, Javier *et al*. On the assessment of generative AI in modeling tasks: an experience report with ChatGPT and UML. **Research Square**, 2023. Preprint. DOI: 10.21203/rs.3.rs-3597953/v1.

ROUABHIA, Djaber; HADJADJ, Ismail. Gunning Fog Index and Automated UML Generation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON NETWORKING AND MACHINE LEARNING (ICNML), 2., 2023, Guilin, China. **Proceedings** [...]. [*S. l.*]: IEEE, 2023. p. 111-115.

WOHLIN, Claes *et al*. **Experimentation in software engineering**. [*S. l.*]: Springer, 2012.

# Aplicação de Redes Neurais para Evasão Escolar

**Diego Araújo Silva, Universidade de Pernambuco (diego.araujos@upe.br)**
**Roberta Andrade de Araújo Fagundes, Universidade de Pernambuco (roberta.fagundes@upe.br)**

A evasão no ensino superior brasileiro representa um desafio significativo para instituições e estudantes. Para as universidades, resulta em salas vazias, ociosidade de docentes e subutilização da infraestrutura. Para os alunos, implica perda de tempo, recursos e, muitas vezes, dificuldades financeiras que contribuem para o abandono dos estudos. Segundo dados do ensino superior, entre 2018 e 2022, a taxa acumulada de evasão alcançou 57,2%, com apenas 25,6% dos estudantes concluindo a graduação (INSTITUTO SEMESP, 2024). Esses índices evidenciam a necessidade de medidas eficazes para previsão e prevenção da evasão, contribuindo para a melhoria da retenção e do planejamento acadêmico. Apesar da existência de programas voltados para a redução da evasão, suas causas são variadas, desde dificuldades financeiras ate problemas com o aprendizado, tornando a identificação precoce de alunos em risco de abandono, uma estratégia fundamental para mitigar o problema. Considerando isso, este estudo propõe o uso de redes neurais artificiais para a previsão da evasão de estudantes no ensino superior. Com o objetivo de aplicar modelos de redes neurais artificiais, especificamente Multilayer *Perceptron* (MLP) e *Extreme Learning Machine* (ELM), para prever a evasão de alunos no ensino superior, utilizando uma base de dados pública do Instituto Politécnico de Portalegre (Portugal), composta por informações demográficas, socioeconômicas e acadêmicas de 4.424 estudantes de 17 cursos de graduação da instituição (REALINHO et al., 2021). Apesar de não ser uma base com dados de instituições brasileiras, esta base foi escolhida pela sua diversidade de dados e equivalência com dados encontrados em bases brasileiras. Neste trabalho foi utilizada uma metodologia inspirada na CRISP-DM (*Cross Industry Standard Process for Data Mining*) (SHEARER, 2000) como base para o fluxo de pesquisa e desenvolvimento do projeto, desde a aquisição da base de dados até o a análise dos resultados da previsão das redes neurais, sendo sua única diferença a construção da base de dados, sendo esta já pronta. Primeiro, foi realizada uma busca por artigos que referenciam o trabalho de apresentação da base de dados do Instituto Politécnico de Portalegre, com o objetivo de identificar estudos que a utilizam, bem como artigos que abordam o tema da previsão de evasão escolar. Depois, a base de dados foi analisada, com foco na identificação de suas variáveis, na forma como os alunos foram classificados (graduados, matriculados ou evadidos) e no método utilizado para sua construção. Com base em trabalhos anteriores que utilizaram a base, além de testes preliminares utilizando as redes neurais MLP e ELM, foi realizado o pré-processamento dos dados, removendo os alunos classificados como "matriculados", por representaram uma ambiguidade na base, sendo eles não graduados nem evadidos. Também foi escolhida a proporção 80:20 para treino/teste, e mantendo todas as variáveis, entre outros ajustes. Assim, foram definidas as configurações dos modelos MLP e ELM, abrangendo desde o algoritmo de padronização dos dados e a divisão treino-teste, até a escolha dos hiperparâmetros, considerando as limitações e capacidades das bibliotecas utilizadas. Após os testes, os modelos MLP e ELM foram avaliados com base na especificidade, uma das poucas métricas que medem diretamente o desempenho na identificação da classe negativa (POWERS, 2020), sendo neste caso os alunos classificados como evadidos, e no tempo de execução da melhor métrica obtida, como indicador de custo computacional. Por fim, com base nos resultados, foram discutidas possíveis justificativas para o desempenho observado, bem como potenciais aplicações das redes neurais em instituições de ensino superior. Portanto, ambos os modelos testados apresentaram resultados satisfatórios no contexto da previsão de evasão escolar, considerando as métricas de especificidade e tempo de execução. A especificidade, que mede a capacidade de identificar corretamente os

alunos evadidos (classe negativa), foi de 87,00% para o MLP, indicando maior precisão na detecção de casos reais de evasão. Já o ELM obteve uma especificidade de 81,59%, revelando uma leve tendência a classificar erroneamente alguns alunos evadidos como graduados. No que se refere ao tempo de execução das melhores configurações, observou-se uma diferença significativa entre os modelos. O MLP, mesmo utilizando GPU dedicada, levou 4,71 segundos para realizar a predição em sua configuração mais eficiente. Por outro lado, o ELM concluiu o mesmo processo em apenas 0,01477 segundos, executando totalmente em CPU. Essa discrepância evidencia a vantagem computacional do ELM, especialmente em contextos que demandam processamento rápido ou com infraestrutura limitada. Esses resultados demonstram que ambos os modelos são viáveis para aplicação prática, mas com características técnicas distintas: o MLP oferece maior precisão na identificação de alunos em risco de evasão, enquanto o ELM se destaca pela agilidade e eficiência computacional. A escolha entre os dois deve considerar o equilíbrio entre desempenho preditivo e recursos disponíveis, conforme a realidade e os objetivos de cada instituição. Considerando seu uso por instituições de ensino, o modelo MLP demonstrou ser uma rede extremamente versátil e configurável, permitindo sua adaptação a diferentes realidades e exigências institucionais. Sua flexibilidade técnica, no entanto, vem acompanhada de uma maior demanda computacional, exigindo ambiente especializado e, preferencialmente, suporte de hardware com aceleração via GPU. Dessa forma, sua utilização é mais adequada a instituições que possuam maior infraestrutura tecnológica e interesse em configurações customizadas e precisas. O modelo ELM, por outro lado, apresentou um desempenho satisfatório com baixo custo computacional, podendo ser executado integralmente em CPU, o que o torna acessível a instituições com recursos mais limitados. Ainda assim, sua eficácia depende fortemente da escolha dos hiperparâmetros e da sensibilidade à distribuição dos dados, além de sua estrutura não permitir ajustes dinâmicos de pesos, o que reduz sua adaptabilidade em relação ao MLP. Apesar disso, sua velocidade de execução e facilidade de implementação o tornam uma alternativa prática para sistemas de monitoramento e triagem rápida. Contudo, a escolha entre os modelos pode variar conforme a necessidade institucional: priorizar menos erros e aceitar um tempo de processamento mais elevado, quando se quer ser mais seletivo e criterioso (MLP), ou optar por uma solução muito mais rápida, com excelente detecção de evasão, mas com maior risco de classificar incorretamente alguns alunos que possuam chance de evadir (ELM), sendo que essa escolha deve ser feita sempre considerando a realidade dos alunos, da instituição e de outros fatores que possam contribuir para a evasão.

**Palavras-chave:** *Evasão Escolar; Redes Neurais; Multilayer Perceptron; Extreme Learning Machine.*

**Referências**

INSTITUTO SEMESP. **14ª edição do Mapa do Ensino Superior no Brasil**. São Paulo, 2024

REALINHO, Valentim; VIEIRA MARTINS, Mónica; MACHADO, Jorge; BAPTISTA, Luís. **Predict Students' Dropout and Academic Success**. UCI Machine Learning Repository, 2021.

SHEARER, Colin. **The CRISP-DM model: the new blueprint for data mining. Journal of Data Warehousing**, v. 5, p. 13–22, 2000.

POWERS, David M. W. **Evaluation: from precision, recall and F-measure to ROC, informedness, markedness and correlation**. Journal of Machine Learning Technologies, v. 2, n. 1, p. 37–63, 2020.

# Desenvolvimento de um Ambiente de Simulação em Tempo Real para Teste de Scripts em Sistemas Industriais

**Denilson José do Bom Jesus Silva de Lima, Universidade de Pernambuco (djbjsl@poli.br)**
**Prof. Dr. Ricardo Ataíde de Lima, Universidade de Pernambuco (ricardo.lima@poli.br)**

A validação em tempo real permite identificar e corrigir falhas ou desvios durante a produção, reduzindo o risco de defeitos e otimizando a tomada de decisão. Sistemas de simulação integrados ao processo produtivo possibilitam a análise contínua de parâmetros críticos, promovendo maior confiabilidade e eficiência operacional (FU et al., 2025). Este trabalho tem como objetivo desenvolver um ambiente de simulação em tempo real para a validação de scripts em sistemas industriais antes de sua implantação em ambientes de produção, com a finalidade de reduzir riscos operacionais e custos associados a falhas. A metodologia utilizada consistiu na análise da linha de produção de espelhos da empresa Vivix, que é uma fabricante de vidros planos, onde foram desenvolvidos algoritmos para quantificar o desperdício de quatro produtos químicos (estanho, paládio, redutora e prata), o consumo de água em bombas de vazão e o desperdício de energia em estufas durante paradas não programadas. Inicialmente, os scripts foram testados com dados históricos, mas a adaptação para a operação em tempo real apresentou desafios, como a impossibilidade de testes prévios antes da implantação no servidor da empresa, resultando em ciclos de correção demorados e atrasos operacionais. Para solucionar esta questão, foi desenvolvido um ambiente de simulação que replica o sistema de produção em tempo real, utilizando dados históricos como entrada, permitindo a validação dos scripts em um ambiente controlado. A validação da solução está em andamento, visando demonstrar a eficácia na detecção precoce de falhas e na otimização do processo de desenvolvimento de software industrial. A viabilidade da metodologia proposta é evidenciada, destacando sua aplicabilidade em sistemas críticos que demandam confiabilidade e eficiência. A implementação foi realizada em Python (PYTHON SOFTWARE FOUNDATION, 2024) e a arquitetura é totalmente conteinerizada com Docker Compose (DOCKER INC., 2024), utilizando PostgreSQL para o banco de dados (POSTGRESQL GLOBAL DEVELOPMENT GROUP, 2024) e Grafana para visualização interativa e em tempo real (GRAFANA LABS, 2024). Os dados brutos dos sensores da Vivix (sensor SX-81-QQI-numChapasEntadaBovone-01-TTO-VLTO) foram exportados em formato CSV, abrangendo o período de março de 2024. Este conjunto de dados inicial totaliza aproximadamente 198.258 registros, coletados, em grande parte, a cada 30 segundos. A metodologia para detecção de paradas, baseada na imutabilidade do valor do sensor por um período contínuo igual ou superior a 1 minuto. Os resultados e métricas de desperdício serão apresentados em dashboards no Grafana, que estão em fase de criação.

**Palavras-chave:** *Simulação em tempo real; Sistemas industriais; Teste de scripts; Linha de produção.*

## Referências

FU, Yanzhou; DOWNEY, Austin R. J.; YUAN, Lang; HUANG, Hung-Tien; OGUNNIYI, Emmanuel A. **Simulation-in-the-loop additive manufacturing for real-time structural validation and digital twin development**. Additive Manufacturing, v. 98, p. 104631, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.addma.2024.104631. Acesso em: 10 set. 2025.

DOCKER INC. **Docker: Accelerated, Containerized Application Development**. San Francisco, CA: Docker Inc. Disponível em: https://www.docker.com. Acesso em: 10 set. 2025.

GRAFANA LABS. **Grafana: The open and composable observability platform**. New York, NY: Grafana Labs. Disponível em: https://grafana.com. Acesso em: 10 set. 2025.

POSTGRESQL GLOBAL DEVELOPMENT GROUP. **PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Database**. Disponível em: https://www.postgresql.org. Acesso em: 10 set. 2025.

PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. **Python Language Reference**, version 3.9. Wilmington, DE: Python Software Foundation. Disponível em: https://www.python.org. Acesso em: 10 set. 2025.

# Predição de Mortalidade em UTIs com Modelos de Machine Learning: Um Estudo com Kernel Ridge, SVC Calibrado e AdaBoost

**Regisson César Pereira de Aguiar, Universidade de Pernambuco (rcpa@ecomp.poli.br)**
**Roberta Andrade de Araújo Fagundes, Universidade de Pernambuco (roberta.fagundes@upe.br)**

**Contexto:** A predição da mortalidade em Unidades de Terapia Intensiva (UTIs) representa um dos principais desafios para a área da saúde, considerando o impacto direto nas decisões clínicas, na priorização de pacientes e na alocação de recursos hospitalares. Em trabalhos anteriores, como Harutyunyan et al. (2019), técnicas como K-Nearest Neighbors (KNN) e Multilayer Perceptron (MLP) apresentaram desempenhos promissores na predição da mortalidade com base em sinais vitais e exames laboratoriais da base MIMIC-III. No entanto, a necessidade de explorar novas abordagens mais robustas, escaláveis e interpretáveis motiva a investigação de técnicas que combinem desempenho com capacidade de explicação, sobretudo diante de um cenário de dados altamente desbalanceados e esparsos. **Objetivo:** Este estudo tem como objetivo comparar os resultados obtidos anteriormente com novos modelos de aprendizado de máquina, explorando classificadores mais avançados e interpretáveis como Kernel Ridge (KR), *Support Vector Classifier* (SVC) com calibração e *AdaBoost Classifier*. Busca-se, além de identificar melhorias em métricas como acurácia e F1-score, também investigar a aplicabilidade de técnicas de explicação como *SHapley Additive exPlanations* (SHAP) para viabilizar o uso dos modelos em sistemas de apoio à decisão clínica. **Metodologia:** Utilizou-se a base MIMIC-III, composta por dados clínicos e temporais de pacientes internados em UTIs. A seleção de sinais vitais relevantes foi inspirada na metodologia proposta por Ye et al. (2023), priorizando atributos com maior correlação com a mortalidade. Foram aplicadas duas estratégias de interpolação para lidar com a alta taxa de dados ausentes: interpolação base (como preenchimento *forward-fill* e *backward-fill*) e interpolação por *Random Forest Regressor*, que utiliza atributos estatísticos e posicionais extraídos das séries temporais. Os dados interpolados foram normalizados com *StandardScaler*, e em seguida convertidos em vetores unidimensionais para alimentação dos modelos. A divisão foi feita em conjunto de treino e teste (80/20) com aplicação de técnicas de balanceamento. A escolha dos modelos se deu pela limitação de uso de regressões tradicionais (como logística e linear) devido à natureza binária do alvo (0 ou 1), levando à adoção de classificadores capazes de lidar com não linearidades, sensíveis ao desbalanceamento e com potencial de interpretabilidade. O KR foi aplicado com limiarização para tarefas de classificação, sendo reconhecido por sua capacidade de regularização eficiente e boa performance em dados com multicolinearidade (MURPHY, 2012). O SVC foi calibrado com validação cruzada para produzir probabilidades confiáveis, fundamentais para classificações clínicas mais seguras, conforme sugerido por Hu et al. (2024). Já o AdaBoost foi incluído por sua robustez em ajustar-se iterativamente aos erros de classificadores fracos, como discutido por Freund e Schapire (1997), sendo eficaz mesmo em cenários com ruído ou variabilidade nos dados. Por fim, propõe-se o uso de SHAP como método de interpretação dos modelos, conforme sugerido por Lundberg e Lee (2017), permitindo analisar a importância dos atributos clínicos nas predições. **Resultados:** Comparando os modelos atuais com os apresentados por Harutyunyan et al. (2019), observou-se uma melhoria considerável. Naquele estudo, os algoritmos KNN e MLP apresentaram acurácia de 0,902 e 0,897, e F1-score de 0,869 e 0,848, respectivamente. Neste trabalho, o KR obteve acurácia de até 0,929 e F1-score de 0,919. O SVC calibrado alcançou acurácia de 0,932 e F1-score de 0,923. Já o AdaBoost apresentou acurácia de 0,932 e F1-score de 0,923. Estes resultados indicam estabilidade e melhor desempenho geral, especialmente na F1-score, métrica essencial em contextos clínicos para equilibrar sensibilidade e precisão. **Conclusão:** A comparação com modelos previamente

utilizados evidencia avanços no desempenho e robustez das abordagens (KR, SVC calibrado e AdaBoost) em relação às técnicas de MLP e KNN proposto por Harutyunyan et al. (2019), pois as abordagens proposta aqui possuem: - Lida com Não-Linearidade e Eficiência Computacional (KR); - Redução de Viés e Variância (AdaBoost); - Menos Sensível a Hiperparâmetros (SVC). Os resultados confirmam que técnicas aqui propostas (KR, SVC calibrado e AdaBoost), aliadas a estratégias de interpolação e normalização consistentes, oferecem maior precisão na predição de mortalidade em UTIs. Além disso, ao incorporar métodos de interpretabilidade como SHAP, verifica-se que a contribuição de cada variável é calculada de forma consistente, levando em consideração todas as possíveis combinações de variáveis, permitindo entender porque uma previsão específica foi feita para um único caso, e também quais são as variáveis mais importantes para o modelo como um todo. Com isso, amplia-se o potencial de integração dos modelos em sistemas clínicos reais, promovendo maior transparência nas decisões. Como perspectiva futura, propõe-se investigar modelos baseados em aprendizado multitarefa e arquiteturas de deep learning, como LightGBM, XGBoost e transformers clínicos, conforme Hu et al. (2024), com potencial de aprendizado contextual em séries temporais e maior poder preditivo.

**Palavras-chave:** Machine learning, Previsão de Mortalidade, MIMIC-III, Sinais Vitais, Classificação.

**Referências**

FREUND, Y.; SCHAPIRE, R. E. A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting. **Journal of Computer and System Sciences**, v. 55, n. 1, p. 119–139, 1997.

HU, Y.; ZHANG, M.; ZHANG, T.; LI, J.; WANG, F. Clinical Foundation Models Improve Mortality Prediction in Intensive Care. **arXiv preprint arXiv**:2402.09612, 2024.
JOHNSON, A.; POLLARD, T.; MARK, R. MIMIC-III Clinical Database (version 1.4). **PhysioNet**, 2016.

LUNDBERG, S. M.; LEE, S.-I. A unified approach to interpreting model predictions. In: GUYON, I. et al. (Ed.). Advances in Neural Information Processing Systems 30 (NeurIPS 2017). [S.l.]: **Curran Associates**, 2017. p. 4765–4774.

MURPHY, K. P. Machine learning: a probabilistic perspective. Cambridge: **MIT Press**, 2012.
YE, X.; ZHANG, H.; WANG, J.; LI, G.; ZHANG, Y. MedLens: Improve Mortality Prediction Via Medical Signs Selecting and Regression. In: **2023 IEEE 3rd International Conference on Computer Communication and Artificial Intelligence (CCAI)**. IEEE, 2023. p. 169–175.

HARUTYUNYAN, H.; KHACHATRIAN, H.; KALE, D. C.; VER STEEG, G.; GALSTYAN, A. Multitask learning and benchmarking with clinical time series data. **Scientific data**, vol. 6, no. 1, p. 96, 2019.

# Engenharia de Software Inclusiva com Suporte de IA e Avaliação de Qualidade: Desenvolvimento de Soluções Acessíveis para Transtorno do Espectro Autista

**Richard Jeremias M. Rocha, Universidade de Pernambuco (rjmr@ecomp.poli.br)**
**Ana Carolina B. dos Santos, Universidade de Pernambuco (acbs@ecomp.poli.br)**
**Jean Felipe Morais de Oliveira, Universidade de Pernambuco (jfmo2@poli.br)**
**Wylliams Barbosa Santos, Universidade de Pernambuco (wbs@upe.br)**

A promoção da inclusão de indivíduos com Transtorno do Espectro Autista (TEA) exige o desenvolvimento de soluções digitais acessíveis e inteligentes. Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2025), o território brasileiro abriga aproximadamente 2,4 milhões de indivíduos que apresentam diagnóstico confirmado de TEA. Segundo a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS, 2025) o TEA se caracteriza como uma condição pervasiva, que compromete o comportamento social, comunicação e linguagem, persistindo desde a infância até a fase adulta; e enfatiza a importância de intervenções acessíveis, reforçando a necessidade de soluções educacionais que promovam autonomia e inclusão. Todavia, Paiva Jr. (2025) destaca a escassez de dados oficiais sobre TEA no Brasil, formalmente reconhecido e estatisticamente mapeado apenas a partir do Censo Demográfico 2022 divulgado pelo IBGE. Isso gera desafios à personalização e ao refinamento das soluções, impactando diretamente a capacidade dos agentes inteligentes de fornecer apoio preciso. De modo complementar, segundo Carvalho et al. (2024), existem lacunas na aplicação de requisitos de acessibilidade no desenvolvimento de sistemas adaptativos que atendam a usuários com necessidades diversas, variando entre mapeamento não sistemático do público-alvo e a falta de engajamento de profissionais da educação e da saúde na validação da abordagem acessível proposta por tais aplicativos. Este trabalho investiga como as práticas de engenharia de software apoiadas por Inteligência Artificial (IA) foram aplicadas ao AutBot, solução desenvolvida para suprir lacunas no suporte educacional e familiar a pessoas com TEA, integrando chatbot inteligente, base de conhecimento especializada e arquitetura escalável. Conforme Malpartida e Rodrigues (2024), soluções eficazes nesse contexto devem priorizar pensamento lógico, personalização em tempo real e interface responsiva, aspectos incorporados ao sistema, oferecendo uma experiência inclusiva tanto para indivíduos com TEA quanto para seus cuidadores, familiares e educadores em um ambiente adaptável, intuitivo e acessível. A pesquisa, por sua vez, adotou uma abordagem qualitativa, descritiva e exploratória, composta por duas etapas: entrevistas com especialistas e testes práticos com o software AutBot, que é um chatbot inteligente, especializado e fundamentado em uma base de conhecimento sobre TEA, desenvolvido para prover respostas claras e acolhedoras a professores, pais, indivíduos com TEA em seus níveis de suporte e usuários comuns, o que inclui orientações sobre acessibilidade, práticas pedagógicas recomendadas e legislações relevantes. Os instrumentos utilizados incluíram entrevistas semiestruturadas e formulários avaliativos com escala Likert e campos abertos. Ainda, Baralt (2011) descreve a metodologia de codificação qualitativa aliada à estatística descritiva, a qual foi adotada na presente análise. A amostra foi composta por seis especialistas em engenharia de software, computação, acessibilidade digital e educação, definida por critério de exclusão elevado para assegurar feedback técnico qualificado, embora a ausência de usuários finais e o tamanho reduzido limitem a representatividade. Entre os participantes, dois (33%) tinham experiência em acessibilidade digital e quatro (67%) relataram prática com aplicações de IA em educação. Nas avaliações do AutBot, quatro (66,7%) atribuíram nota máxima ao uso de linguagem simples e três (50%) destacaram a navegabilidade e organização, ainda que tenham surgido classificações mais baixas. Metade da amostra não relatou problemas quanto a experiência do

usuário, enquanto os demais apontaram questões específicas de usabilidade, acessibilidade ou clareza de instruções. Como contribuição pedagógica, três participantes (50%) ressaltaram o suporte a profissionais e indivíduos com TEA, dois (33,3%) a simplicidade da interface e um (16,7%) a credibilidade informacional. Estes resultados, consequentemente, indicam que os participantes reconheceram o potencial da ferramenta, especialmente no tocante à clareza da linguagem, simplicidade de navegação e valor pedagógico. Como limitação do estudo, tem-se o curto intervalo para execução dos testes, o baixo índice de experiência dos participantes com acessibilidade digital, sugerindo a necessidade de capacitações específicas e maior colaboração interdisciplinar e, finalmente, a escassez de dados oficiais sobre TEA nacionalmente, gerando desafios à personalização e ao refinamento das soluções. Conclui-se que, embora os resultados tenham sido amplamente positivos, é essencial aprofundar as investigações com usuários finais, realizar estudos longitudinais e otimizar algoritmos capazes de adaptar-se dinamicamente às interações, reforçando a importância de práticas éticas, segurança de dados e transparência algorítmica para consolidar tecnologias educacionais inclusivas e eficazes para o público neurodivergente.

**Palavras-chave:** *Acessibilidade digital; inteligência artificial; engenharia de software; transtorno do espectro autista.*

**Referências**

BARALT, M. Coding qualitative data. In: MACKEY, A.; GASS, S. M. (Ed.). Research methods in second language acquisition: a practical guide. Oxford: Wiley-Blackwell, 2011. p. 222–244.

CARVALHO, E.; ALVES, F.; RODRIGUES, I.; SOUZA, T.; MOREIRA, D. Autismo e tecnologias assistivas: uma revisão sistemática dos anais do Congresso Brasileiro de Informática na Educação. In: *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, 35., 2024, Rio de Janeiro, RJ. Anais [...]. Porto Alegre: SBC, 2024. p. 1084–1098. DOI: https://doi.org/10.5753/sbie.2024.241824.

IBGE. *Pela primeira vez, IBGE divulga dados sobre pessoas com deficiência no Brasil*. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Humano, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/mdh/pt-br/assuntos/noticias/2025/maio/pela-primeira-vez-ibge-divulga-dados-sobre-pessoas-com-deficiencia-no-brasil. Acesso em: 17 jul. 2025.

MALPARTIDA, K.; RODRIGUES, K. Jogos digitais sérios usados para o exercício de habilidades do pensamento computacional em crianças com transtorno do espectro autista. In: *Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web – WebMedia*, 30., 2024, Juiz de Fora, MG. Anais [...]. Porto Alegre: SBC, 2024. p. 206–214. DOI: https://doi.org/10.5753/webmedia.2024.242211.

OPAS. *Transtorno do Espectro Autista*. Washington, D.C.: Organização Pan-Americana da Saúde, 2025. Disponível em: https://www.paho.org/pt-topicos/transtorno-do-espectro-autista. Acesso em: 1 set. 2025.

PAIVA JR., F. Brasil conhece, pela 1ª vez, seu número oficial de diagnóstico de autismo: 1 em 38, segundo IBGE. *Canal Autismo*. Disponível em: https://www.canalautismo.com.br/noticia/brasil-conhece-pela-1a-vez-seu-numero-oficial-de-pessoas-com-diagnostico-de-autismo-1-em-38/. Acesso em: 22 jul. 2025.

# Revisão Integrativa dos métodos de aprendizado de máquina utilizados na predição da qualidade de Solda a Ponto a Resistência

**Thiago Domingos de A. Lemos, Universidade de Pernambuco (tdal@ecomp.poli.br)**
**Roberta Andrade A. Fagundes, Universidade de Pernambuco (roberta.fagundes@upe.br)**

**Contexto:** A soldagem por pontos a resistência ou *Resistance Spot Welding* (RSW) é uma técnica amplamente utilizada para união de materiais, envolvendo a fusão permanente de duas ou mais chapas metálicas. Esta técnica de soldagem é reconhecida como um dos processos de manufatura automatizados mais difundidos mundialmente, encontrando aplicação principal nos setores automotivo e aeroespacial segundo Kershaw (2024). Especialmente na indústria automotiva, mais de 90% das uniões soldadas da estrutura da carroceria de um carro são realizadas com RSW, havendo um veículo moderno entre 3.000 e 6.000 pontos de solda, segundo Boudaghian (2025). Para assegurar a qualidade dos milhares de pontos de solda, são realizadas inspeções amostrais no local de produção, no entanto, essas inspeções são incapazes de identificar imediatamente um defeito assim que ele ocorre, implicando na necessidade de se interromper a linha de produção para realizar o rastreamento do defeito nas peças. Nesse contexto, o uso de técnicas de aprendizado de máquina surge como uma alternativa promissora para a detecção automática de defeitos, a partir da classificação em tempo real de sinais do processo, como a resistência dinâmica, corrente e tempo de soldagem. **Objetivo:** Investigar e levantar as principais técnicas de aprendizado de máquina aplicáveis à predição da qualidade na soldagem RSW no setor automotivo, com ênfase na utilização de curvas de resistência dinâmicas e outras grandezas elétricas do processo, visando identificar abordagens eficazes para a detecção automática de defeitos. **Metodologia:** A metodologia adotada seguiu a adaptação de quatro etapas propostas por Whittemore e Knafl (2005): identificação do problema, pesquisa na literatura, análise dos dados e apresentação dos resultados. Durante a etapa 1, (identificação do problema), investigou-se quais as principais técnicas de aprendizado de máquina são aplicadas na predição da qualidade dos pontos de solda a resistência e se são utilizadas curvas de resistência dinâmica como input dos modelos. Na etapa 2, (busca na literatura), foi realizada pesquisa por artigos nas bases: Springer, MDPI, Science direct, Taylor & Francis journal, IPJ, IEEE, IOP e WILEY, utilizando descritores como "*Resistance Spot Welding*", "*Machine Learning*", "*Quality Prediction*" e "*Dynamic Resistance*", com recorte temporal entre 2015 e 2025. Dessa maneira, 155 artigos foram pré-selecionados, dos quais um total de 60% está alinhado com a proposta deste trabalho. Foram excluídos estudos que não abordavam diretamente a aplicação de aprendizado de máquina na predição da qualidade da solda. Na fase 3, (análise dos dados), considerou-se a relevância temática dos estudos, a extração de informações sobre os algoritmos utilizados, o tamanho dos *datasets*, as variáveis alvo dos modelos preditivos, as métricas de desempenho utilizadas para os resultados, as variáveis de entrada e se são utilizadas curvas de processo, em especial as curvas de resistência dinâmicas. Na última etapa, na fase 4 (apresentação dos resultados), as informações foram organizadas em uma matriz comparativas e padrões, estratégias e tendências foram sintetizados. **Resultados:** Até o momento, observou-se uma predominância de abordagens supervisionadas, com destaque para Redes Neurais *Multi-Layer Perceptron* (MLP) e Redes Neurais Convolucionais (CNN). Também foi observado que as curvas de resistência dinâmica são as curvas de processo mais utilizadas nos algoritmos de predição, o que concorda com o trabalho pioneiro de Dickinson et al. (1980) que afirma que elas são capazes de fornecer diversas informações relevantes sobre a qualidade do ponto de solda. Outras curvas de processo dinâmicas também são observadas como variáveis de entrada, com destaque às curvas de tensão, curvas de deslocamento do eletrodo, curvas de força e curvas de potência. Outra constatação relevante é a de que dentre as métricas de desempenho aplicadas aos problemas de classificação, as mais utilizadas foram: Erro Médio Quadrático

(MSE), Acurácia (Acc.) e *Recall*. Pode-se destacar também que o uso de Seleção de Características através de técnicas como Análise dos Componentes Principais (PCA) tem sido utilizada para redução da dimensionalidade e que é efetiva para evitar *overfitting*, sobretudo em *datasets* com número mais reduzido de dados. A Identificação automática de pontos de interesse na curva de resistência dinâmica também contribui para a criação de modelos com menor dimensionalidade, ao passo que em algumas técnicas como a 1D-CNN utilizou-se mecanismo de atenção para classificar curvas de Resistência Dinâmicas brutas sem extração de características. Importantes contribuições no tocante a dados desbalanceados também foram evidenciados como o uso de *oversampling* além da avaliação de desempenho com métricas específicas para *datasets* desbalanceados, como a acurácia balanceada, evitando o uso de acurácia simples. **Conclusão:** Portanto, através da capacidade de reunir e analisar diferentes tipos de estudos, a presente revisão integrativa permitiu uma compreensão ampla e aprofundada sobre a utilização de técnicas de aprendizado de máquina na predição da qualidade de pontos de solda a resistência na indústria automotiva com uso de dados reais de produção, promovendo uma síntese de conhecimento que identifica o que já foi explorado, as lacunas existentes e as direções mais promissoras para pesquisas futuras. Além disso, serve como base prática ao oferecer subsídios fundamentados para a tomada de decisão de pesquisadores durante a seleção dos algoritmos e métricas de desempenho que serão utilizados, a depender do tipo de sinal de entrada, do tipo do modelo e das características do *dataset*. Sua flexibilidade metodológica permite incluir uma variedade de desenhos de pesquisa, o que é particularmente útil para temas emergentes, como o desta pesquisa, que possui literatura ainda heterogênea. Através dessa revisão integrativa, pôde-se observar que técnicas auxiliares de redução de dimensionalidade como PCA e de identificação de pontos de interesse nas curvas dinâmicas oferecem aumento de robustez dos modelos e que dentre as principais métricas de performance dos modelos, o Erro Médio Quadrático, a Acurácia e o Recall são as mais amplamente utilizadas. Outras métricas adaptadas para avaliação de modelos com dados desbalanceados também foram observadas, como a acurácia balanceada que pode fornecer uma visão mais justa do desempenho do modelo ao considerar igualmente as taxas de acerto para cada classe, independentemente de sua frequência no conjunto de dados.

**Palavras-chave:** *Solda a Resistência; Predição da Qualidade; Curva de Resistência dinâmica.*

**Referências**

KERSHAW, Joseph et al. Advanced process characterization and machine learning-based correlations between interdiffusion layer and expulsion in spot welding. **Journal of Manufacturing Processes**, v. 109, p. 222-234, 2024.

BOUDAGHIAN, Meghri. **Frequency-Domain Analysis of Electrode Force Signals in Resistance Spot Welding for Quality Evaluation**. 2025. Tese de Doutorado. Politecnico di Torino.

WHITTEMORE, Robin; KNAFL, Kathleen. The integrative review: updated methodology. **Journal of advanced nursing**, v. 52, n. 5, p. 546-553, 2005.

DICKINSON, D. W. et al. Characterization of spot welding behavior by dynamic electrical parameter monitoring. **Welding Journal**, v. 59, n. 6, p. 170, 1980.

# Eficiência operacional na extração de dados de balanços patrimoniais utilizando modelos de extração qualificados

**Inoã de Paulo Liberato da Silva, Universidade de Pernambuco (ipls@ecomp.poli.br)**
**Byron Leite Bezerra, Universidade de Pernambuco (byron.leite@upe.br)**
**Rômulo César Dias de Andrade, Universidade de Pernambuco (romulo.andrade@upe.br)**

Introdução: Segundo Zhang et al. (2024), “Optical Character Recognition (OCR) configura-se como uma área crítica da visão computacional e do reconhecimento de padrões, visando identificar texto em dados visuais e convertê-lo em formatos digitais editáveis para posterior análise e organização.” Já o reconhecimento de entidades nomeadas (NER) foi introduzido por Grishman e Sundheim (1995), com o objetivo de estruturar dados por meio da identificação automática de entidades. Assim, tornando-se cada vez mais viável a aplicação de sistemas inteligentes na leitura e interpretação de documentos complexos. No setor financeiro, a automação da extração de dados pode aumentar a eficiência operacional e reduzir erros manuais. Schmidt et al. (2025) em sua revisão sistemática, destacam as oportunidades de otimização para softwares inteligentes de extração de informações devido à repetição e demora da tarefa. Documentos com grande variação de layout e densidade de conteúdo são categorizados como documentos visualmente ricos, como destacado por Ding et al. (2024). Dentre os documentos visualmente ricos, existe o balanço patrimonial, um documento importante para a área financeira, pois trata de dados sobre a saúde financeira de uma empresa e, por envolver informações sensíveis, exige um grau de precisão considerável na captura e validação de seus dados. Considerando essa complexidade e sua importância, identifica-se um espaço para o uso de modelos de extração como forma de melhoria tecnológica no setor. Objetivo do trabalho: Este trabalho propõe um MVP (Minimum Viable Product) que exibe os dados extraídos e facilita sua análise por usuários qualificados, alinhado às práticas da engenharia de software. Embora alguns modelos de extração automática aplicados para essa finalidade apresentem bons resultados, ainda persistem desafios relacionados à confiabilidade dos dados obtidos. Swaileh et al. (2020) implementam um sistema de extração de anuário financeiro com CRF (Conditional Random Fields) e BLSTM-CRF (Bidirectional LSTM com CRF), obtendo F1-scores médios aproximados de 90,39% e 92,03%, respectivamente. Apesar desses resultados satisfatórios, ainda é necessária a verificação por um usuário. A interface proposta deve permitir a validação, revisão e correção dessas informações de forma clara, eficiente e acessível para especialistas. Metodologia: A pesquisa adota a abordagem de pesquisa-ação proposta por Silva et al. (2021), articulando teoria e prática na resolução de um problema real. O estudo concentra-se na implementação de uma solução automatizada que combina modelos de extração de dados com uma interface interativa, permitindo que usuários qualificados validem e corrijam informações de balanços patrimoniais complexos. A investigação é orientada pela seguinte questão norteadora: de que forma uma interface pode reduzir o tempo de análise de dados extraídos de balanços patrimoniais? Em etapa anterior, uma versão piloto foi testada no setor de saúde, alcançando redução de aproximadamente 40% no tempo de revisão e inserção de dados, conforme relato de uma empresa parceira. A partir desse resultado, a presente pesquisa busca avaliar a eficácia da abordagem no contexto de documentos financeiros, adotando como hipótese uma meta conservadora de redução de 30% no tempo de análise, por meio da integração entre automação inteligente e revisão humana qualificada. O MVP foi desenvolvido em React, estruturado para receber dados extraídos automaticamente por um pipeline baseado em OCR e NER aplicados a balanços patrimoniais, com a exibição dos dados processados em uma tela de validação. Resultados obtidos: Durante este trabalho, foi desenvolvido um MVP funcional, contemplando as funcionalidades descritas. O modelo integrado apresentou uma taxa média de F1-score superior a 90% na análise de balanços patrimoniais, o que, embora ainda exija revisão humana, representa um avanço significativo em relação ao processo de extração

manual. Um parceiro do setor financeiro, que opera com balanços patrimoniais, relatou que, após a implementação da solução, houve um aumento de aproximadamente 30% na eficiência do processamento, resultando em maior confiabilidade da aplicação. Segundo Correia e Luck (2022), o tempo médio para avaliação manual de balanços patrimoniais deste tipo é de cerca de 20 minutos por página. Com base nesse parâmetro, a análise manual de 20 páginas demandaria aproximadamente 400 minutos. Com a aplicação desenvolvida no presente estudo, uma verificação feita pelos autores foi concluída em uma média aproximada de 31 minutos para 20 páginas, representando uma redução de aproximadamente 92,25% no tempo de extração e análise em comparação ao processo manual. Ainda no trabalho de Correia e Luck (2022), os autores conseguiram alcançar um tempo de aproximadamente um minuto por página utilizando um fluxo com a implementação de pós-processamento, corroborando, assim, com o achado do presente trabalho, que conseguiu alcançar cerca de 1,6 minutos por página, confirmando a hipótese de ganho significativo de eficiência com a automação do processo. Conclusão: Este trabalho apresentou uma solução baseada em OCR, NER e uma interface interativa para análise de balanços patrimoniais. Os resultados demonstraram que a integração entre automação e revisão humana é capaz de reduzir de forma expressiva o tempo de processamento, sem comprometer a confiabilidade dos dados. Em testes internos, foram processadas 20 páginas em aproximadamente 31 minutos, frente a uma estimativa de 400 minutos no processo manual, representando uma redução de cerca de 92,25% no tempo de extração e análise. Além disso, relatos de parceiros do setor financeiro apontaram para um aumento de aproximadamente 30% na eficiência operacional após a adoção da solução. Esses achados confirmam a viabilidade da hipótese de ganho significativo de eficiência com a automação do processo e indicam potencial para metas mais ambiciosas, bem como para a aplicação da abordagem em outros tipos de documentos.

**Palavras-chave:** *extração de dados; balanço patrimonial; automação inteligente; interface interativa;*

**Referências**

ARAÚJO DE FREITAS SILVA, A.; SARAMAGO DE OLIVEIRA, G.; BARROS ATAÍDES, F. Pesquisa-ação: princípios e fundamentos. **Revista Prisma**, v. 2, n. 1, p. 2-15, 25 dez. 2021.

CORREIA, S.; LUCK, S. Digitizing Historical Balance Sheet Data: A Practitioner's Guide. **SSRN Electronic Journal**, 2022.

DING, Y.; LEE, J.; HAN, S. C. **Deep learning based visually rich document content understanding:** a survey. Disponível em: https://sl1nk.com/Av9hG. Acesso em: 14 mar. 2025.

GRISHMAN, R.; SUNDHEIM, B. Design of the MUC-6 evaluation. In: MESSAGE UNDERSTANDING CONFERENCE, 6., 1995, Columbia. Proceedings… Columbia, MD: [s.n.], 1995.

SCHMIDT, L. et al. Data extraction methods for systematic review (semi)automation: Update of a living systematic review. F1000Research, v. 10, p. 401–401, 8 abr. 2025.

SWAILEH, W.; PAQUET, T.; ADAM, S.; ROJAS CAMACHO, A. A named entity extraction system for historical financial data. In: Lecture Notes in Computer Science. Cham: Springer, v. 12322, p. 277–288, out. 2020.

ZHANG, Q. et al. Document parsing unveiled: techniques, challenges, and prospects for structured information extraction. arXiv preprint arXiv:2410.21169v1 [cs.MM], 28 out. 2024. Disponível em: https://arxiv.org/abs/2410.21169. Acesso em: 31 jul. 2025.

# Aprendizado Profundo Aplicado à Modelagem Analógica Virtual de Pedais de Efeito

**Geovane Miguel da Silva, Universidade de Pernambuco (gms2@ecomp.poli.br)**
**José Paulo Gonçalves de Oliveira, Universidade de Pernambuco (jpgo@ecomp.poli.br)**

Guitarras elétricas são instrumentos musicais que necessitam de um conjunto de equipamentos para que o som emitido por elas possa ser ouvido com clareza, principalmente em locais abertos. A sonoridade desse tipo de instrumento está diretamente condicionada ao conjunto de equipamentos utilizados pelo músico. Além disso, pode variar significativamente dependendo do tipo, da configuração, da qualidade dos equipamentos e/ou estilo musical pretendido (YATES, 2023). Dentre os equipamentos utilizados, os pedais de efeito são os mais populares e desempenham um papel fundamental nesse sistema. Os pedais de distorção, geralmente, são utilizados para produzir diferentes timbres (YATES, 2023). Esse tipo de efeito, além de ser conseguido por meio de pedais, também pode ser alcançado com amplificadores de áudio baseados em válvula termiônica ou transistores (SUDHOLT et al., 2023). Embora sejam amplamente utilizados e fortemente aceitos pelos músicos, os equipamentos supracitados geralmente têm um alto custo e precisam ser transportados fisicamente, o que pode gerar desgastes, perdas, e até mesmo danos acidentais (WRIGHT et al., 2020). Pensando nisso, a modelagem Analógica Virtual (VA, *Virtual Analog*) tem por objetivo a reprodução dos sinais gerados por esses equipamentos em dispositivos compactos ou, inclusive, em computadores pessoais. Permitindo que possam ser facilmente utilizados sem que haja a necessidade de transportar grandes quantidades de aparelhos. O aprendizado de máquina, mais precisamente, técnicas baseadas em aprendizado profundo, podem ser utilizadas para realizar esta tarefa. No entanto, os modelos gerados precisam ter um baixo erro em relação ao sinal original pretendido e uma baixa latência. Isso permitiria a utilização em aplicações consideradas de tempo real, ou seja, o tempo de geração do sinal precisa ser imperceptível aos ouvidos humanos. Neste sentido, encontrar uma abordagem que possa superar esses problemas é uma tarefa desafiadora. Portanto, o objetivo deste trabalho é explorar técnicas de aprendizado de máquina no contexto de geração de sinais de áudio para emular pedais de efeito de guitarra. Para tal, foram utilizados dois pedais de distorção bem conhecidos, são eles: Ibanez TS9 Tube Screamer (TS9) e o Boss MD-2 Mega Distortion (MD-2). Os sinais foram gravados com faixas de guitarra provenientes do conjunto de dados IDMT-SMT-Guitar (KEHLING et al., 2014) através de uma interface de áudio. Em outras palavras, as faixas do conjunto de dados foram submetidas aos pedais de efeitos TS9 e MD-2 através da interface de áudio Behringer U-CONTROL UCA222 com conexão *Universal Serial Bus* (USB). A saída da interface de áudio foi conectada às entradas dos pedais e, a saída dos pedais foi conectada às entradas da interface de áudio. As posições dos controles de usuário foram ajustadas em 50%, ou seja, na metade de sua capacidade, apenas o botão de volume foi posicionado em 100%. A gravação ocorreu em uma taxa de amostragem de 44,1 kHz e 16 bits, padrão para todas as faixas. Resultados preliminares foram obtidos ao explorar a arquitetura de rede neural artificial conhecida como WaveNet (OORD et al., 2016). Modificações na combinação das camadas convolucionais, ou seja, etapa de pós-processamento da rede, apresentaram resultados competitivos em relação à arquitetura original. Os modelos obtidos foram avaliados em termos de *Error-to-Signal Ratio* (ESR) e latências, isto é, tempo de geração do sinal. A combinação não linear obteve resultados de latência melhores para os dois pedais de efeito, 1,49 segundos para o TS9 e 1,52 segundos para o MD-2. A combinação residual, também explorada, se saiu melhor em termos de ESR para o pedal TS9, com 0,015. Ambos os modelos foram comparados com a arquitetura original. Embora a latência dos modelos tenha sido comparada, uma análise mais profunda em relação ao hardware e a complexidade dos algoritmos precisa ser feita. Além disso, os modelos apresentados aqui não estão aptos para

serem utilizados em aplicações de tempo real. Implementações feitas em C++ têm demonstrado um desempenho superior na literatura recente e serão consideradas em trabalhos futuros. Outra limitação está relacionada ao fato de não ter sido conduzido um teste de hipótese, embora as abordagens tenham sido executadas 10 vezes. A construção de conjuntos de dados e o treinamento de modelos em um contexto de modelagem multi-efeito, ou seja, envolvendo dois ou mais pedais de efeito conectados em série, pode ser considerada como uma direção promissora de pesquisa. Até onde se tem conhecimento, nenhum trabalho na literatura realizou esse tipo de experimento. Outro ponto a ser considerado para o futuro deste trabalho é a exploração de aprendizado por reforço online, em um contexto em que o modelo pode ser ajustado para refletir o conjunto de equipamentos utilizados e conforme o músico executa o seu repertório. Por fim, embora não tenha sido aplicado nenhum teste de audição, os dados gerados pelos modelos apresentam uma alta fidelidade sonora quando comparados com os reais. Contudo, no futuro pretende-se realizar testes de audição em modelos mais precisos, para avaliar de fato a sua eficácia diante do usuário final.

**Palavras-chave:** *Sistemas de áudio; processamento de sinais; aprendizado de máquina; aprendizado profundo.*

**Referências**

YATES, H. **The Ultimate Guide to Guitar Effects Pedal Order and Signal Chain**, 2023. Disponível em: https://articles.boss.info/the-ultimate-guide-to-guitar-effects-pedal-order-and-signal-chain/. Acesso em: 20 jul. 2025.

SUDHOLT, D. *et al*. Pruning Deep Neural Network Models of Guitar Distortion Effects. **IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing**, v. 31, p. 256–264, 2023. DOI: https://doi.org/10.1109/taslp.2022.3223257.

WRIGHT, A. *et al*. Real-Time Guitar Amplifier Emulation with Deep Learning. **Applied Sciences**, v. 10, n. 3, p. 766, 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/app10030766.

OORD, A. V. *et al*. WaveNet: A Generative Model for Raw Audio, **arXiv preprint**, 2016. Disponível em: https://arxiv.org/abs/1609.03499v2. Acesso em: 20 jul. 2025.

KEHLING, C. *et al*. Automatic Tablature Transcription of Electric Guitar Recordings by Estimation of score- and instrument-related Parameters, **International Conference on Digital Audio Effects (DAFx)**, 2014. Disponível em: https://www.dafx.de/paper-archive/2014/dafx14_christian_kehling_automatic_tablature_trans.pdf. Acesso em: 20 jul. 2025.

# Aplicação de Algoritmos Bio-inspirados no Aprimoramento de Modelos de Prevenção à Fraude

**Caio Emanoel Serpa Lopes, Universidade de Pernambuco (cesl@ecomp.poli.br)**
**Domingos Savio de Oliveira Santos Junior, Universidade de Pernambuco (domingos.santos@upe.br)**
**Roberta Andrade de Araújo Fagundes, Universidade de Pernambuco (roberta.fagundes@upe.br)**

A detecção de fraudes é um tema de grande relevância, com impacto direto nos sistemas financeiros e econômicos mundiais (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2025). A construção de modelos preditivos com alta precisão na detecção de anomalias e na identificação de fatores otimizadores de desempenho é de suma importância. Este problema representa um desafio considerável, com repercussões adversas para as instituições financeiras, que se manifestam em consequências financeiras, econômicas e éticas, influenciando as políticas corporativas e governamentais. O aprimoramento de modelos capazes de realizar a classificação precisa de fraudes visa à obtenção de resultados superiores. Desse modo, a utilização de métodos que otimizem a adequação das informações para um maior ganho informacional é crucial para a aplicação desses algoritmos, tanto para elevar a qualidade dos resultados quanto para um entendimento aprofundado da natureza dos dados. Em um panorama orientado por dados, a utilização do processo de mineração e suas ferramentas, como softwares e algoritmos de aprendizado de máquina, permite identificar elementos críticos que impactam o resultado final (GUPTA; MEHTA, 2024). A implementação de algoritmos de aprendizado de máquina surge como solução eficaz para discernir padrões e possibilitar a classificação precisa, atingindo o objetivo de prever ocorrências fraudulentas (HERNANDEZ AROS et al., 2024). Isso corrobora a relevância da aplicação desses algoritmos na detecção de fraudes financeiras. O presente estudo objetiva aplicar computação evolucionária e algoritmos bioinspirados para aprimorar a classificação de casos raros, como fraudes, visando maior precisão e capacidade de generalização, com base no conjunto de dados "*Credit Card Fraud Detection*" (DAL POZZOLO et al., 2014). A comparação de diferentes algoritmos e técnicas de seleção de características é fundamental, visto que a performance de cada modelo tende a variar conforme as métricas e suas particularidades. O desempenho pode apresentar flutuações dependendo do contexto, das características dos dados ou da metodologia de avaliação. Este estudo ressalta a importância da seleção apropriada de características e algoritmos para melhorar o desempenho na classificação de casos anômalos. A análise comparativa foi feita com quatro algoritmos de aprendizado supervisionado — *Light Gradient Boosting Machine* (LGBM), *Extreme Gradient Boosting* (XGBoost), Random Forest (RF) e Regressão Logística — na base de dados da Universidade de Bruxelas. A avaliação incluiu otimização de hiperparâmetros com três técnicas bio-inspiradas. O conjunto de dados, com mais de 280 mil transações anonimizadas e aproximadamente 1% de fraudes, caracteriza um cenário de desbalanceamento de classes. Para a otimização dos hiperparâmetros, foram usados três algoritmos bio-inspirados: Algoritmos Genéticos (GA), *Particle Swarm Optimization* (PSO) e *Grey Wolf Optimizer* (GWO) (TAYEBI; EL KAFHALI, 2024). Cada otimizador explorou o espaço de busca definido para os parâmetros dos modelos, considerando variáveis como número de estimadores, taxa de aprendizado, profundidade das árvores e penalidades da regressão logística. As métricas utilizadas incluíram *F1-score*, AUC, precisão e sensibilidade. Entre os resultados, o LGBM otimizado com PSO demonstrou melhor desempenho, com *F1-score* de 0,74, AUC de 0,97, sensibilidade de 0,80, indicando potencial para aplicações em tempo real. O XGBoost, otimizado com PSO e GA, apresentou desempenho consistente, com *F1-score* entre 0,57 e 0,79 e AUC entre 0,94 e 0,96. A RF exibiu robustez com *F1-score* de 0,79 e AUC de 0,94, embora com tempo de treinamento mais elevado, o que pode limitar sua aplicação em

cenários de alta demanda. A Regressão Logística, mesmo com AUC de 0,97 e recall de 0,91, teve F1-score de 0,09 devido à baixa precisão (0,05), revelando dificuldades em distinguir fraudes reais de falsos positivos. Em comparação ao estudo "*Credit Card Fraud Detection: A Hybrid of PSO and K-Means Clustering Unsupervised Approach*" (2023), que obteve acurácia de 73,17% e *F1-score* de 63,33% com PSO e *K-means* ponderado, a metodologia deste trabalho demonstrou desempenho superior. O modelo LGBM otimizado com PSO atingiu F1-score de 0,74, AUC de 0,97 e sensibilidade de 0,80. Diferentemente da abordagem não supervisionada do estudo citado, este aplica algoritmos supervisionados otimizados por técnicas bio-inspiradas, proporcionando maior precisão, controle e aplicabilidade prática na detecção de fraudes. Os resultados reforçam a efetividade desses algoritmos na melhoria do desempenho dos modelos. As otimizações alcançadas sugerem um potencial significativo na mitigação de fraudes nos setores financeiro e econômico. Destacam-se três vantagens principais: Otimização de Hiperparâmetros — esses métodos ajustam os modelos para desempenho superior, superando a otimização manual ou por grade; Robustez — ao simular processos naturais de adaptação, ajudam os modelos a lidarem com ruídos e variações nos dados; e Tratamento de Desbalanceamento de Classes — já que fraudes são eventos raros, o estudo enfatiza a relevância da aplicação de técnicas de aprendizado de máquina para a classificação precisa.

**Palavras-chave:** *Algoritmos bioinspirados, Previsão de Fraude, Computação evolucionária, Setor financeiro*

**Referências**

Banco Central do Brasil. (2025). Vol. 24. **Relatório de Estabilidade Financeira.** Disponível em: https://www.bcb.gov.br

Gupta, S. G., & Mehta, S. K. (2024). **Data Mining-based Financial Statement Fraud Detection: Systematic Literature Review and Meta-analysis to Estimate Data Sample Mapping of Fraudulent Companies Against Non-fraudulent Companies.** Journal of Accounting and Governance.

Hernandez Aros, L., Bustamante Molano, L. X., Gutierrez-Portela, F., Moreno Hernandez, J. J., & Rodríguez Barrero, M. S. (2024). **Financial fraud detection through the application of machine learning techniques: a literature review. Humanities and Social Sciences Communications**, 11, 1130.

I. Yeh. "**Default of Credit Card Clients,**" UCI Machine Learning Repository, 2009. [Online]. Available: https://doi.org/10.24432/C55S3H.

Dal Pozzolo, Andrea; Caelen, Olivier; Le Borgne, Yann-Ael; Waterschoot, Serge; Bontempi, Gianluca. **Learned lessons in credit card fraud detection from a practitioner perspective, Expert systems with applications,**41,10,4915-4928,2014, Pergamon

Tayebi, M., El Kafhali, S. **Performance analysis of metaheuristics based hyperparameters optimization for fraud transactions detection**. Evol. Intel. 17, 921–939 (2024). https://doi.org/10.1007/s12065-022-00764-5

N. Sharma and V. Ranjan, "**Credit Card Fraud Detection: A Hybrid of PSO and K-Means Clustering Unsupervised Approach**," 2023 13th International Conference on Cloud Computing, Data Science & Engineering (Confluence), Noida, India, 2023, pp. 445-450, doi: 10.1109/Confluence56041.2023.10048876

# Sistema Híbrido Baseado em Aprendizado de Máquina para Detecção e Classificação de Falhas em Placa de Circuito Impresso (PCI)

**Caiubi Vicentini Staffoker, Universidade de Pernambuco (cvs@ecomp.poli.br)**
**José Paulo G. de Oliveira, Universidade de Pernambuco (jpgo@ecomp.poli.br)**

A ascensão da Indústria 4.0 representa uma grande transformação nos processos de manufatura, impulsionada pela integração de tecnologias digitais como a Internet das Coisas (IoT), a inteligência artificial e a automação. Neste cenário, a produção de componentes eletrônicos, em especial a Placa de Circuito Impresso (PCI), assumem um papel central, sendo a base de todos os dispositivos inteligentes que definem esta revolução industrial. A crescente complexidade e miniaturização desses componentes, no entanto, tornam o controle de qualidade uma atividade cada vez mais crítica e desafiadora. A falha em uma PCI pode comprometer sistemas inteiros, resultando em perdas financeiras significativas, atrasos nas demais fases do projeto e produção. Portanto, a automação de um sistema de controle de qualidade em linhas de produção de PCI não é apenas uma vantagem competitiva, mas uma necessidade imperativa para garantir a confiabilidade e a eficiência exigida pelo mercado atual. Em virtude disso, são necessários sistemas capazes de detectar anomalias e diagnosticar a natureza das falhas (OLIVERIA, 2022), as quais podem se originar de falhas em *hardware* (HW) ou *software* (SW). Para superar as limitações de precisão e cobertura dos sistemas que utilizam apenas uma modalidade de assinatura, o projeto visa desenvolver um sistema de diagnóstico híbrido, baseado em aprendizado de máquina (WANG, 2024), capaz de detectar e classificar com alta acurácia diferentes tipos de falhas, utilizando a fusão de dados de assinaturas elétricas e termográficas (SCHWALBE, 2019). A metodologia proposta inicia-se com a etapa da construção de um *dataset* abrangente e rotulado, contendo os sinais normais de uma PCI e em falha. A fim de delimitar o escopo, a PCI que será utilizada neste estudo para manipulação das falhas de HW e SW, é o kit de desenvolvimento (NUCLEO-G031K8) contendo componentes de montagem em superfície (SMD) de encapsulamento 0603 e um microcontrolador (STM32G031K8) ARM de baixo-custo da fabricante *STMicroeletronics*. Para obtenção dos dados, será necessário um circuito elétrico para verificar a tensão de operação do sistema e uma câmera térmica para observar o aquecimento dos componentes (WANG, 2023). Em seguida, a arquitetura de dois estágios é aplicada: primeiramente, um modelo utilizando *autoencoder*, que é treinado para processar os dados brutos, extraindo um vetor de características compacto, com o menor ruído e que faça a captura dos padrões elétricos e térmicos de cada estado operacional da placa. Para a obtenção de uma boa acurácia, terá uma etapa de pré-processamento e preparação dos dados (ROY, 2024), fazendo o uso de um algoritmo de agrupamento (CHEN, 2021) para distinguir as características e depois esses vetores servirão como entrada para um *ensemble* robusto de classificadores, tais como: *Random Forest*, *K-Nearest Neighbors (KNN)* e *Gradient Boosting*. Desta forma, a condição final da PCI será determinada por um mecanismo de voto majoritário (SAQLAIN, 2019). A força desta abordagem reside na sua capacidade de aprender fronteiras de decisões complexas, permitindo não apenas a detecção de uma anomalia, mas a classificação precisa em categorias predefinidas (ex: "Normal", "Falha HW - Capacitor", "Falha SW - *Loop*"). Como resultado, espera-se obter um sistema híbrido com desempenho superior aos métodos tradicionais baseados em uma única fonte de dados – conforme métricas de acurácia, precisão e *recall* – capaz não apenas de identificar a presença de uma falha, mas de classificá-la corretamente quanto à sua natureza (HW ou SW). A conclusão deste trabalho representará um avanço prático e aplicável para o controle de qualidade inteligente, fornecendo uma solução robusta que aumenta a confiabilidade e eficiência nas modernas linhas de produção das indústrias 4.0.

**Palavras-chave:** *Sistema Híbrido; Predição de Falhas; PCI; Autoencoder.*

**Referências**

OLIVEIRA, José Paulo G. de; BASTOS-FILHO, Carmelo J. A.; OLIVEIRA, Sergio Campello. Non-invasive embedded system hardware/firmware anomaly detection based on the electric current signature. **Advanced Engineering Informatics**, v. 51, art. 101519, jan. 2022, Amsterdam. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474034621002676. Acesso em: 5 abr. 2025.

SCHWALBE, K. *et al.* Data fusion strategy to improve the realiability of machine learning based classifications. **In: IEEE Workshop on Sensor Data Fusion (SDF)**, nov. 2019, Alemanha. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/document/8916636. Acesso em: 7 jul 2025.

WANG, X. Fault Diagnosis and Prediction of Oil Field Mechanical Recovery Combined with Multi- Source Data Fusion and Machine Learning. **In: International Conference on Electrical Drives, Power Electronics & Engineering (EDPEE)**, p. 651-657, mai. 2024, Grecia. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/document/10539707. Acesso em: 8 jun. 2025.

CHEN, S. *et al.* A Multimode Anomaly Detection Method Based on OC-ELM for Aircraft Engine System. **IEEE Access**, v. 9, p. 28842-28855, fev. 2021. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/document/9349499. Acesso em: 13 jun. 2025.

SAQLAIN, Muhammad; JARGALSAIKHAN, Bilguun; LEE, Jong Yun. A voting ensemble classifier for wafer map defect patterns identification in semiconductor manufacturing. **IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing**, v. 32, n. 2, p. 171-182, mai. 2019. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/document/8664594. Acesso em: 7 jul. 2025.

WANG, Min; ZHOU, Donghua; CHEN, Maoyin. Adjustable Multimode Monitoring With Hybrid Variables and Its Application in a Thermal Power Plant. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v.19, n.2, p.1425-1435, fev. 2023. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/document/9732201. Acesso em: 15 fev. 2025.

ROY, Indrani Paul; NEOG, Debanga Raj. Multimodal Fusion of EEG and Eye Data for Attention Classification using Machine Learning. **IEEE Transactions on Conference on Artificial Intelligence (CAI)**, p. 953-954, jun. 2024, Singapura. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/document/10605380. Acesso em: 9 jul. 2025.

# Diagnóstico Automatizado de Câncer de Mama por Imagens Mamográficas usando Classificação BI-RADS com Segmentação e IA Generativa

**Isaias Soares Figueiredo, Universidade de Pernambuco (isf2@ecomp.poli.br)**
**Jose Paulo Goncalves de Oliveira, Universidade de Pernambuco (jpgo@ecomp.poli.br)**
**João Victor Vieira, Universidade de Pernambuco (jvbav@ecomp.poli.br)**

De acordo com o Instituto Nacional de Câncer (INCA,2022), o câncer de mama é uma das causas de taxas elevadas de morte entre as mulheres no Brasil. Com taxas de óbitos oscilando para cada 100 mil mulheres no ano de 2021, entre no Sudeste (12,43) e no Sul (12,69), seguidas por Centro-Oeste (10,90), Nordeste (10,75) e Norte (8,59). O que reforça a relevância do problema e também para a saúde pública. Entretanto, quanto a interpretabilidade de imagens mamográficas(exame que identifica o câncer de mama) apresentam desafios como no quesito de que cerca de 10% a 30% das lesões nas mamas são perdidas no rastreamento, devido a limitações próprias dos observadores humanos, especialmente no que diz respeito ao consenso entre especialistas (CALAS; GUTFILEN; PEREIRA, 2012). Por meio de sistemas de inteligência artificial e visão computacional, torna-se possível explorar a aplicação de modelos de classificação automatizada com base no padrão BI-RADS (Breast Imaging Reporting and Data System), sistema internacional de padronização que orienta a interpretação de exames mamográficos (JIANG et al., 2024). Nesse contexto, as categorias 3, 4 e 5 são relevantes, pois correspondem, respectivamente, a achados benignos, suspeitos e altamente sugestivos de malignidade. Este trabalho propõe uma análise quantitativa e qualitativa do empenho de um classificador baseado em imagens segmentadas de mamografias por meio de inteligência artificial generativa para interpretação e validação diagnóstica. A metodologia adotada utilizou uma base de 120 imagens (retirada do estudo de Nguyen et al. (2023) para testes sendo um total de 68 imagens para BI-RADS 3, 44 para BI-RADS 4, e 9 para BI-RADS 5. Foram aplicadas três abordagens distintas propostas neste estudo. A primeira abordagem usa imagens sem a criação do modelo de identificação, sendo então posto para o diagnóstico com a inteligência artificial. A segunda aplica-se na mesma linha mas já com o modelo desenvolvido (LANZAFAME et al., 2025), mas sem qualquer tratamento adicional das imagens. Já a terceira integra o modelo do teste anterior só que com utilização de uma série de descrições detalhadas de como o câncer de mama se estrutura, além da aplicação de filtros — principalmente CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization) e Sharpen(Image Sharpening Filter) — com o objetivo de realçar as bordas das massas e facilitar a distinção entre margens espiculadas e regiões de coloração homogênea facilitando–se assim para a inteligência artificial melhor interpretar os dados. Como parte final do processo metodológico, realizou-se uma comparação direta entre o desempenho do classificador com segmentação com os testes anteriores. Como resultado, tendo-se como critério de acurácia o número de acertos por diagnóstico para cada imagem em função da base de dados teste(120 imagens), obteve-se os seguintes resultados para cada abordagem mencionada comparada com cada quantidade de Birads e a quantidade total: primeira (28% para BI-RADS 3, 34% para BI-RADS 4, 33% para BI-RADS 5, e 30% total); para a segunda abordagem (47% para BI-RADS 3, 40% para BI-RADS 4, 11% para BI-RADS 5, 42% geral); para a terceira abordagem (69% para BI-RADS 3, 70% para BI-RADS 4, 55% para BI-RADS 5, 70% geral). Com os resultados mencionados observa se que a terceira abordagem resultou em melhores resultados, tal que a primeira — que não emprega técnicas para aumentar a acurácia, baseando-se apenas em diagnóstico direto, sem qualquer processamento da imagem, embora útil em contextos mais simples, apresentou resultados inferiores em termos de precisão e consistência diagnóstica. Ainda sobre a primeira abordagem, demonstrou-se dificuldades na diferenciação entre

categorias intermediárias (BI-RADS 3 e 4), além de falhas significativas na identificação de massas suspeitas classificadas como BI-RADS 5. Para a abordagem dois obteve-se melhorias nos resultados para os (BI-RADS 3 e 4) mas ficou menor em relação ao da primeira o BI-RADS 5. Já para a última abordagem foi possível averiguar um crescimento e melhora nas análises postas baseadas nos parâmetros observados, superando se os anteriores. Como conclusão, o trabalho que a classificação automatizada via segmentação morfológica unida a outros métodos mostrou ser viável para análise de mamografias, podendo atingir bons níveis de acurácia em cenários reais. A comparação com os métodos anteriores (abordagens) reforça a importância da segmentação precisa e da utilização de critérios quantitativos para a redução da subjetividade diagnóstica. Outro aspecto importante a comentar com a utilização dos filtros morfológicos, e a riqueza de detalhes para o que são os tipos de lesões na mama contribuíram para melhorar a capacidade de análise para o BI-RADS 5.

**Palavras-chave**: *Mamografia, BI-RADS, IA Generativa, Visão Computacional.*

**Referências**

ALPAN, Kezban; ARMAN, Bardia; DIMILILER, Kamil. Effect of Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) on Breast Cancer Detection Using Residual Network (ResNet). In: **2025 1st International Conference on Computational Intelligence Approaches and Applications (ICCIAA)**. IEEE, 2025. p. 01-05.

CALAS, Maria Julia Gregorio; GUTFILEN, Bianca; PEREIRA, Wagner Coelho de Albuquerque. CAD e mamografia: por que usar esta ferramenta?. **Radiologia Brasileira**, v. 45, p. 46-52, 2012.

**INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (Brasil).** *Mortalidade por câncer de mama — Dados e números: taxa de mortalidade ajustada por idade (Brasil e regiões).* Disponível em: <https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/gestor-e-profissional-de-saude/controle-do-cancer-de-mama/dados-e-numeros/mortalidade>. Acesso em: 12 set. 2025.

JIANG, Zhengqiang et al. Evaluating Recalibrating AI models for breast cancer diagnosis in a new context: insights from transfer learning, image enhancement and high-Quality training data integration. **Cancers**, v. 16, n. 2, p. 322, 2024.

LANZAFAME, Ludovica RM et al. Chatbots in Radiology: Current Applications, Limitations and Future Directions of ChatGPT in Medical Imaging. **Diagnostics**, v. 15, n. 13, p. 1635, 2025.
NGUYEN, Hieu T. et al. VinDr-Mammo: A large-scale benchmark dataset for computer-aided diagnosis in full-field digital mammography. **Scientific Data**, v. 10, n. 1, p. 277, 2023.

# Um Modelo para Identificação de Estilos de Aprendizagem em Estudantes de Engenharia Usando Processamento de Linguagem Natural

**Tiago Medeiros Guedes, Universidade de Pernambuco (tmg@ecomp.poli.br)**
**Cleyton M. de O. Rodrigues, Universidade de Pernambuco (cleyton.rodrigues@upe.br)**

Nas últimas décadas, nota-se um crescente aumento nas pesquisas sobre como os estudantes adquirem, aprendem e processam conhecimento. Pesquisadores buscaram entender como os Estilos de Aprendizagem (EA) podem se tornar adaptativos para cada estudante, levando em consideração suas características individuais, mas se adaptando para contemplar os variados meios de aprender (Schmitt; Domingues, 2016). Como existem muitos estilos, é uma tarefa desafiadora determinar e prever o EA de um estudante individualmente. Adotar um método pedagógico padrão não é apropriado para melhorar o aprendizado de todos os alunos. Portanto, é essencial elaborar e adotar diferentes pedagogias para diferentes tipos de alunos (Ramírez-Correa et al., 2021). Dentre os Modelos de Estilos de Aprendizagem encontrados na literatura, o Modelo proposto por Felder e Silverman (1988) se destaca, em função de apresentar simultaneamente múltiplas dimensões do aprendizado e, desta maneira, fornece uma visão detalhada das preferências dos estudantes. Diante da necessidade da personalização da aprendizagem, buscando a necessidade de utilizar novos métodos que aprimoram o processo de ensino e inclusão da diversidade dos perfis dos estudantes, a proposta desta pesquisa se molda utilizar técnicas de Processamento de Linguagem Natural (PLN) com o objetivo de automatizar e melhorar a identificação dos EA destes estudantes de engenharia e áreas afins. Buscar novos métodos de identificação de EA combinando questionários com Processamento de Linguagem Natural (PLN) pode apresentar uma alternativa automatizada e eficiente nesta identificação. Técnicas de PLN lidam com problemas relacionados à automação da interpretação e da geração da língua humana em aplicações como Tradução Automática, Sumarização Textos, Ferramentas de Auxílio à Escrita, Perguntas e Respostas, Categorização Textual, Recuperação e Extração de Informação, entre muitas outras (Santana; Magalhães, 2024). Ademais, existe uma lacuna na literatura, principalmente nas pesquisas sobre a identificação dos EA dos estudantes de engenharia e áreas afins que são escassas. Partindo desta premissa, surge a necessidade de investigar se a identificação e personalização dos EA dos estudantes de engenharia é melhorada através do uso de Processamento de Linguagem Natural. Nesse sentido, o objetivo principal desta pesquisa é propor um modelo de identificação de Estilos de Aprendizagem dos estudantes de engenharia através de técnicas de PLN alinhado ao modelo de Felder e Silverman (1988). Para alcançar este objetivo propõe-se uma metodologia estruturada em seis etapas: aplicação da RSL, que mostrará o estado da arte atualmente e terá os resultados que poderão encaminhar a pesquisa; construção da base de dados, que será feita através das respostas descritivas de questionário adaptado de Felder e Silverman para a identificação dos EA dos alunos que responderam. Pré-processamento da base de dados, que se trata de realizar o tratamento das informações obtidas através dos questionários, utilizando técnicas de PLN, como Stopwors, Lematização e outras que forem necessárias; na parte do treinamento do modelo, serão utilizadas técnicas de PLN para categorizar e identificar os EA dos alunos através do texto respondido no questionário, a priori, serão utilizados modelos que tem melhores resultados com a avaliação de textos em português, como *Neive Bayers, LSTM, Random Forest, CatBoost* e outros a serem testados; a validação experimental será feita após a construção do modelo, onde a partir dos resultados serão aplicados conteúdos adaptados a cada EA dos alunos; e Resultados, que trarão a análise do modelo e da aplicação da validação em sala de aula. No momento da escrita deste resumo, esta pesquisa encontra-se em fase de andamento, na parte

de construção do modelo para identificação dos EA. A base utilizada para os primeiros testes consta com 110 respostas, como objetivo de alcançar um número maior para o melhor balanceamento dos resultados do modelo proposto. No pré-processamento dos textos, foram utilizadas técnicas como “preprocess_text’(text)” para limpeza dos dados, que converte o texto para minúsculas, remove pontuações e elimina as "stop words" (palavras comuns que não agregam muito significado, como "e", "o", "a") em português. Após a limpeza inicial, os textos passam por “tokenização” (divididos em palavras) e um modelo *Word2Vec* pré-treinado. O objetivo é calcular o vetor médio para cada texto, representando-o numericamente com base nos vetores das suas palavras. Na função principal do modelo, os dados foram divididos em: 20% para teste e 80% para treinamento. Uma coluna 'label” foi criada através de função, para definir a classe de cada amostra, criando um rótulo binário. Esta classe é determinada pela comparação dos valores médios das colunas 'RAD' e 'RBD'. Inicialmente para os primeiros testes, o modelo fornece uma estrutura abrangente para comparar o desempenho de diferentes abordagens de classificação de texto utilizando o *TfidfVectorizer* para converter os dados de texto em características numéricas usando a técnica TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency) versus Word2Vec, combinadas com distintos classificadores (Random Forest versus CatBoost) no seu conjunto de dados. Foram utilizadas as técnicas mais comuns para avaliação quantitativa do desempenho do modelo: acurácia, precisão, recall e F1-score. Os resultados iniciais da combinação dos modelos mostram que nos destes de **TF-IDF + Random Forest,** temos: Acurácia (0.682), Precisão (0.333), Revocação (0.167), F1-Score (0.222). Em **TF-IDF + CatBoost:** Acurácia (0.636), Precisão (0.250), Revocação (0.167), F1-Score (0.200). Na combinação de **Word2Vec + RF**: Acurácia (0.773), Precisão (0.667), Revocação (0.333), F1-Score (0.444). E por fim **Word2Vec + CatBoost**: Acurácia (0.773), Precisão (0.667), Revocação (0.333), F1-Score (0.444). Como podemos observar nos resultados iniciais, as combinações que obtiveram os melhores desempenhos nos resultados da acurácia foram **Word2Vec + RF** e **Word2Vec + CatBoost,** com o mesmo resultado. É importante salientar que fatores como tamanho da base, modelos para treino e teste e outras combinações de técnicas podem melhorar o desempenho dos resultados. Parcialmente, podemos analisar que os resultados precisam ser melhorados, mesmo contendo um bom desempenho, melhorias precisam ser realizadas e mais testes devem ser feitos. Espera-se que os resultados desta pesquisa possibilitem a validação do Processamento de Linguagem Natural (PLN) como ferramenta para personalização do ensino, permitindo a identificação automática dos estilos de aprendizagem dos alunos das Engenharias. A implementação do modelo proposto tem o potencial de melhorar o aprendizado por meio de um ensino adaptativo, possibilitando que os estudantes recebam materiais e metodologias de ensino alinhados às suas preferências cognitivas. Além disso, a abordagem desenvolvida pode ser expandida para outras áreas e cursos, garantindo maior flexibilidade na aplicação do modelo em diferentes contextos educacionais. A pesquisa também abre caminhos para futuras inovações, como o uso de IA generativa para otimizar recomendações educacionais, tornando o sistema ainda mais dinâmico e personalizado.

**Palavras-chave:** *Estilos de aprendizagem; Processamento de Linguagem Natural; Ensino; Engenharia.*

**Referências**

FELDER, R. M. e SILVERMAN, L. K. **Learning and teaching styles in engineering education.** Engineering education, 78(7): 674–681, 1988.

RAMÍREZ-CORREA, P., ALFARO-PÉREZ, J., & GALLARDO, M. **Identifying Engineering Undergraduates' Learning Style Profiles Using Machine Learning Techniques.** Applied Sciences, 11(22), 10505. https://doi.org/10.3390/app112210505, 2021.

SANTANA, F. L.; MAGALHÃES, T. L. **Introdução ao Processamento de Linguagem Natural.** Revista Brasileira de Informática na Educação, v. 32, n. 1, p. 150–170, 2024.

SCHMITT, E. M.; DOMINGUES, M. J. C. S. **Estilos de aprendizagem: uma análise crítica do modelo de Felder-Silverman.** Educar em Revista, n. 61, p. 251–267, 2016.

# Regularização de Dados Elaborada: Caminhos para a Consistência e Confiabilidade na Generalização Robusta

**Umberto Barros, Universidade de Pernambuco (utbf@ecomp.poli.br)**
**Carmelo Bastos-Filho, Universidade de Pernambuco (carmelofilho@ecomp.poli.br)**
**Diego Pinheiro, Universidade de Pernambuco (dmpfs@ecomp.poli.br)**

A Generalização Robusta refere-se à capacidade de modelos manterem alto desempenho mesmo quando avaliados em dados provenientes de distribuições distintas daquelas empregadas no treinamento (Xu e Mannor, 2012). Esse é um dos principais desafios das Redes Neurais Profundas (DNNs), dado que são particularmente suscetíveis ao *overfitting* (ajuste excessivo da rede ao conjunto de treinamento), comprometendo a performance em novos dados diante de mudanças de distribuição (Li et al., 2022). Neste estudo, consideramos como *Out-of-Distribution* (*OoD*) as amostras pertencentes a distribuições transformadas, obtidas por meio de corrupções ou perturbações aplicadas diretamente ao espaço de entrada de dados *in-distribution* (Farquhar e Gal, 2022). Com base nessa definição, quantificamos a magnitude do afastamento *OoD* de cada conjunto em relação à distribuição de referência utilizando a divergência entre representações latentes: extraímos embeddings com um Autoencoder e empregamos a KL (Kullback-Leibler) Divergence como medida escalar para caracterizar a severidade do desvio em cada distribuição distinta. No escopo mais amplo de estratégias para robustez, técnicas de regularização têm sido amplamente utilizadas para mitigar esse problema; no entanto, muitas vezes elas falham ou induzem *over-regularization*, prejudicando o desempenho do modelo (Lin et al., 2024), o que evidencia a necessidade de regularizadores cuidadosamente projetados (Srivastava et al., 2014), cuja eficácia varia de acordo com a natureza e a severidade do desvio de distribuição enfrentado. Superar essa suscetibilidade é crucial para a aplicabilidade de Inteligência Artificial em cenários reais; para mitigá-la e aprimorar a robustez, investigamos a eficácia de diferentes estratégias de *data augmentation* (DA), incluindo pipelines randômicos de transformações (RandAugment) (Cubuk et al., 2020) e sua combinação com injeção de ruído (*Noise Injection*, NI) (Bishop, 1995; Camuto et al., 2020; Li e Spratling, 2023). Um tema adicional proposto — ainda pouco explorado no estado da arte — é a utilização do conceito de *Curriculum Learning* (Bengio et al., 2009), com o objetivo de regularizar os dados de forma progressiva, adicionando estágios de maior dificuldade ao longo do treinamento. Focamos em dados de imagem, utilizando os conjuntos de *benchmarking* CIFAR-10, composto por 60 mil imagens coloridas (32×32 pixels) distribuídas em 10 classes balanceadas, e CIFAR-10-C, sua versão corrompida com 19 tipos de perturbações com diferentes níveis de severidade. Avaliamos, então, o desempenho de diferentes arquiteturas consolidadas de DNNs, como CCT (Compact Convolutional Transformer), ResNet20 (Residual Network) e WRN-28-10 (Wide Residual Network). Para quantificar a robustez de forma mais abrangente, adotamos uma análise estatística de *miscoverage* com *leave-folds-out cross-validation*, aproveitando a tendência do cross-validation tradicional de subestimar a variabilidade e gerar intervalos com cobertura abaixo do esperado (Bates et al., 2023). Nossos resultados mostram que as estratégias de *data regularization* não só elevam o desempenho em dados *OoD*, mas também melhoram a estabilidade da generalização robusta. Destaque para o Curriculum Learning e RandAugment com Noise Injection, que reduziram a variabilidade entre partições e severidades. Embora a ResNet20 tenha desempenho absoluto inferior à WRN-28-10, seus resultados foram mais consistentes, indicando trade-offs entre simplicidade arquitetural, estabilidade e pico de desempenho. Em todos os modelos, o *Curriculum Learning* obteve os maiores valores de acurácia sob as corrupções mais severas — alcançando 74,3% (ResNet20), 80,5% (WRN-28-10) e 71,6% (CCT), o que representa uma melhoria de aproximadamente 60% em relação ao desempenho dos respectivos modelos base — além de apresentar os menores desvios padrão (ex.: 0,0338 para ResNet20 em corrupções medianas) e sustentar treinamentos mais longos e eficazes (ex.:

92 contra 16 épocas no ResNet20), mesmo com o uso de Early Stopping consistente, evidenciando seu impacto positivo na robustez e consistência frente à severidade *out-of-distribution*. Portanto, o estudo evidencia implicações práticas relevantes: em cenários onde os dados estão sujeitos a variações ou corrupções, a generalização robusta proporcionada pelo *Curriculum Learning* ou pela combinação *RandAugment* + *Noise Injection* pode reduzir falhas decorrentes de mudanças de distribuição e diminuir a necessidade de re-treinamentos frequentes. Dessa forma, nossos achados reforçam o potencial dessas estratégias para ampliar a confiabilidade e a aplicabilidade de modelos de *DNNs* em contextos reais.

**Palavras-chave:** *generalização robusta; deep learning; regularização; out-of-distribution.*

**Referências**

BATES, S. et al. Cross-validation: what does it estimate and how well does it do it? **Journal of the American Statistical Association**, p. 1–12, 2023.

BENGIO, Y.; LOURADOUR, J.; COLLOBERT, R.; WESTON, J. Curriculum learning. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON MACHINE LEARNING (ICML)**, 26., 2009, Montreal, Canadá. *Proceedings* New York: ACM, 2009. p. 41–48.

BISHOP, C. M. Training with noise is equivalent to tikhonov regularization. **Neural computation**, v. 7, n. 1, p. 108–116, 1995.

CAMUTO, A.; WILLETTS, M.; SIMSEKLI, U.; ROBERTS, S.J.; HOLMES, C.C. Explicit regularisation in gaussian noise injections. **Advances in Neural Information Processing Systems**, v. 33, p. 16603–16614, 2020.

CUBUK, E. D.; ZOPH, B.; SHLENS, J.; LE, Q. V. RandAugment: practical automated data augmentation with a reduced search space. In: **IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Patter Recognition (CVPR)**, 2020, Seattle, WA, USA. *Workshops.* IEEE; Computer Vision Foundation, 2020. p. 3008–3017.

FARQUHAR, S., GAL, Y.: What 'out-of-distribution' is and is not. In: **NeurIPS** ML Safety Workshop (2022)

LI, B., JIN, J., ZHONG, H., HOPCROFT, J., WANG, L.: Why robust generalization in deep learning is difficult: Perspective of expressive power. **Advances in Neural Information Processing Systems** 35, 4370–4384 (2022)

LI, L.; SPRATLING, M.W. Data augmentation alone can improve adversarial training. In: **The Eleventh International Conference on Learning Representations**, 2023. Disponível em: https://openreview.net/forum?id=y4uc4NtTWaq. Acesso em: 10 dez. 2023.

LIN, C.H., KAUSHIK, C., DYER, E.L., MUTHUKUMAR, V.: The good, the bad and the ugly sides of data augmentation: An implicit spectral regularization perspective. **Journal of Machine Learning Research 25**(91), 1–85 (2024)

SRIVASTAVA, N., HINTON, G., KRIZHEVSKY, A., SUTSKEVER, I., SALAKHUTDINOV, R.: Dropout: A simple way to prevent neural networks from overfitting. **Journal of Machine Learning Research** 15(56), 1929–1958 (2014)

XU, H., MANNOR, S.: Robustness and generalization. **Machine Learning 86**, 391–423 (2012)

# Análise de Tipologias de Lavagem de Dinheiro em uma Rede de Correlação de Contas Bancárias utilizando Métodos de Ciência da Redes

**William Júnior, Universidade de Pernambuco (wtaj@ecomp.poli.br)**
**Gil Araújo, Universidade Católica de Pernambuco (gil.00000032610@unicap.br)**
**Isadora Xavier, Universidade Católica de Pernambuco (isadora.00000844511@unicap.br)**
**Dimas Filho, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (dimas.cassimiro@ufape.edu.br)**
**Diego Pinheiro, Universidade de Pernambuco (dmpfs@ecomp.poli.br)**

A lavagem de dinheiro é o processo de ocultar a origem ilícita de fundos por meio de transações financeiras para integrá-los à economia formal, gerando graves consequências socioeconômicas, como o aumento da desigualdade e da insegurança. No Brasil, por exemplo, este tipo de crime causou um prejuízo de R$ 123 bilhões à economia entre 2013 e 2017 (Assumpçao et al., 2022). Contudo, os métodos tradicionais de detecção frequentemente falham em capturar a complexa rede de relações entre as transações, o que torna crucial o desenvolvimento de abordagens de investigação mais robustas para combater um delito que afeta diretamente toda a sociedade (Jensen e Iosifidis, 2023). Este trabalho propõe uma abordagem baseada em ciência de redes para a análise de tipologias de lavagem de dinheiro, especificamente a fragmentação de depósitos (I-d), a fragmentação de saques (I-e) e o recebimento de depósitos de múltiplas origens sem justificativa econômica (IV-n), conforme classificações do Banco Central do Brasil (Xavier et al. 2024). O objetivo é aprimorar os modelos analíticos de combate à lavagem de dinheiro por meio da identificação de padrões estruturais em redes financeiras. A metodologia empregou um conjunto de 167.032 transações bancárias anonimizadas, fornecidas pela Polícia Civil do Estado de Pernambuco (PCPE) e originadas de investigações reportadas ao Conselho de Controle de Atividades Financeiras (COAF). A partir desses dados, foi construída uma rede de correlação onde a intensidade da associação entre as contas foi quantificada pelo coeficiente $\phi$ (phi), uma métrica de correlação para variáveis binárias (Hidalgo et al., 2009). Foram consideradas apenas as conexões positivas ($\phi ij>0$) que superam a ocorrência ao acaso. Para a análise estrutural da rede, foram aplicadas as seguintes métricas: coeficiente de assortatividade, para avaliar a tendência de conexão entre contas com atributos semelhantes de envolvimento em lavagem de dinheiro; algoritmos de detecção de comunidades (Louvain e Infomap), para identificar grupos de contas com alta densidade de conexões internas (Rosvall e Bergstrom, 2008; Blondel et al., 2008); e centralidade de intermediação de arestas, para localizar os caminhos transacionais mais críticos. Para validação estatística, foi realizada uma análise comparativa com 30 redes aleatórias geradas pelo modelo Erdős-Rényi (Erdds e R&wi, 1959) e com a mesma proporção de indícios de cada tipologia. Os resultados demonstram que a rede de lavagem de dinheiro é desassortativa, indicando uma tendência de que contas envolvidas em atividades ilícitas evitam conexões diretas entre si, um padrão distinto do observado nas redes aleatórias. Os algoritmos de detecção de comunidades identificaram estruturas coesas e bem definidas, frequentemente organizadas em torno de contas centrais (padrões egocêntricos), característica não encontrada nas redes aleatórias. A análise de centralidade, por sua vez, destacou as conexões de maior impacto estrutural. Conclui-se que a abordagem de redes pode se tornar uma ferramenta eficaz para a caracterização e análise de atividades suspeitas de lavagem de dinheiro, revelando a complexa natureza relacional dessas operações. Sugere-se, para trabalhos futuros, a integração de outras variáveis transacionais (valor, data, tipo) e a aplicação de Redes Neurais de Grafos (GNNs) para aprimorar os modelos de detecção.

**Palavras-chave:** *antilavagem de dinheiro; ciência das redes; detecção de comunidades; assortatividade.*

**Referências**

ASSUMPÇAO, Henrique S. et al. Delator: Detecção automática de indícios de lavagem de dinheiro por redes neurais em grafos de transacões. In: **Brazilian Workshop on Social Network Analysis and Mining (BRASNAM)**. SBC, 2022. p. 13-24.

BLONDEL, Vincent D. et al. Fast unfolding of communities in large networks. **Journal of statistical mechanics: theory and experiment**, v. 2008, n. 10, p. P10008, 2008.

ERDDS, P.; R&WI, A. On random graphs I. **Publ. math. debrecen**, v. 6, n. 290-297, p. 18, 1959.

HIDALGO, César A. et al. A dynamic network approach for the study of human phenotypes. **PLoS computational biology**, v. 5, n. 4, p. e1000353, 2009.

JENSEN, Rasmus Ingemann Tuffveson; IOSIFIDIS, Alexandros. Fighting money laundering with statistics and machine learning. **Ieee Access**, v. 11, p. 8889-8903, 2023.

ROSVALL, Martin; BERGSTROM, Carl T. Maps of random walks on complex networks reveal community structure. **Proceedings of the national academy of sciences**, v. 105, n. 4, p. 1118-1123, 2008.

XAVIER, Isadora et al. Towards the Identification of Money Laundering in Bank Transactions using Recurrent Neural Networks. In: **2024 IEEE Latin American Conference on Computational Intelligence (LA-CCI)**. IEEE, 2024. p. 1-5.

# Uma abordagem baseada em Isolation Forest para detecção robusta de anomalias em máquinas industriais usando *Out-of-Distribution*

**Cristofer Gabriel Santos da Silva, Universidade de Pernambuco (cgss@ecomp.poli)**
**João Campos, Universidade Católica de Pernambuco (joao.2021104704@unicap.br)**
**Leonardo Afonso Ferreira Bortoni, Universidade Federal de Santa Catarina (leonardo.bortoni@posgrad.ufsc.br)**
**Pablo Andretta Jaskowiak, Universidade Federal de Santa Catarina (pablo.andretta@ufsc.br)**
**Diego Pinheiro, Universidade de Pernambuco (diego.silva@unicap.br)**

Diversos problemas enfrentados pelas indústrias devido a falhas (Chinniah, 2015) têm motivado o uso de modelos de aprendizado de máquina para detectar anomalias em máquinas industriais. Nesse contexto, os modelos são aplicados em soluções de manutenção preditiva, detectando antecipadamente anomalias a partir de dados coletados por sensores. Trabalhos recentes (Saufi et al., 2019) mostram que dados de manifestações acústicas permitem uma detecção de falhas de forma mais otimizada, uma vez que essas manifestações acontecem mais previamente na trajetória de falhas quando comparadas à vibração e à temperatura, por exemplo. Contudo, a alta dimensionalidade de dados acústicos pode tornar a detecção de anomalias mais desafiadora, incentivando o desenvolvimento de modelos mais complexos, com baixa reprodutibilidade, menor explicabilidade e pouca robustez. Ainda, há uma lacuna de análises da robustez de modelos considerando mudanças de distribuição dos dados (i.e., *out-of-distribution*), algo que ocorre quando os modelos são aplicados em cenários reais. Neste trabalho, desenvolvemos o modelo iMFCCForest e o comparamos com modelos mais complexos através de análises *in-distribution* e *out-of-distribution*. O iMFCCForest é um modelo para a detecção de anomalias não supervisionada em dados de sinais acústicos composto por um modelo simples baseado em árvores binárias, Isolation Forest (Liu et al., 2008), potencializado com uma extração de características baseada em MFCC (Mel-Frequency Cepstral Coefficients) (Abdu et al., 2020). Para garantir a reprodutibilidade e comparar com diferentes modelos, incluímos o iMFCCForest no framework MTSA (Silva et al., 2019) e o comparamos com modelos de aprendizado profundo implementados no framework, mostrando a relação entre complexidade e robustez. Os modelos de aprendizado profundo considerados foram GANF, RanSynCorders e Hitachi, pois incluem modelos recorrentes, baseados em grafos e generativos, possibilitando uma diversidade de arquiteturas para comparação. O conjunto de dados utilizado foi o MIMII (Purohit et al., 2019), que contém sinais acústicos normais e anômalos de quatro tipos diferentes de máquinas industriais (válvulas, bombas, trilhos deslizantes e ventiladores), contendo diferentes subtipos para cada tipo de máquina. Para possibilitar o aprendizado não supervisionado, o conjunto de treino conteve apenas dados normais e o conjunto de teste uma mesma quantidade de dados anômalos e normais. O desempenho dos modelos foi avaliado utilizando a métrica AUC-ROC e o uso da estratégia de *K-fold* com 5 *folds*. No cenário *in-distribution*, para cada tipo de máquina, os modelos foram treinados e testados em máquinas dos mesmos subtipos. No cenário *out-of-distribution*, os modelos foram testados em subtipos diferentes dos quais foram treinados. Nossos resultados mostram que, no cenário *in-distribution*, o iMFCCForest apresentou resultados superiores aos dos outros modelos. A AUC-ROC alcançada foi maior ou igual a 0,92 para todos os tipos de máquinas, com exceção dos ventiladores, em que o RANSynCoders alcançou 0,64 e o iMFCCForest 0,62, em média. No cenário *out-of-distribution* em geral, o iMFCCForest apresentou maior robustez frente à mudança de distribuição dos dados, obtendo uma baixa redução de performance. Nos trilhos deslizantes, por exemplo, o modelo teve uma redução de 0,99 para 0,96 contra uma redução de 0,99 para 0,84 do modelo Hitachi. Esses resultados mostram que modelos mais simples, quando combinados com extração de características

baseadas em processamento de sinais, podem alcançar resultados superiores em cenários *in-distribution* e ser mais robustos em cenários *out-of-distribution*. Apesar da popularidade do aprendizado profundo devido a sua conveniente capacidade de extrair características automaticamente a partir dos dados, a reprodutibilidade é afetada e modelos mais simples têm sido incrementalmente negligenciados. Nosso trabalho mostra que o desenvolvimento de abordagens que combinam modelos simples com extração de características baseadas em processamento de sinais possibilita a construção de modelos mais explicáveis, robustos e eficientes, destacando o valor de modelos mais simples na detecção de anomalias. Além disso, apresentamos a performance de diferentes modelos em cenários *in-distribution* e *out-of-distribution*. Para trabalhos futuros, planeja-se aplicar os modelos em outros conjuntos de dados e analisar *out-of-distribution* de forma incremental.

**Palavras-chave:** *detecção de anomalias; séries temporais multivariadas; dados acústicos;* out-of-distribution.

**Referências**

ABDUL, Zrar Kh.; AL-TALABANI, Abdulbasit K. Mel Frequency Cepstral Coefficient and its Applications: A Review. **IEEE Access**, v. 10, p. 122136–122158, 2022.

LIU, Fei Tony; TING, Kai Ming; ZHOU, Zhi-Hua. Isolation Forest. *In*: 2008 EIGHTH IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON DATA MINING (ICDM). **2008 Eighth IEEE International Conference on Data Mining**. Pisa, Italy: IEEE, dez. 2008.

CHINNIAH, Yuvin. Analysis and prevention of serious and fatal accidents related to moving parts of machinery. **Safety Science**, v. 75, p. 163–173, jun. 2015.

PUROHIT, Harsh *et al.* **MIMII Dataset: Sound Dataset for Malfunctioning Industrial Machine Investigation and Inspection**. , 20 set. 2019.

SAUFI, Syahril Ramadhan; AHMAD, Zair Asrar Bin; LEONG, Mohd Salman; LIM, Meng Hee. **Challenges and Opportunities of Deep Learning Models for Machinery Fault Detection and Diagnosis: A Review.** IEEE Access, v.7, p. 122644-122662, 2019. DOI: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2938227.

SILVA, Cristofer *et al.* A Unified Framework for Replicability of Anomaly Detection in Multiple Time Series: Enhancing GANF and RanSynCoders Pipelines with MFCC Feature Extraction for Acoustic Data. *In*: 2024 IEEE LATIN AMERICAN CONFERENCE ON COMPUTATIONAL INTELLIGENCE (LA-CCI). **2024 IEEE Latin American Conference on Computational Intelligence (LA-CCI)**. Bogota D.C., Colombia: IEEE, 13 nov. 2024.

# Detecção de Cyberbullying com Abordagens de Deep Learning em uma Base Multiclasse

**José Aurélio Epaminondas de Carvalho, Universidade de Pernambuco, jaec@ecomp.poli.br;**
**Drª. Roberta Andrade de Araújo Fagundes, Universidade de Pernambuco, roberta.fagundes@upe.br**

O *bullying*, antes restrito a ambientes como escolas, expandiu-se drasticamente com a proliferação das redes sociais e o acesso irrestrito à internet. Essa transformação deu origem ao *cyberbullying*, comportamentos deliberados e agressivos disseminados através de meios eletrônicos com o intuito de infligir danos psicológicos, emocionais ou até físicos (Smith *et al.,* 2008). Diferente do *bullying* convencional, o *cyberbullying* pode ocorrer de forma anônima e escalar rapidamente, amplificando seu alcance e suas consequências (Sasikumar *et al.*, 2023). À medida que o volume e a velocidade da produção de conteúdo digital superam a capacidade de monitoramento humano, abordagens computacionais tornaram-se cruciais. Avanços em Inteligência Artificial (IA), notadamente em *Machine Learning* (ML) e Processamento de Linguagem Natural (PLN), oferecem mecanismos escaláveis e adaptáveis para identificar condutas prejudiciais na comunicação textual. O *Deep Learning* (DL), subárea de ML, faz o uso de arquitetura de redes neurais profundas para capturar padrões mais complexos e hierárquicos dos dados, superando, muitas vezes, os resultados obtidos pelos modelos tradicionais de ML (Janiesch; Zschech; Heinrich, 2021). Apesar de seu potencial, a detecção de *cyberbullying* permanece um desafio significativo, dada a natureza informal, idiomática e altamente contextual da linguagem online. Motivado por esses problemas encontrados, este estudo focou em analisar técnicas de DL, modificando suas arquiteturas com a adição de camadas bidirecionais e de atenção, e diferentes tipos de modelos de *word embedding*, com o objetivo de criação de vetores mais robustos de entrada para os modelos de DL, para analisar e detectar *cyberbullying* em uma base textual multiclasse. Portanto, neste trabalho os modelos de DL utilizados foram o *Long-Short Term Memory* (LSTM) e *Gated Recurrent Unit* (GRU), modelos evoluídos da *Recurrent Neural Network* (RNN), na qual sua principal característica é a capacidade de armazenar entradas passadas, o que lhes permite processar sequências de dados de forma eficaz, ideal para bases textuais (Mienye; Swart; Obaido, 2024); e os modelos de *word embedding* Word2Vec e FastText. O Word2Vec (Hasan *et al.*, 2022) é um modelo que consegue criar representações vetoriais densas e detalhadas que capturam as relações semânticas e contextuais entre as palavras. O FastText (Joulin *et al.*, 2016) se diferencia pela aplicação do método de capturar informações de subpalavras com o uso de recursos de n-gramas, aumentando sua capacidade de compreensão das relações entre as palavras. A metodologia utilizada pela pesquisa foi baseada nas boas práticas do processo de mineração de dados da *Cross-Industry Standard Process for Data Mining* (CRISP-DM) em que as etapas seguidas foram: **Entendimento dos dados**, trata-se de uma base textual, obtida na plataforma Kaggle, com um total de 47.656 entradas e duas colunas, com o texto a ser analisado e a classe a qual o texto pertence. As classes são: não *cyberbullying*, gênero, religião, outros tipos de *cyberbullying*, idade e etnia; **Pré-processamento**, a etapa de preparação dos dados para sua análise, por exemplo, a limpeza da informação (p.ex, retirada de comentários, emojis, citações), utilização de técnicas de processamento de linguagem natural (p.ex, tokenização, remoção de *stopwords*, lematização) e, por fim, a aplicação dos modelos de *word embedding*; **Modelagem**, responsável pela descrição da construção dos modelos de DL. Os modelos são construídos com duas camadas LSTM ou GRU, também com suas versões bidirecionais, como também, são construídos os modelos com a presença e ausência da camada de atenção; **Avaliação** serve para verificar a eficiência dos modelos na realização da tarefa de detecção de *cyberbullying*, cada um dos modelos será avaliado a partir do método de *word embedding*

utilizado. As métricas (Geron, 2021) que serão utilizadas serão a acurácia, que é representada pela proporção do total de predições corretas sobre o número total de predições, e *F1-Score*, que é a média harmônica da precisão, proporção do número de predições corretas e positivas pelo número total de valores positivos, e o recall, proporção de predições corretas e positivas pelo o número total de valores corretos. A divisão dos dados seguiu a proporção 7:1:2, para treinamento, validação e teste. Para o método Word2Vec, o Bidirecional GRU (BiGRU) possui a melhor média dos resultados com acurácia de 81% e *F1-Score* de 80,7%. O FastText, o Bidirecional LSTM (BiLSTM) com a camada de atenção possui a melhor média dos resultados com a acurácia de 79% e *F1-Score* de 79%. Os resultados obtidos demonstram que a escolha da arquitetura de DL e do modelo de *word embedding* impacta diretamente a eficácia na detecção de *cyberbullying*. A superioridade do modelo BiGRU com Word2Vec, alcançando 81% de acurácia, oferece uma contribuição prática e validada para o desenvolvimento de sistemas de moderação automática. Este estudo fornece um direcionamento técnico para equipes de desenvolvimento e plataformas de redes sociais, indicando que a implementação de Redes Neurais Recorrentes Bidirecionais reside em sua capacidade de fornecer uma compreensão mais profunda e completa de dados sequenciais, permitindo que os modelos consideram o fluxo de informações em ambas as direções. Ao adotar essa abordagem, é possível construir ferramentas mais precisas e rápidas na identificação de conteúdo nocivo, contribuindo significativamente para a criação de ambientes *online* mais seguros e reduzindo a exposição dos usuários a ataques de *cyberbullying*. Portanto, o *cyberbullying*, especialmente em plataformas de texto como redes sociais e fóruns, é complexo e nem sempre óbvio. Uma única palavra ofensiva pode não ser suficiente para caracterizar o *bullying*; o contexto da frase, do parágrafo ou de uma sequência de interações é fundamental, por isso o uso dessas Redes Neurais Recorrentes Bidirecionais é fundamental.

**Palavras-chave:** *Cyberbullying; Aprendizado Profundo; Multiclasse.*

**Referências**

GERON, A. **Mãos à obra:** aprendizado de máquina com Scikit-Learn, Keras & Tensorflow. Rio de Janeiro: Alta Books, 2021.

HASAN, M. M. *et al*. Bullyspotter: Online bullying detection in bengali text using transform learning. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON RECENT PROGRESSES IN SCIENCE, ENGINEERING AND TECHNOLOGY, 2022, Bangladesh. **Anais…** [S.l.]: ICRPSET, [2022]. 5 p.

JANIESCH, C.; ZSCHECH, P.; HEINRICH, K. Machine learning and deep learning. **Electronic Markets**, Springer, v. 31, n. 3, p. 685–695, 2021.

JOULIN, A. *et al*. **FastText.zip:** Compressing text classification models. 2016.

MIENYE, I. D.; SWART, T. G.; OBAIDO, G. Recurrent neural networks: A comprehensive review of architectures, variants, and applications. **Information**, Basel, v. 15, n. 9, p. 1-34, 2024.

SASIKUMAR, K. *et al*. Unmasking cyberbullies on social media platforms using machine learning. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING COMMUNICATION AND NETWORKING TECHNOLOGIES, 14., 2023, Delhi. **Anais…** [S.l.]: ICCCNT, [2023]. 7 p.

SMITH, P. K. *et al*. Cyberbullying: Its nature and impact in secondary school pupils. J**ournal of child psychology and psychiatry**, Oxford, v. 49, n. 4, p. 376–385, 2008.

# Monitoramento em Tempo Real do Efeito Terapêutico de Pressão Aplicada por Faixas Compressivas para Tratamento da Doença de Parkinson

**Gabriel Vieira de Vasconcelos Vilaça Pinto (gvvvp@poli.br)**
**Sérgio Campello Oliveira, Universidade de Pernambuco (sergio.campello@upe.br)**

A Doença de Parkinson (DP) é uma doença neurodegenerativa progressiva que atua principalmente na substância nigra do sistema extra-piramidal cerebral, comprometendo a motricidade do indivíduo, através de sintomas como tremores, bradicinesia, rigidez muscular e instabilidade postural. A base fisiopatológica da doença reside na degeneração de neurônios dopaminérgicos, essenciais para a transmissão de impulsos nervosos que controlam os movimentos (HELY, 2008). Com uma prevalência global estimada em 6,1 milhões de indivíduos em 2016 e que continua a crescer com o envelhecimento populacional, a DP representa um desafio clínico significativo, especialmente em idosos acima de 65 anos (GBD, 2016). Para quantificar a atual subjetividade e o empirismo presentes na avaliação terapêutica de pacientes com DP, o presente estudo descreve o desenvolvimento e a validação de um sistema eletrônico portátil e vestível. O objetivo central do trabalho é quantificar e monitorar em tempo real a pressão exercida por faixas elásticas compressivas denominadas Therabands, utilizadas pela Terapia Ocupacional como forma de tratamento para o aumento da autonomia dos pacientes acometidos pela DP (STURKENBOOM, 2014). A metodologia foi segmentada no projeto de um hardware (HW) embarcado para realizar a aquisição de dados em tempo real e no desenvolvimento de uma plataforma de software (SW) para monitoramento da leitura dos dados em tempo real, e a sua visualização. O sistema de hardware embarcado consiste principalmente em um dispositivo portátil fundamentado no microcontrolador Arduino Mega 2560 muito utilizado em prototipações (PEREIRA, 2013). Este, programado em C++, integra-se a três sensores de força FSR402 de alta sensibilidade (ORLACCHIO, 2011), colocados em invólucros fabricados por processos de manufatura aditiva em Impressoras 3D (VENTOLA, 2014). Os três sensores são então posicionados estrategicamente em um dos membros superiores do paciente, sendo dois no antebraço e um no braço, e capturam sinais analógicos de tensão, que são digitalizados pelos conversores analógico-digitais do microcontrolador. Após a coleta dos dados, os sinais brutos são processados para a sua conversão para pressão em Pascals (Pa) ou em Kilograma-Força por Centímetro Quadrado (KgF/cm2) conforme a necessidade do usuário e baseada em uma calibração realizada dentro do próprio software de interface, sendo transmitidos continuamente via comunicação serial a um computador. A plataforma de software, desenvolvida na linguagem de programação Python, atua como uma interface visual para o Terapeuta Ocupacional consiga organizar as leituras de uma forma interativa, que facilite a sua análise, de acordo com as respostas de cada paciente. O sistema foi adaptado para gerenciar a recepção, armazenamento e visualização dos dados em tempo real (VALERIANI, 2018). As informações são registradas em um banco de dados relacional modelado para o contexto de sessões clínicas e exibidas em tempo real para o terapeuta e o paciente por meio de gráficos dinâmicos. A validação do sistema desenvolvido foi realizada através da aplicação do Teste de Função Manual de Jebsen-Taylor (JEBSEN, 2005) utilizado atualmente no monitoramento do desempenho da função motora em um grupo de voluntários saudáveis, onde tiveram seus dados verificados para as métricas conforme os registros da literatura. Os resultados preliminares nesta etapa atestam a funcionalidade do protótipo, demonstrando sua capacidade de discriminar diferentes níveis de pressão (ARRUDA, 2023) e a intensidade de tremores (BARBOSA, 2022), permitindo assim, a geração de uma base de dados quantitativa e fidedigna ao valor real de acordo com a calibração. A plataforma já foi

aprovada pelo comitê de ética em pesquisa, e está pronta para avançar para estudos clínicos longitudinais, visando avaliar sua eficácia na quantificação da reabilitação motora e determinação dos perfis neurais individuais dos pacientes acometidos pela doença neurodegenerativa.

**Palavras-chave:** *Doença de Parkinson; Monitoramento de Sensores em Tempo Real; Faixas Compressivas; Terapia Ocupacional.*

**Referências**

ARRUDA, A. M. de. **Sistema de sensores para quantificação de estímulos de pressão e tremores em pacientes com Mal de Parkinson**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia da Computação) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2023.

BARBOSA, J. **Medidor de tremores para quantificação de movimentos em pacientes com a Doença de Parkinson**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia da Computação) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2022.

GBD 2016 Parkinson's Disease Collaborators. (2018). **Global, regional, and national burden of Parkinson's disease, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016.** *The Lancet Neurology*, 17(11), 939–953.

HELY, M. A. et al. **The Sydney multicenter study of Parkinson's disease: the inevitability of dementia at 20 years.** Movement Disorders, v. 23, n. 6, p. 837-844, 2008.

JEBSEN, R. H. *et al*. The Jebsen-Taylor Hand Function Test: A Standardized Measure of Hand Function. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 86, n. 4, p. 782, 2005.

ORLACCHIO, M. K. *et al*. Evaluation of a low-cost force sensing resistor for measuring plantar pressure. **Journal of Biomechanics**, v. 44, n. 8, p. 1563–1568, 2011.

PEREIRA, L. G. *et al*. A low-cost and easy-to-use Arduino-based system for measuring the reaction time. **Journal of Neuroscience Methods**, v. 218, n. 1, p. 98-102, 2013.

STURKENBOOM, I. *et al*. Effectiveness of occupational therapy for patients with Parkinson's disease: a randomized controlled trial. **The Lancet Neurology**, v. 13, n. 6, p. 557-566, 2014.

VALERIANI, A. *et al*. Real-time processing of biological signals: A Python-based framework for BCI applications. **Journal of Neuroscience Methods**, v. 308, p. 14-25, 2018.

VENTOLA, C. L. Medical applications for 3D printing: current and projected uses. **P & T: a peer-reviewed journal for formulary management**, v. 39, n. 10, p. 704–711, 2014.

# CAREFL: CONTEXT-AWARE RECOGNITION OF EMOTIONS WITH FEDERATED LEARNING

**Jose Alejandro Lopez Quel, Universidade de Pernambuco (alejandro.lopezquel@upe.br)**
**Bruno Jose Torres Fernandes, Universidade de Pernambuco (bruno.fernandes@upe.br)**
**Carlo Marcelo Revoredo da Silva, Universidade de Pernambuco (carlo.revoredo@upe.br)**

O reconhecimento de emoções a partir de imagens continua sendo um problema desafiador, pois depende não apenas de expressões faciais, mas também da postura corporal e de sinais contextuais do ambiente. Trabalhos anteriores utilizaram o conjunto de dados EMOTIC (Kosti et al., 2020) para explorar recursos corpo-cena com CNNs (Convolutional Neural Networks), enquanto modelos recentes de Vision-Language Models (VLMs), como o Large Language and Vision Assistant (LLaVA) (Liu et al., 2023), o Narrative Captioning Model (NarraCap) (Etesam et al., 2024) e o GPT-4o (OpenAI et al., 2024), demonstraram que o raciocínio multimodal em larga escala pode melhorar a precisão. Entretanto, esses métodos enfrentam duas limitações principais: (1) a dependência de treinamento centralizado levanta preocupações com a privacidade em domínios sensíveis como saúde e educação, e (2) as altas demandas computacionais dificultam sua adoção em cenários reais com recursos limitados. Para enfrentar esses desafios, propomos o CAREFL (Context-Aware Recognition of Emotions with Federated Learning), uma estrutura leve que combina o raciocínio contextual de VLMs grandes com a eficiência de VLMs pequenos ajustados em um ambiente de aprendizado federado. O CAREFL adota uma metodologia estruturada em quatro etapas integradas. Primeiro, um VLM grande, o LLaVA, é utilizado para gerar descrições contextuais ricas que capturam sinais ambientais e sociais além das expressões faciais. Em seguida, um VLM compacto, o SMOLVLM2, é ajustado de forma eficiente por meio de QLoRA (Quantized Low-Rank Adaptation), reduzindo tanto os requisitos de memória quanto o número de parâmetros treinados. Na terceira etapa, o modelo é treinado em um ambiente de aprendizado federado, no qual múltiplos clientes colaboram sem compartilhar dados brutos, garantindo a preservação da privacidade. Por fim, o CAREFL será avaliado de forma sistemática nos conjuntos de dados EMOTIC (com 26 rótulos de múltiplas categorias) e CAER-S (com 7 rótulos de categoria única), explorando também cenários de distribuição de dados não-IID (Non-Independent and Identically Distributed) para analisar os efeitos de estratégias de agregação, taxas de participação e qualidade do contexto. Os resultados esperados incluem: (i) alcançar desempenho competitivo com modelos centralizados de larga escala como GPT-4o e LLaVA, (ii) reduzir em uma ordem de grandeza o número de parâmetros treinados, (iii) diminuir os requisitos de memória com quantização em 4 bits, e (iv) demonstrar que estratégias de agregação e taxas de participação podem melhorar a generalização sob distribuições heterogêneas. Métricas como acurácia, F1-score e mAP (mean Average Precision) serão utilizadas como referência. A principal contribuição do CAREFL é oferecer uma alternativa escalável, eficiente e que preserva a privacidade, capaz de integrar raciocínio contextual em cenários de recursos limitados, preenchendo a lacuna entre a alta performance de VLMs centralizados e a necessidade prática de soluções distribuídas.

**Palavras-chave:** *Modelos* Visão-Linguagem*; Aprendizado Federado; Reconhecimento de Emoções; Recursos Limitados.*

**Referências**

KOSTI, R. et al. Context Based Emotion Recognition Using EMOTIC Dataset. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, v. 42, n. 11, p. 2755–2766, 1 nov. 2020.

LIU, H. et al. Improved Baselines with Visual Instruction Tuning. arXiv (Cornell University), 5 out. 2023.

OPENAI et al. GPT-4o System Card. arXiv (Cornell University), 25 out. 2024.

YASAMAN ETESAM et al. Contextual Emotion Recognition using Large Vision Language Models. 2021 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), p. 4769–4776, 14 out. 2024.

# Um Estudo Comparativo entre Modelos de NER para Documentos de Identidade e Notas Fiscais

**Rennan de Abreu e Lima Januario Silva, Universidade de Pernambuco (rennan.januario@upe.br)**
**Byron Leite Dantas Bezerra, Universidade de Pernambuco (byron.leite@upe.br)**

Nos meios comerciais e industriais, a automação do uso e extração de informações de documentos se faz cada vez mais importante, seja para processar os dados coletados, detectar fraudes e discrepâncias ou suporte ao cliente. Os modelos de *Named Entity Recognition* (NER), portanto, são aqueles que utilizam uma técnica de *Natural Language Processing* (NLP), onde palavras e termos segmentados, chamados de *tokens*, são identificados e categorizados em diferentes classes de sentidos semânticos. O objetivo do trabalho é investigar diferentes modelos conhecidos na literatura, aplicados a documentos de identificação pessoal e notas fiscais, a fim de concluir qual modelo melhor desempenha tarefas de extração e classificação de informações textuais e posicionais de imagens de documentos, além de apontar possíveis fragilidades das encontradas durante a pesquisa, sugerindo possíveis melhorias para trabalhos futuros. Foi realizada uma pesquisa experimental avaliando a performance de cada modelo segundo os conjuntos de entrada. A principal métrica empregada para avaliação dos modelos foi o *F1-Score* comumente utilizado em modelos de classificação. Durante a fase de treinamento, parte dos conjuntos de dados treinados são separados em *trials*, com cada conjunto tendo seu desempenho próprio, em *F1-Score*, sendo registrada a pontuação de treinamento para o *trial* de melhor pontuação de validação. Dentre os 5 (cinco) modelos elencados para a pesquisa, 2 (dois) deles se destacaram e foram avaliados mais afundo: *Language-independent Layout Transformer* (LiLT) e o *LayoutLMv3*. Para estes modelos selecionados, foi realizada também uma avaliação comparativa testando modelos treinados em dado conjunto em conjuntos diferentes de dados, com o propósito de estimar seu desempenho com dados diferentes de seu treinamento, provando sua capacidade de generalização. Por fim, pode-se chegar à conclusão de que os modelos apresentavam melhora de capacidade nos conjuntos com volume aumentados artificialmente, evidenciando que maior volume de dados aprimora a qualidade do treinamento, a custo de maior gasto computacional. Outra inferência percebível é a disparidade de pontuação entre os modelos testados no seu conjunto de treinamento para aqueles treinados em conjuntos diferentes, indicando baixa generalização por parte dos modelos treinados. Os resultados o *LayoutLMv3* e do LiLT, respectivamente, para o mesmo OCR são de 89,70% e 89,73%, e para OCR's de *datasets* diferentes, 79,78% e 72,94%. Isto representa uma queda de 9,92% para o *LayoutLMv3* e de 16,79% para o LiLT, sugerindo menor capacidade de generalização deste último. Apesar dos resultados alcançados terem sido abaixo do encontrado em seus benchmarks de cada modelo, foram próximos o bastante para concluir que houve convergência dos modelos. Evidentemente, o surgimento de novas arquiteturas para NER podem proporcionar melhores resultados para as tarefas propostas nesta pesquisa, levando à necessidade de realizar novas apurações para se comparar modelos mais recentes encontrados na literatura. Uma das limitações relevantes desta pesquisa, por exemplo, é o uso de coordenadas absolutas 2D para localização de informações, ou a ausência de métricas que avaliem outras características pertinentes no processo de extração. Trabalhos futuros, portanto, poderão considerar modelos que utilizem técnicas ou métricas que se adequem também outros tipos de documentos, variando técnicas e métricas conforme necessário.

**Palavras-chave:** *modelos de named entity recognition; extração de informações textuais; documents understand multi-modais; algoritmos de data augmentation.*

**Referências**

ABDALLAH, Abdelrahman et al. A survey of recent Approaches to form understanding in scanned documents. **Springer Nature**, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10462-024-11000-0. Acesso em: 4 out. 2024.
HUANG, Zheng et al. ICDAR2019 Competition on Scanned Receipt OCR and Information Extraction. Sydney: **IEEE**, 2019.

POWALSKI, Rafal et al. Going full-TILT boggie on document understanding with text-image-layout transformer. Lausanne: **ACM**, 2021.

WANG, Jiapeng et al. LiLTv2: language-substitutable layout-image transformer for visual information extraction. New York: **ACM**, 2025.

XU, Yiheng et al. LayoutLM: pre-training of text and layout for document image understanding. New York: **ACM**, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1145/3394486.3403172. Acesso em: 20 ago. 2020.

# Seleção de Características com Algoritmos Bioinspirados para Acurácia e Eficiência na Previsão do IPCA

**Bruno C. P L. Filho, bcplf@poli.br**
**Bruno J. T. Fernandes, bjtf@ecomp.poli.br**
**Andre L. S. Xavier, alsx@ecomp.poli.br**

A inflação, definida como o aumento contínuo e generalizado do nível de preços da economia, corrói o poder de compra da moeda e gera incertezas que afetam as decisões de consumo e investimento (MANKIW, 2021). Por seus efeitos na estabilidade e no desenvolvimento econômico, sua previsão é uma tarefa de grande interesse para bancos centrais e projetistas. O Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), principal indicador da inflação brasileira, é um índice composto pela variação de preços de um conjunto de produtos e serviços divididos em subgrupos, e exibe um comportamento complexo e não linear. Contudo, a modelagem preditiva do IPCA se depara com um desafio inerente à complexidade da economia: a alta dimensionalidade. A abundância de variáveis macroeconômicas disponíveis, embora potencialmente informativas, pode paradoxalmente prejudicar a análise, aumentando o custo computacional, introduzindo ruídos e elevando o risco de sobreajuste do modelo (*overfitting*). A literatura recente reforça a importância de lidar com essa questão, como no estudo de Miałkowska et al. (2022), que demonstrou uma aceleração de quase cinco vezes no aprendizado de um modelo financeiro ao reduzir drasticamente o número de variáveis, evidenciando o compromisso crucial entre acurácia e eficiência. Para realizar essa seleção, a literatura apresenta diferentes abordagens, como métodos de Filtro, que são rápidos, mas podem ignorar interações complexas; métodos Embutidos, que integram a seleção ao treinamento do modelo; e métodos de Envoltório (*Wrapper*), que tratam a seleção como um problema de busca. Neste trabalho, optou-se pela abordagem de Envoltório, que, embora computacionalmente mais intensiva, oferece uma vantagem decisiva: ela avalia a qualidade de um subconjunto de características utilizando o próprio modelo de previsão final como critério. Isso garante que as variáveis selecionadas sejam otimizadas para maximizar a performance do modelo específico em questão. Para implementar essa abordagem, foram utilizados o Algoritmo Genético (GA) e o Otimizador por Enxame de Partículas (PSO), duas técnicas bioinspiradas capazes de explorar eficientemente um vasto espaço de soluções para identificar subconjuntos de características com alto poder preditivo combinado, uma vantagem decisiva para modelar fenômenos complexos como a inflação. Para testar a eficácia desses algoritmos, o arcabouço metodológico deste estudo foi aplicado sobre um modelo de previsão híbrido. Essa estrutura segue a abordagem proposta por Zhang (2003), que parte da premissa de que uma série temporal pode ser decomposta em componentes lineares e não lineares. Assim, o modelo combina um ARIMAX (*Autoregressive Integrated Moving Average with Exogenous Variables*) para capturar as relações lineares nos dados com um Random Forest (RF) para modelar os padrões não lineares remanescentes nos resíduos. É sobre essa estrutura que o impacto da seleção de características com GA e PSO é avaliado, utilizando um *dataset* inicial com 28 variáveis macroeconômicas e setoriais para prever o IPCA. A análise quantitativa dos resultados revelou que, com a drástica redução da quantidade de variáveis, os modelos apresentaram um desempenho preditivo inferior. Para avaliar os modelos, utilizou-se a Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE). O modelo completo, utilizando todas as 27 variáveis exógenas, serviu como benchmark, alcançando um RMSE de 0.1046. Em contraste, os modelos com seleção de características tiveram erros maiores: o subconjunto selecionado pelo Algoritmo Genético (GA) ('IPCA_Saúde_cuidados_pessoais', 'IPCA_Vestuário', 'USDBRL',

'Consumo_Energia_Comercial' e 'Estoque_Empregos_Formais_Total') resultou em um RMSE de 0.1266, enquanto o conjunto do Otimizador por Enxame de Partículas (PSO) ('IPCA_Transportes', 'IGP_DI', 'Produção_Derivados_Petróleo', 'Consumo_Gasolina' e 'Estoque_Empregos_Formais_Total') alcançou um RMSE de 0.1707. Esse aumento do RMSE pode ser atribuído a alguns fatores. Primeiramente, a quantidade de variáveis foi pré-fixada em cinco, um número que pode ter sido restritivo demais, levando à exclusão de variáveis com informações relevantes. Adicionalmente, a própria natureza complexa e não linear das interações entre as variáveis econômicas pode exigir um conjunto maior de dados para ser adequadamente modelada. Ainda assim, o estudo evidencia um claro *trade-off*: apesar da queda na performance, obteve-se uma redução de mais de 81% na dimensionalidade, resultando em modelos mais simples e interpretáveis. Essa observação motiva diretamente os trabalhos futuros, que incluem a ampliação da análise para datasets de outros países, a exploração de técnicas baseadas em grafos e, crucialmente, a realização de um estudo para descobrir, de maneira automática, a quantidade ideal de variáveis para o modelo, buscando um equilíbrio ótimo entre acurácia e parcimônia.

**Palavras-chave:** *Previsão de Séries Temporais; Seleção de Características; Modelos Híbridos; Algoritmos Bioinspirados.*

**Referências**

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. **Time series analysis**: forecasting and control. San Francisco: Holden-Day, 1976.

BOX, G. E. P. et al. **Time series analysis**: forecasting and control. 5. ed. Hoboken: Wiley, 2015.

MANKIW, N. G. **Princípios de Macroeconomia**. 9. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2021.

MIAŁKOWSKA, K. et al. Feature selection for financial data – comparison. **Procedia Computer Science**, v. 207, p. 3041–3050, 2022.

SONG, F. et al. Feature selection for early-stage software cost estimation. In: ACM-IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON EMPIRICAL SOFTWARE ENGINEERING AND MEASUREMENT, 2010, Bolzano. **Anais**... Bolzano: ACM, 2010. p. 1-10.

VENKATESH, B.; ANURADHA, J. A review of feature selection and its methods. **Cybernetics and Information Technologies**, v. 19, n. 1, p. 3-26, 2019.

ZHANG, G. P. Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model. **Neurocomputing**, v. 50, p. 159-175, 2003.

# Medição de Pressão aplicada por faixas compressivas em tratamento de Terapia Ocupacional em pessoas com Doença de Parkinson

**Caio Victor da Costa e Silva, Universidade de Pernambuco (caio.victors@upe.br) Sérgio Campello Oliveira, Universidade de Pernambuco (sergio.campello@upe.br)**

A doença de Parkinson (DP) é uma condição neurológica que se caracteriza pela redução de precisão dos movimentos, além de causar tremores, rigidez muscular, lentificação dos movimentos essenciais, alterações na forma de falar e escrever, desequilíbrio, entre diversos outros sintomas (ANDRÉ, 2004). A doença é responsável por uma degeneração das células fundamentais para produção de dopamina, substância responsável por conduzir as correntes nervosas (neurotransmissores) ao corpo (SAÚDE, 2019). Em estudos realizados em 2019, estima-se que cerca de 8,5 milhões de pessoas são afetadas pela DP em todo o mundo (ROCHA, 2022), valor que dobrou nos últimos 25 anos, e que tende a aumentar cada vez mais, tendo em vista que a expectativa de vida da população tem aumentado, e a DP prevalece, de forma mais recorrente em pessoas idosas, acima dos 65 anos (MOREIRA et al., 2007). Este trabalho apresenta o desenvolvimento e a validação de um sistema eletrônico acessível, cujo objetivo é auxiliar no tratamento da Doença de Parkinson através da mensuração e visualização, em tempo real, da pressão aplicada por faixas elásticas terapêuticas durante atividades funcionais. Com esse sistema, deverá ser possível reduzir o empirismo nos diagnósticos e a avaliação qualitativa recorrente no âmbito da saúde de pacientes de Terapia Ocupacional que possuem a DP. A metodologia deste trabalho foi dividida em duas frentes principais: o sistema de hardware (HW) para aquisição dos dados e o desenvolvimento da plataforma de software (SW) para visualização e tratamento. O Sistema de Aquisição de Dados envolveu a construção de um dispositivo portátil utilizando uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto (Arduino), programada em uma adaptação da linguagem C++, conectada a sensores de força (FSR402 e células de carga) de alta sensibilidade, acondicionados em invólucros protetores impressos em impressoras de manufatura aditiva (Impressoras 3D).O HW, parte eletrônica do dispositivo, consiste em um equipamento portátil baseado em um microcontrolador Arduino Mega 2560, em conjunto, três sensores foram posicionadas em pontos estratégicos do membro do paciente para capturar a força exercida pelas faixas elásticas compressivas. Os sinais analógicos, valores que representam a tensão, gerados por esses sensores são digitalizados por módulos conversores analógico-digitais (CAD) do microcontrolador. O Arduino processa esses sinais, calcula a pressão correspondente em Pascals(Pa), unidade de medida esperada em pressão, através da calibração feita no SW , e envia os dados continuamente para um computador. No escopo do desenvolvimento da plataforma de SW, foi desenvolvida em uma linguagem de programação de alto nível (Python), utilizando um conjunto de bibliotecas específicas para cada funcionalidade. Para o condicionamento dos dados foi utilizado um banco de dados específico e modelado visando atender o escopo de realização de sessões em pacientes reais. Os dados são lidos em tempo real, através do ambiente de desenvolvimento integrado do Arduino, e mostrados em tela, para que o usuário consiga ter noção da pressão aplicada no momento exato, também sendo possível que tais informações sejam mostradas ao profissional em forma de gráficos. Para validar a viabilidade técnica, o sistema foi utilizado por um grupo de voluntários saudáveis em tarefas manuais, permitindo avaliar a correlação entre os dados de pressão e métricas de desempenho motor, que em estudos clínicos futuros serão quantificadas pelo Teste de Função Manual de Jebsen-Taylor (TFMJT) (MAK et al., 2015). Os testes preliminares demonstraram que o protótipo é funcional e capaz de distinguir com clareza diferentes níveis de pressão (leve, intermediária e forte) (ARRUDA, 2023), e a intensidade de tremores(BARBOSA, 2022) fornecendo uma base de dados quantitativa e confiável para acompanhamento em tempo real. Conclui-se que o sistema possui potencial para auxiliar profissionais de saúde no ajuste preciso e individualizado de tratamentos. O protótipo, que possui parecer de aprovação do comitê de

ética em pesquisa, está apto para a próxima fase de estudos clínicos de longo prazo com pacientes, para avaliar sua efetividade na reabilitação motora e na estabilização dos tremores.

**Palavras-chave:** *Doença de Parkinson; terapia ocupacional; sensores.*

**Referências**

ANDRÉ, E. S. Moléstia de Parkinson. **Fisioterapia em Movimento**, 2004.

ARRUDA, A. M. de. **Sistema de sensores para quantificação de estímulos de pressão e tremores em pacientes com Mal de Parkinson**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia da Computação) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2023.

BARBOSA, J. **Medidor de tremores para quantificação de movimentos em pacientes com a Doença de Parkinson**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia da Computação) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2022.

MAK, K. Y.; LAU, E. T. L.; TAM, V. W. K.; WOO, C. W. Y.; YUEN, S. K. Y. Use of Jebsen Taylor Hand Function Test in evaluating the hand dexterity in people with Parkinson's disease. **Journal of Hand Therapy**, v. 28, n. 4, p. 389-395, 2015.

MOREIRA, C. S.; MARTINS, K. F. C.; NERI, V. C.; ARAÚJO, P. G. Doença de Parkinson: como diagnosticar e tratar. **Revista Científica da Faculdade de Medicina de Campos**, v. 2, n. 2, p. 19-29, 2007.

ROCHA, L. Incapacidade e mortes por Doença de Parkinson crescem no mundo, alerta OMS. **CNN Brasil**, 2022. Disponível em: https://www.cnnbrasil.com.br/saude/incapacidade-e-mortes-por-doenca-de-parkinson-crescem-no-mundo-alerta-oms/
SAÚDE, B. V. em. **Doença de Parkinson**. 2019. [Online; accessed 05-Agosto-2025]. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/doenca-de-parkinson/.

# Análise do Impacto do Tamanho do Conjunto de Dados de Treino no Desempenho de Modelos de Extração de Dados

**Lucas Gonçalves Rodrigues, Universidade de Pernambuco, lgr1@poli.br**
**Byron Leite Dantas Bezerra, Universidade de Pernambuco, byronleite@ecomp.poli.br**

A extração automatizada de informações de documentos é um desafio central para a digitalização de processos em diversos setores, mas seu sucesso depende de modelos de aprendizado de máquina que exigem grandes volumes de dados rotulados. O custo e o tempo associados à rotulagem manual representam um obstáculo significativo. Neste contexto, este trabalho analisa como o tamanho dos conjuntos de dados de treino afeta o desempenho de modelos de extração de informações, buscando identificar um volume ótimo de dados que maximize os resultados de forma custo-efetiva. A abordagem envolveu o estudo de modelos de extração estado da arte, que foram implementados e treinados com o uso de algoritmos complementares, como os de *data augmentation*, aplicados a conjuntos de dados completos e a amostras de diferentes tamanhos. Os algoritmos para configuração e enriquecimento dos dados, desenvolvidos em Python, foram aplicados aos datasets CORD (PARK et al., 2019) e BID4NER. A rotulagem manual foi realizada na plataforma Doccano, e os dados foram processados pelos motores de *OCR* PaddleOCR (BAIDU, 2025), EasyOCR (JAUME et al., 2025), Azure OCR (MICROSOFT, 2025) e GT (SMITH, 2007). Para o treinamento foram utilizados os modelos LAMBERT (GARNCAREK et al., 2020), LayoutLM (XU et al., 2020), LayoutLMv2 (XU et al., 2021), LayoutLMv3 (HUANG et al., 2022) e LiLT (WANG et al., 2022). A principal métrica de avaliação foi o *F1-score*, que representa a média harmônica entre precisão e recall. Entre as execuções de treinamento, foi considerada aquela que apresentou o maior *F1-score*. Após o processamento das imagens pelos motores OCR, os dados foram organizados no formato exigido pelos modelos, e cada entidade presente nos documentos foi identificada e classificada manualmente. Para o enriquecimento do conjunto de dados, foram aplicadas diversas técnicas de *data augmentation*, incluindo variações nas *bounding boxes* das palavras (até 10% do valor original), translação dos documentos, adição de *padding*, remoção, inserção e modificação de textos e caracteres, além da troca de campos entre documentos distintos. Os experimentos utilizaram os seguintes conjuntos de dados: o CORD (PARK et al., 2019), com imagens de notas fiscais da Indonésia anotadas com informações estruturadas, e o BID4NER, com dados extraídos de documentos brasileiros, como o Registro Geral (RG). Entre os modelos testados, o LiLT (WANG et al., 2022) apresentou o melhor desempenho no dataset CORD, alcançando *F1-score* de 96,87% quando associado ao motor GT e com uso de *data augmentation*. Já no BID4NER, o LayoutLMv3 (HUANG et al., 2022) superou o LiLT, sobretudo em cenários com *OCRs* de maior precisão, como Azure OCR (MICROSOFT, 2025) e GT (SMITH, 2007). Essa diferença pode estar relacionada à natureza do BID4NER, composto por documentos com layouts mais padronizados, nos quais o LayoutLMv3, por integrar de forma mais eficaz informações espaciais e textuais, mostra-se vantajoso. Em contrapartida, no CORD, caracterizado por maior variabilidade estrutural, o LiLT demonstrou maior robustez. Os resultados reforçam que a efetividade de cada modelo depende não apenas da arquitetura e do motor *OCR* utilizado, mas também do tipo e da estrutura dos documentos processados. Modelos como o LayoutLMv3 tendem a se beneficiar de contextos mais estruturados, enquanto o LiLT se destaca em cenários heterogêneos. A aplicação de *data augmentation* mostrou-se especialmente eficaz no CORD, sugerindo que tais estratégias são vantajosas em contextos com alta variabilidade estrutural. Foi confirmado que o aumento do volume de dados contribui para a melhora do desempenho, dado que notou-se um aumento de 2 pontos percentuais do *F1-score* em média, evidenciando a correlação direta entre quantidade de dados e desempenho. Para trabalhos futuros, sugere-se a expansão da análise para outros tipos de documentos, como contratos e laudos médicos e a inclusão de outras arquiteturas de modelos da literatura.

**Palavras-chave:** *Extração de Documentos; Análise de Desempenho; Data Augmentation.*

**Referências**

BAIDU. **PaddleOCR: An open-source OCR toolkit based on PaddlePaddle**. 2025. Disponível em: https://github.com/PaddlePaddle/PaddleOCR. Acesso em: 10 abr. 2025.

GARNCAREK, Ł. et al. LAMBERT: Layout-Aware (Language) Modeling for Information Extraction. 2020. **Preprint**. Disponível em: https://arxiv.org/abs/2002.08087. Acesso em: 10 abr. 2025.

HUANG, Y. et al. LayoutLMv3: Pre-training for Document AI with Unified Text and Image Masking. In: ANNUAL MEETING OF THE ASSOCIATION FOR COMPUTATIONAL LINGUISTICS – ACL, 61., 2022, Dublin. **Anais**…. Stroudsburg: ACL, 2022. Disponível em: https://arxiv.org/abs/2204.08387. Acesso em: 10 abr. 2025.

JAUME, G. et al. **EasyOCR: Ready-to-use Optical Character Recognition with 80+ Supported Languages.** 2025. Disponível em: https://github.com/JaidedAI/EasyOCR. Acesso em: 10 abr. 2025.

MICROSOFT. **Azure OCR Documentation**. 2025. Disponível em: https://learn.microsoft.com/azure/cognitive-services/computer-vision/overview-ocr. Acesso em: 10 abr. 2025.

PARK, S. et al. CORD: A Consolidated Receipt Dataset for Post-OCR Parsing. In: DOCUMENT INTELLIGENCE WORKSHOP AT NEURIPS, 3., 2019, Vancouver. **Anais**…. Vancouver: NeurIPS, 2019. Disponível em: https://github.com/clovaai/cord. Acesso em: 10 abr. 2025.

SMITH, R. An Overview of the Tesseract OCR Engine. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON DOCUMENT ANALYSIS AND RECOGNITION – ICDAR, 9., 2007, Curitiba. **Anais**…. Washington: IEEE, 2007. p. 629-633.

WANG, J.; JIN, L.; DING, K. LiLT: A Simple yet Effective Language-Independent Layout Transformer for Structured Document Understanding. 2022. **Preprint**. Disponível em: https://arxiv.org/abs/2202.13669. Acesso em: 10 abr. 2025.

XU, Y. et al. LayoutLM: Pre-training of Text and Layout for Document Image Understanding. In: ACM SIGKDD INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE DISCOVERY & DATA MINING – KDD, 26., 2020, Virtual. **Anais**…. New York: ACM, 2020. p. 1195-1205. Disponível em: https://arxiv.org/abs/1912.13318. Acesso em: 10 abr. 2025.

XU, Y. et al. LayoutLMv2: Multi-modal Pre-training for Visually-Rich Document Understanding. In: ANNUAL MEETING OF THE ASSOCIATION FOR COMPUTATIONAL LINGUISTICS – ACL, 59., 2021, Virtual. **Anais**…. Stroudsburg: ACL, 2021. Disponível em: https://arxiv.org/abs/2012.14740. Acesso em: 10 abr. 2025.

# Análise de Padrões em Casos Jurídicos com Mineração de Processos e Machine Learning

**Marcus Vinicius de França, Universidade de Pernambuco (marcusviniciusfrancaa@gmail.com)**
**Byron Leite Bezerra, Universidade de Pernambuco (byron.leite@upe.br)**
**Luiz Felipe Verçosa, Universidade de Pernambuco (lfv.vercosa@gmail.com)**
**Vinícius Ferreira Silva, Universidade de Pernambuco (vfs@ecomp.poli.br)**
**Jaqueline Keila L. da Cruz, Universidade Católica (jaqueline.keila@gmail.com)**

A morosidade na tramitação de processos judiciais é um desafio global que impacta a eficiência e a percepção de justiça, sendo um problema crônico no Brasil, com mais de 81 milhões de processos em andamento e tempo médio de conclusão de 5 anos e 8 meses na Justiça Comum Estadual (CNJ, 2023). Nesse cenário, torna-se necessário identificar e otimizar os fluxos processuais, que apresentam alta heterogeneidade. O objetivo deste trabalho foi apresentar uma metodologia que integra a *Process Mining* (Mineração de Processos, técnica que extrai modelos de comportamento a partir de registros de atividades executadas) e a *Machine Learning* (Aprendizagem de Máquina, ramo da inteligência artificial que permite o aprendizado de padrões a partir de dados) para analisar a duração de casos jurídicos. A fase inicial concentrou-se em processos da classe de execução fiscal, que representam mais de 30% do acervo judicial brasileiro e apresentam fluxos processuais repetitivos, além de serem notoriamente mais lentos devido à complexidade das cobranças tributárias e à dificuldade de localização de bens penhoráveis. A escolha dessa classe também é respaldada por estudos recentes, como o de Verçosa *et al*. (2024), que demonstram que os casos em fase de execução tendem a apresentar durações significativamente maiores em comparação a outras classes processuais, evidenciando a morosidade estrutural dessa categoria. Portanto, a seleção da execução fiscal como foco da análise permite investigar fluxos processuais com maior heterogeneidade temporal, fornecendo subsídios mais robustos para a identificação de padrões recorrentes e proposição de intervenções estratégicas. O pré-processamento envolveu a criação de um log de eventos (registro estruturado das atividades de um processo) robusto, com limpeza de dados, validação com o glossário oficial do CNJ, filtragem temporal, ordenação cronológica das atividades, exclusão de processos sem a atividade final de arquivamento definitivo ou com apenas uma atividade, e generalização de eventos. Ao final, foram obtidos 40.471 traços de processos (cada traço corresponde à sequência completa de atividades registradas em um processo judicial), sendo que aproximadamente 76% desses traços foram sequências únicas (isto é, sequências que não se repetiram entre os processos, revelando grande diversidade nos fluxos). Para lidar com essa heterogeneidade, aplicou-se a técnica de *clustering* (agrupamento de dados semelhantes) por meio do algoritmo *K-means* e sua variante *Elkan*, que otimiza o cálculo das distâncias ao introduzir limites inferiores e superiores durante as iterações, tornando o agrupamento mais eficiente em termos computacionais sem alterar a qualidade dos resultados. A qualidade dos agrupamentos não foi avaliada por métricas tradicionais, como o coeficiente de silhueta, mas sim pelo impacto na capacidade de previsão do tempo processual. Para isso, utilizamos o modelo de regressão escolhido, o *Gradient Boosting*, que combina várias árvores de decisão simples em sequência. Em cada etapa, uma nova árvore é treinada para corrigir os erros das anteriores, utilizando o gradiente da função de perda, o que torna as previsões mais precisas. A ideia foi verificar se os rótulos atribuídos aos grupos apresentavam relação significativa com o tempo de duração dos processos. Ou seja, caso os agrupamentos tivessem qualidade, esperava-se que determinados grupos estivessem

associados a tempos maiores ou menores de tramitação, refletindo-se em uma melhor capacidade preditiva do modelo. Os melhores resultados foram obtidos com 70 grupos gerados pelo algoritmo de *Elkan*, configuração que aumentou de forma significativa a precisão das previsões de tempo de execução dos processos judiciais. O resultado final dessa etapa foi a criação de uma nova variável categórica, representando o pertencimento de cada traço a um grupo específico, o que enriqueceu o conjunto de dados e permitiu uma análise mais detalhada dos diferentes comportamentos processuais. Para reduzir a influência de casos extremos, removeram-se os traços nos percentis 5 e 95 de tempo de execução. Em seguida, os clusters foram subdivididos temporalmente em três categorias: processos rápidos (25% mais curtos), médios (50% centrais) e lentos (25% mais longos). Na etapa seguinte, aplicou-se o algoritmo *PrefixSpan* (Mineração de Padrões Sequenciais que identifica subsequências frequentes sem necessidade de gerar candidatos explicitamente), de forma separada para cada categoria. Os resultados mostraram que os processos rápidos (tempo médio: 2143,43 dias) apresentaram fluxos diretos, como “Distribuição, Conclusão, Expedição de documento, Arquivamento” (50,8% de suporte). Já os processos médios (tempo médio: 3527,68 dias) revelaram repetição de atos de “Conclusão” e “Juntada”, com padrões como “Juntada, Conclusão, Conclusão, Arquivamento” (60,9%). Os processos lentos (tempo médio: 6363,10 dias) destacaram-se por eventos de cartório, como “Recebimento pelo Escrivão, Arquivamento” (85,9%). Um ponto relevante da análise é que os processos médios na amostra apresentaram tempo de 3527,68 dias (9 anos e 8 meses), superior à média de 5 anos e 8 meses divulgada pelo CNJ. Essa diferença decorre do recorte metodológico, que considerou exclusivamente a execução fiscal, tornando a amostra menos representativa do universo de 81 milhões de processos em tramitação. Ainda assim, o resultado evidencia a morosidade estrutural dessa classe e reforça a relevância do estudo. Em conclusão, a análise revelou padrões característicos de comportamento processual e identificou sequências predominantes em diferentes perfis de duração. Os resultados oferecem subsídios para otimizar fluxos de trabalho, orientar intervenções específicas e apoiar políticas públicas mais eficazes, representando um avanço significativo na aplicação da mineração de processos ao domínio jurídico.

**Palavras-chave:** *Mineração de Processos; Aprendizagem de Máquina; Processos Judiciais; PrefixSpan; Clusterização.*

**Referências**

CNJ. **Justiça em Números 2023**. Brasília, DF: CNJ, 2023. Disponível em: https://www.cnj.jus.br. Acesso em: 28 jul. 2025.

PEI, J.; HAN, J.; MORTAZAVI-ASL, B. et al. **PrefixSpan: mining sequential patterns efficiently by prefix-projected pattern growth**. Proc. of the 17th International Conference on Data Engineering (ICDE 2001). Heidelberg: IEEE, 2001. p. 215-224.

VAN DER AALST, Wil M. P. **Process Mining: Data Science in Action**. 2. ed. Berlin: Springer, 2016.

VERCOSA, L.; SILVA, V.; CRUZ, J.; BASTOS-FILHO, C.; BEZERRA, B. L. D. **Investigation of lawsuit process duration using machine learning and process mining**. Discover Analytics, v. 2, Art. 9, 2024. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s44257-024-00015-0. Acesso em: 28 jul. 2025

# Detecção de anomalias na análise de logs utilizando técnicas de machine learning

**Victor J.C. Ferreira, Universidade de Pernambuco (vjcf@poli.br)**
**Prof. Dr. Carmelo J.A.B. Filho, Universidade de Pernambuco (carmelofilho@gmail.com)**
**Prof. Dr. Carlo M.R. da Silva, Universidade de Pernambuco (cmrs@poli.br)**

Este estudo trata do desafio de analisar grandes volumes de logs de sistema, que fornecem informações valiosas sobre o comportamento dos softwares, mas cuja quantidade e complexidade tornam a verificação manual ineficiente (XU et al., 2009). A identificação automática de anomalias nesses registros é essencial para detectar problemas operacionais de grande escala. Neste contexto, o objetivo principal deste estudo é avaliar e comparar a eficácia de diversos algoritmos de aprendizado de máquina na identificação de anomalias em arquivos de log, com o intuito de automatizar a detecção de padrões incomuns para aumentar a segurança e a confiabilidade do sistema. Para atingir esse objetivo, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: aplicar a análise em um banco de dados público e reconhecido, utilizando para isso o conjunto de dados do Hadoop Distributed File System (HDFS) da coleção loghub (ZHU et al., 2023); realizar o pré-processamento dos logs brutos do HDFS, convertendo os dados de texto não estruturado em vetores de características numéricas (XU et al., 2009; LANDAUER et al., 2020); implementar e avaliar um conjunto de algoritmos supervisionados e não supervisionados; e analisar o desempenho de cada um. A base de dados HDFS serviu como ponto de partida para a metodologia, na qual foi realizado um pré-processamento fundamental para a análise automatizada. Neste estudo, as sequências de log foram geradas a partir do identificador block_id. Empregaram-se algoritmos supervisionados como a Árvore de Decisão e o Random Forest (SHALEV-SHWARTZ; BEN-DAVID, 2014) e não supervisionados como o Isolation Forest, além de técnicas de clusterização como o K-Modes, apropriado para as variáveis categóricas tratadas (OLIVEIRA et al., 2020). Os resultados obtidos indicaram que, em média, cerca de 10% das sequências de logs no conjunto de dados foram classificadas como anômalas pelos modelos não supervisionados. A análise comparativa demonstrou uma variação de comportamento entre os algoritmos: enquanto os modelos supervisionados, como a Árvore de Decisão, foram capazes de extrair regras de classificação claras, os modelos não supervisionados, como o DBSCAN, foram eficazes em quantificar o volume de comportamento atípico. Um resultado notável foi a identificação de que apenas 8 das 14 características iniciais foram determinantes para a classificação, otimizando a análise. Nos algoritmos não supervisionados, a clusterização identificou, em média, cinco perfis (clusters) distintos de comportamento. Diante desses resultados, conclui-se que a aplicação de aprendizado de máquina para análise de logs é uma abordagem promissora, com a escolha do algoritmo sendo um fator crítico. Os métodos de pré-processamento e extração de características mostraram-se adequados, permitindo que os modelos identificassem padrões relevantes com sucesso. A análise também sugere que a implementação prática destes modelos requer uma etapa cuidadosa de ajuste fino para evitar o excesso de falsos alarmes. Como trabalhos futuros, pretende-se expandir a análise para outros datasets, bem como explorar o uso de técnicas de deep learning baseadas em redes neurais recorrentes (por exemplo, LSTMs), que têm demonstrado resultados promissores para capturar dependências sequenciais em logs (CHEN et al., 2022).

**Palavras-chave:** *Segurança da Informação; Detecção de Anomalias; Aprendizado de máquina, Mineração de Dados.*

**Referências**

CHEN, Zhuangbin et al. Experience Report: Deep Learning-based System Log Analysis for Anomaly Detection. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING (ICSE)**, 44., 2022, Pittsburgh. Anais... Pittsburgh, PA: IEEE, 2022. p. 556-567.

LANDAUER, Max et al. System log clustering approaches for cyber security applications: A survey. **Computers & Security**, v. 92, p. 101739, 2020.

OLIVEIRA, Pamella Letícia S. de et al. Uma Análise de Algoritmos de Clusterização para Descoberta de Perfis de Engajamento. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (CBIE)**, 9., 2020. Anais [...]. p. 1012-1021.

SHALEV-SHWARTZ, Shai; BEN-DAVID, Shai. Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms. **Cambridge: Cambridge University Press**, 2014.

XU, Wei et al. Detecting Large-Scale System Problems by Mining Console Logs. In: **ACM SIGOPS SYMPOSIUM ON OPERATING SYSTEMS PRINCIPLES (SOSP)**, 22., 2009, Big Sky. Proceedings [...]. Big Sky, MT: ACM, 2009. p. 117-132.

YADAV, Rakesh Bahadur; KUMAR, P Santosh; DHAVALE, Sunita Vikrant. A Survey on Log Anomaly Detection using Deep Learning. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON RELIABILITY, INFOCOM TECHNOLOGIES AND OPTIMIZATION (ICRITO)**, 8., 2020, Noida. Anais [...]. Noida: IEEE, 2020. p. 1215-1220.

ZHU, Jieming et al. Loghub: A Large Collection of System Log Datasets for AI-driven Log Analytics. In: **INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SOFTWARE RELIABILITY ENGINEERING (ISSRE)**, 34., 2023, Paderborn. Proceedings [...]. Paderborn: IEEE, 2023. p. 231-240.

# Estudo de Correlação entre Saneamento Básico e Saúde Coletiva no Município de Santa Cruz do Capibaribe (PE)

**Júlia Aline Câmara da Silva, Universidade de Pernambuco (jacs@poli.br)**
**Maurício Costa Goldfarb, Universidade de Pernambuco (mcg@poli.br)**
**Nathalya Ranyere Alves Lima, Universidade de Pernambuco (nral@poli.br)**

Apesar da reconhecida importância dos sistemas de saneamento básico e sua relação com a saúde da população, aproximadamente 32 milhões de brasileiros não têm acesso à água potável (Instituto Trata Brasil, 2024). Nas regiões Norte e Nordeste, e, especificamente, na região do semiárido brasileiro, este problema é ainda mais grave. Assim, esta pesquisa teve como objetivo avaliar a relação entre o abastecimento de água e a saúde da população do município de Santa Cruz do Capibaribe, situado na região semiárida do Agreste Pernambucano. A contribuição do sistema de abastecimento de água, relacionada ao índice de cobertura de abastecimento, entre os anos de 2008 e 2022, foi obtida dos dados do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (2023). Dados sobre a saúde da população do município, relacionada aos casos notificados de doenças diarreicas agudas, neste mesmo período, foram obtidos no Sistema Informatizado de Vigilância Epidemiológica do Ministério da Saúde (2024). Finalmente, os dados populacionais, foram obtidos no banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022). Para verificação da normalidade dos dados, a metodologia do trabalho utilizou-se do teste de Shapiro-Wilk (1965), com significância de 5%, e, caso a normalidade não fosse verificada, a aplicação do teste não paramétrico de Mann-Kenddall (Kendall, 1975; Mann, 1945), conforme Yue e Pilon (2019), também com significância de 5%. Os resultados comprovaram a normalidade dos dados e possibilidade da análise de correlação e regressão pelo método dos mínimos quadrados, e uso dos coeficientes de correlação e determinação de Pearson. Os resultados dos coeficientes de Pearson, correlação de -0,57 e determinação de 0,32, indicam correlação moderada negativa entre a cobertura de abastecimento de água e os casos notificados de doenças diarreicas agudas no município. Este resultado, no mesmo sentido das observações apresentadas por Goldfarb et al. (2024), demonstram a existência de relação entre a saúde da população, representada pela incidência de casos de doenças diarreicas agudas, e a cobertura de abastecimento de água no município Santa Cruz do Capibaribe durante o período de estudo.

**Palavras-chave:** *Saneamento básico; abastecimento de água; semiárido.*

**Referências**

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente (SVSA). **Monitoramento das Doenças Diarreicas Agudas, dados atualizados em 2024.** Disponível em: https://public.tableau.com/app/profile/dda.brasil/viz/MonitoramentodasDDA/5-MonitoramentoMun2024. Acesso em: 13 set. 2024.

GOLDFARB, M. C. *et al*. Water Availability and Public Health: Correlation Study in the Municipality of Santa Cruz do Capibaribe (PE). **Revista de Tecnologia e Gestão Sustentável.** v. 3, n. 8, dez. 2024. DOI: 10.17271/bpaghw74. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/rtgs/article/view/5409. Acesso em: 2 dez. 2024.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2022: População e Domicílios - Primeiros Resultados. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/panorama. Acesso em: 14 set. 2024.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do saneamento do Instituto Trata Brasil de 2024**. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2024. Disponível em: https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2024/03/Relatorio-Completo-Ranking-do-Saneamento-de-2024-TRATA-BRASIL-GO-ASSOCIADOS.pdf. Acesso em: 20 ago. 2024.

KENDALL, M. G. **Rank correlation methods.** London: Griffin, 1975. 202 p.

MANN, H. B. Nonparametric tests against trend. **Econometrica**, v. 13, n. 3, p. 245–259,1945.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**. v. 52, p. 591–611, 1965.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos.** Brasília, DF: Governo Federal, Ministério das Cidades, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/diagnosticos-anteriores-do-snis/agua-e-esgotos-1. Acesso em: 12 ago. 2024.

YUE, Sheng; PILON, Paul. A comparison of the power of the t test, Mann-Kendall and bootstrap tests for trend detection/Une comparaison de la puissance des tests t de Student, de Mann-Kendall et du bootstrap pour la détection de tendance. **Hydrological Sciences Journal**, v. 49, n. 1, p. 21-37, 2004.

# Uso de visão computacional para detecção de imagens para controle de drones

**Ana Beatriz Soares Neves, Universidade de Pernambuco (absn1@poli.br)**
**George Oliveira de Araújo Azevedo, Universidade de Pernambuco (georgeazevedo@poli.br)**

O avanço da robótica aérea e a crescente aplicação de veículos aéreos não tripulados (VANTs) em tarefas de inspeção, monitoramento e manipulação remota têm impulsionado a pesquisa por soluções autônomas de navegação e interação com o ambiente (ARAFAT; ALAM; MOH, 2023). Dentre essas soluções, a visão computacional se destaca por permitir que sistemas embarcados realizem medições e tomadas de decisão com base em imagens. No que diz respeito às técnicas de visão computacional, a detecção de objetos específicos se destaca como uma abordagem para missões que exigem precisão, como o pouso autônomo. Essa abordagem permite não apenas identificar os alvos de interesse, mas também extrair suas características essenciais, como posição e distância. O presente trabalho tem como objetivo desenvolver e validar um algoritmo baseado em visão computacional para a detecção e identificação de formas geométricas específicas em tempo real, visando a extração de parâmetros essenciais para o pouso autônomo de drones. Para isso, foi empregado o uso da biblioteca OpenCV para a criação de um algoritmo em Python capaz de processar os quadros de vídeo capturados por uma câmera. O algoritmo consiste em uma série de etapas de Processamento Digital de Imagens (PDI) para otimizar a identificação dos alvos. Inicialmente, cada quadro é convertido para a escala cinza, seguido pela aplicação de um filtro bilateral, escolhido por sua capacidade de redução de ruídos enquanto preserva as bordas das formas. Em seguida, é utilizada uma binarização por limiarização adaptativa gaussiana (Adaptative Thresholding), que se mostra eficaz em segmentar a imagem de forma consistente sob condições de iluminação não uniforme (REHMAN; HAROON, 2023), e operações morfológicas de fechamento e abertura são aplicados para refinar a segmentação dos objetos de interesse, eliminando ruídos e preenchendo descontinuidades. A partir da imagem processada, o algoritmo realiza a extração dos contornos. Em seguida, a identificação das formas ocorre por meio da comparação entre os contornos extraídos da imagem em tempo real e contornos de referência, que são extraídos de arquivos de imagem dos alvos de interesse e submetidos ao mesmo processamento de imagem dos quadros capturados pela câmera. Dessa forma, a identificação das formas é realizada utilizando o método de movimentos invariantes de Hu (CHACON et al., 2011), que garante invariância à translação, escala e rotação, associado a uma verificação do número de vértices do polígono aproximado para aumentar a precisão. O algoritmo gera, para cada forma detectada, uma estrutura de dados que armazena seu tipo, área, a coordenada de seu centróide, o deslocamento estimado nos eixos x e y, e a distância estimada em metros no eixo z. A detecção do centróide é obtida dividindo os momentos de primeira ordem pelo momento de ordem zero, que representa a área do contorno. A partir do centróide, juntamente com a altitude do drone e o campo de visão (FoV) da câmera, o algoritmo calcula, por meio de funções trigonométricas, o deslocamento métrico real do centro da imagem ao centro do alvo nos eixos x e y no plano do solo. Esse deslocamento oferece um sinal de erro quantitativo (em centímetro) que pode ser diretamente utilizado por um sistema de controle Proporcional-Integral-Derivativo (PID) para alinhamento longitudinal e lateral do drone. De forma paralela, a medição da distância ao objeto no eixo z é implementada com base na semelhança de triângulos, relacionando a largura real conhecida do objeto, sua largura aparente na imagem em pixels e a distância focal. A distância obtida através do cálculo pode ser utilizada para o controle de altitude (throttle), permitindo a execução de uma trajetória de descida controlada e o acionamento do procedimento de pouso na altitude correta. A precisão da medição da altura depende da calibração da câmera, que é um processo prévio para

determinar os parâmetros como a distância focal e corrigir distorções da lente. A validação experimental foi conduzida com três alvos impressos (quadrado, cruz e círculo), escolhidos para avaliar a detecção de polígonos simples, complexos e formas não poligonais. Nos testes, uma câmera com 50MP e distância focal de 26 mm, foi posicionada a uma altitude fixa de 1.0 metro, com uma distância horizontal de 45 cm dos alvos, e cada alvo foi exposto a cinco condições de iluminação distintas (luz solar direta, sombra, luz artificial, baixa luminosidade e iluminação com reflexo), totalizando 15 testes. Os resultados demonstraram, até o momento, que o algoritmo é capaz de identificar e extrair os parâmetros de cada um dos três alvos nas quatro primeiras condições de iluminação (luz solar direta, sombra, luz artificial, baixa luminosidade), possuindo um erro médio de ±0.17 cm no cálculo do posicionamento horizontal e ±0.20 cm no posicionamento vertical. Contudo o algoritmo apresentou falhas na detecção e extração das características de cada alvo quando submetido à última exposição de iluminação (iluminação com reflexo), indicando uma limitação do processamento de imagem frente a brilhos intensos. Portanto, até o presente momento, o sistema desenvolvido se demonstrou eficaz na detecção e extração de características de alvos na maioria das condições de iluminação comuns e controladas.

**Palavras-chave:** *Visão computacional; Detecção de formas; Controle de drones; Processamento de imagem.*

**Referências**

ARAFAT, Muhammad Yeasir; ALAM, Muhammad Morshed; MOH, Sangman. Vision-based navigation techniques for unmanned aerial vehicles: review and challenges. **Drones**, Basel, v. 7, n. 2, p. 89, 2023.

CHACON, Germano et al. Aplicação da técnica de momentos invariantes no reconhecimento de padrões em imagens digitais. **Notas Técnicas**, Rio de Janeiro: Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, v. 1, n. 2, p. 1–10, 2011.

REHMAN, Nehal Abdul; HAROON, Farah. Adaptive gaussian and double thresholding for contour detection and character recognition of two-dimensional area using computer vision. **Engineering Proceedings**, Basel, v. 32, n. 1, p. 23, 2023.

# Desenvolvimento de um sistema de inteligência artificial generativa para apoio à decisão clínica em teleconsultas no CISAM

**Rodrigo Campos de Oliveira Cabral, Universidade de Pernambuco (rcoc@poli.br) Hemir da Cunha Santiago, Universidade de Pernambuco (hcs2@poli.br) Emmanoel Barbosa, Universidade de Pernambuco (eb1@poli.br)**
**José Lúcio Oliveira da Silva Júnior, Universidade de Pernambuco (jlosj@poli.br)**
**Thiago Cavalcanti Ferreira Filho, Universidade de Pernambuco (tcff@poli.br)**

A transformação digital na saúde, acelerada pelo cenário pós-pandêmico, consolidou a teleconsulta como uma ferramenta essencial para a ampliação do acesso a serviços médicos. Nesse novo contexto, surgem desafios relacionados à otimização do fluxo de atendimento e à necessidade de ferramentas que ofereçam suporte ágil e assertivo à decisão clínica, reforçando a importância de padrões de segurança e regulamentação para tecnologias emergentes (FREYER et al., 2024). O presente trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de uma solução tecnológica baseada em Inteligência Artificial (IA) e Mineração de Dados (YU et al., 2025) para aplicação no Centro Universitário Integrado de Saúde Amaury de Medeiros (CISAM), com foco no apoio à tomada de decisões clínicas em teleconsultas. A proposta visa implementar um sistema capaz de realizar pré-diagnósticos a partir das queixas relatadas pelos pacientes, otimizando o fluxo de atendimento, reduzindo o tempo de espera e promovendo maior assertividade na indicação de especialidades médicas. Além disso, o projeto alinha-se ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) nº 3 da ONU – Saúde e Bem-Estar –, promovendo o uso de tecnologias emergentes para ampliar o acesso à saúde de forma eficiente e segura, sobretudo em contextos de pós-pandemia. A metodologia utilizada neste projeto, que possui ênfase na área de Inteligência Artificial, tem como objetivo desenvolver um software de geração de texto com foco na área médica, executado diretamente em computadores pessoais, sem depender de internet ou servidores externos. Para isso, foi utilizado o *Ollama*, uma ferramenta que permite instalar e rodar modelos de linguagem localmente. O modelo de IA utilizado, chamado *MedGemma*, foi obtido através da plataforma Hugging *Face* (GOOGLE, 2025). A escolha do modelo *MedGemma* foi fundamentada em uma análise de desempenho comparativa com seu modelo base, o Gemma. Conforme dados de benchmarks públicos, o *MedGemma* apresenta uma superioridade significativa em tarefas de perguntas e respostas no domínio médico (GOOGLE, 2025). Em testes padronizados como o *MedQA*, que simula questões do Exame de Licenciamento Médico dos EUA, o *MedGemma* 4B alcançou uma precisão de 70,2%, um aumento de mais de 17 pontos percentuais em relação aos 53,0% do modelo *Gemma* 3 4B base (GOOGLE, 2025). Essa especialização garante uma maior probabilidade de gerar respostas pertinentes e assertivas para as queixas clínicas apresentadas no contexto do CISAM, embasando a escolha para a aplicação neste projeto. Para oferecer uma interface visual mais amigável ao usuário, foi usada a ferramenta *Open WebUI*, que cria uma página acessível pelo navegador de Internet onde é possível interagir com o modelo. Essa interface foi executada por meio do *Docker*, uma plataforma que cria ambientes isolados dentro do computador. Para facilitar todo o processo, foram criados dois arquivos de automação: um no formato *.bat* para Windows e outro no formato *.sh* para sistemas Linux. A elaboração do projeto resultou na implementação de um ambiente de Inteligência Artificial funcional, executado em ambiente local de forma estável. Adicionalmente, foi configurada e desenvolvida uma interface de usuário via *Open WebUI*, customizada para o contexto da UPE e do CISAM (UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO, 2025b). Testes de validação contínuos confirmam a comunicação estável e eficiente entre a interface web e o modelo MedGemma. As respostas geradas pelo modelo nos testes

demonstraram capacidade para fornecer informações pertinentes e coerentes a partir de queixas clínicas, validando o potencial da solução para o auxílio ao pré-diagnóstico. Destarte, o projeto atingiu com êxito seu objetivo principal, entregando o produto como uma solução tecnológica funcional de IA para o apoio à tomada de decisão em teleconsultas. A metodologia se mostrou eficaz ao validar uma arquitetura de execução em servidores locais (*on-premises*), garantindo a segurança e a privacidade dos dados dos pacientes em conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD). Os resultados concretos incluem a implementação de uma interface web organizada e a ativação de um assistente especializado, com alto potencial de assertividade e agilidade nos atendimentos. O sucesso desta fase inicial cria uma base sólida para futuras expansões do software para outras unidades do Complexo Hospitalar, reforçando o valor do projeto como um avanço prático para a saúde digital em Pernambuco (UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO, 2025b). Finalmente, ressalta-se que este trabalho está inserido no projeto de extensão tecnológica "Inteligência Artificial de Pré-diagnóstico para Auxiliar na Tomada de Decisões em Teleconsultas no CISAM", aprovado no EDITAL Nº 33/2024-FACEPE COMPET Superior (FUNDAÇÃO..., 2025). O projeto iniciou em abril/2025 com uma capacitação em tecnologias 4.0 para aproximadamente 50 alunos da Universidade de Pernambuco (UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO, 2025a). Dentre esses, os 15 com melhor desempenho foram selecionados para a fase de execução, iniciada em maio de 2025 com previsão de término em setembro de 2025.

**Palavras-chave:** *Inteligência Artificial; Saúde Digital; Apoio à Decisão Clínica; Teleconsulta.*

**Referências**

FREYER, Oscar; *et al*. A future role for health applications of large language models depends on regulators enforcing safety standards. **The Lancet Digital Health**, v. 6, n. 9, p. e662-e672, set. 2024. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589750024001249. Acesso em: 23 jul. 2025.

FUNDAÇÃO DE AMPARO À CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESTADO DE PERNAMBUCO (FACEPE)**. Divulgado Resultado Final do Compet Superior**. Disponível em: https://www.facepe.br/divulgado-resultado-final-do-compet-superior/. Acesso em: 20 jul. 2025.

GOOGLE. **MedGemma model card**. Mountain View, CA: Google, 2025. Disponível em: https://developers.google.com/health-ai-developer-foundations/medgemma/model-card. Acesso em: 15 set. 2025.

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO. [**Alunos da Poli concluem capacitação no Programa de Formação Tecnologias 4.0: IA Soluções CISAM]**. Recife. 20 mai. 2025. Instagram. Disponível em: www.instagram.com/p/DJ4YATHNiHa/. Acesso em: 29 jul. 2025.

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO. [**IA NA TELESSAÚDE: INOVAÇÃO NO CISAM]**. Recife. 04 jul. 2025. Instagram. Disponível em: www.instagram.com/reel/DLsgeXUR3-a/. Acesso em: 20 jul. 2025.

YU, Zhengqiu; *et al*. Evaluating large language models for information extraction from gastroscopy and colonoscopy reports through multi-strategy prompting. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 168, p.104844, 2025. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1532046425000735. Acesso em: 23 jul. 2025.

# Ciência de Dados em pré-diagnóstico para auxílio na tomada de decisões em teleconsultas no CISAM

**Mateus Barbosa de Souza Cavalcanti, Universidade de Pernambuco (mbsc@poli.br)**
**Hemir da Cunha Santiago, Universidade de Pernambuco (hcs2@poli.br)**
**Matheus Interaminense Guerra Brito de Albuquerque, Universidade de Pernambuco (matheus.interaminense@upe.br)**
**Gabriel Souza Borges, Universidade de Pernambuco (gsb3@poli.br)**
**Gabriel da Silva Couto, Universidade de Pernambuco (gabriel.scouto@upe.br)**

Este projeto de extensão é fundamentado em tendências atuais de mercado comercial, no desenvolvimento tecnológico e no avanço rumo à saúde digital, destacando a necessidade urgente de soluções de saúde mais acessíveis, eficientes e adaptativas. Além disso, a sobrecarga dos sistemas de saúde tradicionais é uma preocupação global, exacerbada por situações emergenciais como pandemias (CAETANO et al., 2020). A integração de Inteligência Artificial como predecessor (pré-diagnóstico) de teleconsultas pode aliviar a pressão sobre as instituições de saúde de forma que o médico tenha maior assertividade na orientação e encaminhamento do paciente, permitindo que um número maior de pessoas receba atendimento sem a necessidade de deslocamento físico (MORALES et al., 2021). Portanto, percebe-se que as tecnologias emergentes têm desempenhado um papel crucial na evolução dos serviços médicos, proporcionando maior acessibilidade, personalização e eficiência no atendimento. A telessaúde, em especial, vem ganhando relevância, tornando-se essencial em áreas remotas e para pacientes com dificuldades de deslocamento, destacando-se principalmente em um contexto pós-pandêmico, onde há um crescimento exponencial de sua demanda (MATHEW et al., 2023). Neste contexto, este trabalho tem como objetivo propor uma solução integrada baseada em Mineração de Dados e Inteligência Artificial (IA) para o Centro Universitário Integrado de Saúde Amaury de Medeiros (CISAM), unidade hospitalar referência no atendimento a mulheres, crianças e adolescentes em situação de violência sexual e doméstica no estado de Pernambuco. A iniciativa, que possui ênfase na área de Ciência de Dados, visa apoiar a tomada de decisões estratégicas por parte de médicos e gestores do CISAM, especialmente no contexto das teleconsultas, a partir da análise automatizada de dados clínicos dos pacientes de três especialidades: métodos contraceptivos, odontologia e histeroscopia diagnóstica. O primeiro passo da metodologia adotada foi a coleta dos dados, para montar a base utilizada foram adotadas três estratégias: raspagem de dados para obter prontuários, aquisição manual dos laudos de exames e conexão direta com planilhas advindas de formulários digitais preenchidos pelos pacientes. Então, foram aplicadas técnicas de processamento de linguagem natural com apoio de modelos pré-treinados e expressões regulares. Além disso, variáveis foram aglutinadas em classes de modo a facilitar a observação dos dados. Desse modo, após a aplicação dos primeiros passos, a base de dados está pronta para a análise, sendo possível visualizar os seguintes indicadores: comorbidades, medicações utilizadas, informações ginecológicas, faixa etária, e tempo até a consulta. Assim, foi possível concentrar informações que englobam características tanto dos pacientes quanto do fluxo da teleconsulta. Como resultado da proposta, a partir dos dados coletados, foram executadas a criação do modelo de aprendizado de máquina supervisionado, atuante no auxílio da tomada de decisão médica e o desenvolvimento de um dashboard para concentrar as análises realizadas. A aplicação de tecnologias emergentes no ambiente hospitalar, em especial no atendimento remoto, revela-se essencial para ampliar o acesso aos serviços de saúde, reduzir desigualdades regionais e qualificar a assistência médica prestada (ANDREADIS et al., 2024). Conclui-se que a adoção de uma ferramenta baseada em IA, alimentada por dados clínicos tratados e interpretados por meio de técnicas de mineração, tem potencial significativo para transformar os processos de teleatendimento, contribuindo diretamente para a eficiência e a humanização do serviço de saúde prestado. Finalmente, é importante destacar que este

trabalho está inserido no projeto de extensão tecnológica “Inteligência Artificial de Pré-diagnóstico para Auxiliar na Tomada de Decisões em Teleconsultas no CISAM” aprovado no EDITAL Nº 33/2024-FACEPE COMPET Superior, tendo iniciado em abril/2025 com uma capacitação em tecnologias 4.0, com carga horária de 32h, para aproximadamente 50 alunos da Universidade de Pernambuco. Dentre esses alunos, os 15 que tiveram melhor desempenho na capacitação foram selecionados para a fase de execução do projeto iniciada em maio de 2025 com previsão de término em setembro de 2025.

**Palavras-chave:** *Mineração de Dados*, *Inteligência Artificial*, *Teleconsulta*, *Tomada de Decisão Médica*.

**Referências**

MORALES, H.; GUEDES, M.; SILVA, J.; *et al*. COVID-19 in Brazil-Preliminary Analysis of Response Supported by Artificial Intelligence in Municipalities. **Frontiers in Digital Health**, v. 3, p. 648585, 2021. Doi: 10.3389/fdgth.2021.648585

CAETANO, R.; SILVA, A. B.; GUEDES, A. C. C. M.; *et al*. Desafios e oportunidades para telessaúde em tempos da pandemia pela COVID-19: uma reflexão sobre os espaços e iniciativas no contexto brasileiro**. Cadernos De Saúde Pública**, v.36, n.5, 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/0102-311X00088920

MATHEW, S.; FITTS, M. S.; LIDDLE, Z.; *et al*. Telehealth in remote Australia: a supplementary tool or an alternative model of care replacing face-to-face consultations? **BMC Health Services Research**, v. 23, n. 341, 2023. DOI: https://doi.org/10.1186/s12913-023-09265-2

ANDREADIS, K.; RODRIGUEZ, D. V.; ZAKREUSKAYA, A.; *et al*. Bridging gaps with generative AI: enhancing hypertension monitoring through patient and provider insights. Digital Health and Informatics Innovations for Sustainable Health Care Systems**. Studies in Health Technology and Informatics**, v. 316, p. 939-943, 2024. DOI: https://ebooks.iospress.nl/doi/10.3233/SHTI240565

FUNDAÇÃO DE AMPARO À CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO ESTADO DE PERNAMBUCO (FACEPE)**. Divulgado Resultado Final do Compet Superior**. Disponível em: https://www.facepe.br/divulgado-resultado-final-do-compet-superior/. Acesso em: 20 jul. 2025.

SECRETARIA ESTADUAL DE SAÚDE DE PERNAMBUCO (SES-PE). **Sistema de Teleconsultas e Prontuário Eletrônico – Plataforma Clinic (MV)**. Recife: SES-PE, 2024.

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO. [**Alunos da Poli concluem capacitação no Programa de Formação Tecnologias 4.0: IA Soluções CISAM]**. Recife. 20 mai. 2025. Instagram. Disponível em: www.instagram.com/p/DJ4YATHNiHa/. Acesso em: 29 jul. 2025.

UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO. **IA NA TELESSAÚDE: INOVAÇÃO NO CISAM**. Recife. 04 jul. 2025. Instagram. Disponível em: https://www.instagram.com/reel/DLsgeXUR3-a/. Acesso em: 20 jul. 2025.

# Parceria Indústria–Academia no Desenvolvimento de Soluções de Software Acessível

**Denis de Gois Marques, Universidade de Pernambuco (denis.marques@upe.br)**
**Wylliams Barbosa Santos, Universidade de Pernambuco (wbs@upe.br)**
**Richard Jeremias Martins Rocha, Universidade de Pernambuco (rjmr@ecomp.poli.br)**
**Rui Nóbrega de Pontes Filho, Universidade de Pernambuco (rnpf@ecomp.poli.br)**

A lacuna entre o aprendizado acadêmico e o desenvolvimento de software no mundo real continua sendo um desafio fundamental no ensino de Engenharia de Software. Essa desconexão entre o que é ensinado em instituições acadêmicas e as necessidades reais da indústria de software é um tema amplamente debatido na literatura acadêmica, com estudos explorando soluções relacionadas à adoção de métodos ágeis em diferentes contextos educacionais em todo o mundo. A indústria de software, caracterizada por sua rápida evolução com novas metodologias de produtos, frequentemente diverge dos currículos acadêmicos, resultando em graduados com experiência prática insuficiente para as demandas do mercado. Essa desconexão entre o que é ensinado em instituições acadêmicas e as necessidades reais da indústria de software é um tema amplamente debatido na literatura acadêmica. Para superar essa disparidade, a colaboração entre Indústria, Academia e Governo (IAC/IAG) surge como um mecanismo vital e altamente impactante no avanço da Engenharia de Software (Marques et al., 2023; Dallegrave et al., 2023). Nesse cenário, a Pesquisa-Ação (PA) se estabelece como uma metodologia eficaz para fomentar essa colaboração (Petersen et al., 2014; Dallegrave et al., 2023). Guiada por problemas práticos, ela enfatiza a pesquisa participativa e o desenvolvimento iterativo de soluções úteis, envolvendo um ciclo contínuo de observação, reflexão, planejamento, ação e avaliação (Petersen et al., 2014). Essa abordagem combina o conhecimento teórico da academia com os desafios práticos da indústria, resultando em soluções mais relevantes e eficazes. A PA é considerada uma boa prática para colaborações entre indústria, academia e governo, com estudos indicando que essa metodologia fortalece os laços entre as instituições (Marques et al., 2024; Garousi et al., 2020). Este resumo apresenta uma iniciativa curricular inovadora que integra discentes de graduação e pós-graduação (mestrado e doutorado) em equipes multidisciplinares. O objetivo principal é desenvolver soluções de software acessíveis e socialmente orientadas, em colaboração com stakeholders da indústria, academia e governo. Embora a inclusão de indivíduos de diversas áreas do conhecimento enriqueça o intercâmbio e a disseminação de novas perspectivas, também pode apresentar desafios relacionados à integração e ao nivelamento do conhecimento técnico. Utilizando a Pesquisa-Ação como metodologia norteadora, o projeto levou ao desenvolvimento de cinco protótipos funcionais (MVPs), abrangendo áreas como saúde e educação. Foi dada ênfase particular à incorporação de princípios de desenvolvimento de software, como acessibilidade, desde o planejamento até a implantação. A pesquisa atual foi realizada na disciplina de Engenharia de Software, que faz parte do programa de mestrado e doutorado acadêmico em Engenharia da Computação e do curso de graduação em Engenharia da Computação da Universidade de Pernambuco, no Brasil. As turmas contaram com o apoio de três alunos do Estágio de Docência que auxiliaram as equipes ao longo do curso. A turma era composta por 20 discentes de graduação em Engenharia da Computação e 13 discentes de Pós-Graduação (Mestrado/Doutorado). O principal objetivo do curso era permitir que os discentes tivessem contato direto com problemas reais enfrentados pela indústria de software e, ao mesmo tempo, conceber e executar ações que efetivamente resolvam esses problemas reais. Essa abordagem foi implementada por meio da pesquisa-ação como método norteador. Para desenvolver os projetos, utilizamos práticas ágeis como o Scrum. Foram desenvolvidos cinco projetos (MVPs) por estudantes que abordaram desafios acadêmicos, empresariais e de saúde. Autbot e ChatEdu são chatbots educacionais, utilizando grandes modelos de linguagem para apoiar usuários com TEA e estudantes de Engenharia de Software, respectivamente. O

Project Observatory 2.0 promove transparência acadêmica por meio do acompanhamento centralizado de projetos. Copilot Médico utiliza IA para auxiliar profissionais de saúde na interpretação de prontuários eletrônicos, enquanto o MyFetus gamifica o cuidado pré-natal para populações em vulnerabilidade social. Juntas, essas soluções integram IA, acessibilidade e design centrado no usuário em áreas de grande impacto. Para validar a metodologia de ensino e o método aplicado, foi utilizado um questionário respondido por todos os discentes participantes. As questões seguiram o padrão estabelecido pela literatura referencial, abordando o perfil dos participantes, o tamanho da equipe e a duração do projeto, os desafios e benefícios da pesquisa-ação para a indústria e a academia, bem como as percepções de satisfação e aprendizagem. O questionário conclui com uma seção que estimula a reflexão sobre acessibilidade nos projetos desenvolvidos. O roteiro completo do instrumento está disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.16635288 >. A utilização da Pesquisa-Ação facilitou a transferência do conhecimento teórico para aplicações práticas em saúde, educação e serviço público, proporcionando aos estudantes experiência em desafios reais de engenharia de software. O método permitiu ciclos iterativos de observação, planejamento, ação e avaliação, com feedback contínuo dos stakeholders. Reuniões semanais, planejamentos e retrospectivas garantiram comunicação eficaz e alinhamento com os objetivos do projeto. A colaboração entre indústria e academia foi fortalecida, integrando estudantes de graduação e pós-graduação em equipes mistas, com stakeholders externos atuando como Product Owners. O método mostrou-se eficaz para conectar teoria e prática, aumentar o engajamento estudantil e a conscientização sobre acessibilidade. No entanto, desafios como o planejamento complexo, falta de conhecimento prévio sobre acessibilidade e dificuldades na gestão de tempo foram apontados pelos participantes.

**Palavras-chave:** *Colaboração Industria e Academia; Acessibilidade; Pesquisa-Ação; Engenharia de Software.*

**Referências**

DALLEGRAVE, T. *et al.* Action research for industry academia collaboration: a replication study. In: IBERIAN CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES – CISTI, 18., 2023. **Anais [...]**. [S.l.]: [s.n.], 2023. p. 1–6.

GAROUSI, V. *et al.*Closing the gap between software engineering education and industrial needs. **IEEE Software**, v. 37, n. 2, p. 68–77, 2020.

MARQUES, D. *et al.* Successful practices in industry-academy collaboration in the context of software agility: a systematic literature review. In: FILIPE, Joaquim; ŚMIAŁEK, Michał; BRODSKY, Alexander; HAMMOUDI, Slimane (org.). **Enterprise information systems**. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. p. 292–310. ISBN 978-3-031-39386-0.

MARQUES, D. *et al.* Industry Academia and Government Collaboration to Reduce Gaps in Software Engineering: Applications for Students and Professionals in Career Transition. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DE SOFTWARE (SBQS), 23, 2024, Bahia/BA. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2024. p. 657–664.

PETERSEN, K. *et al.* Action research as a model for industry-academia collaboration in the software engineering context. In: **INTERNATIONAL WORKSHOP ON LONG-TERM INDUSTRIAL COLLABORATION ON SOFTWARE ENGINEERING – WISE** '14, 2014, Västerås, Sweden. Anais [...]. New York: Association for Computing Machinery, 2014. p. 55–62.

# LYBPhishing: Uma Proposta para Detecção do Uso Fraudulento de Marcas Utilizando IA Generativa

**Júlio César Gomes de Barros, Universidade de Pernambuco (jcgb@ecomp.poli.br)**
**Bruno José Torres Fernandes, Universidade de Pernambuco (bjtf@ecomp.poli.br)**
**Lucas Candeia Teixeira, Universidade de Pernambuco (lct@ecomp.poli.br)**
**Carlo Marcelo Revoredo da Silva, Universidade de Pernambuco (cmrs@ecomp.poli.br)**
**Paulo Christiano Tenório Sobral, Urbano Vitalino (christiano.sobral@urbanovitalino.com.br)**

O *phishing* é uma técnica de engenharia social cujo objetivo é induzir o usuário a revelar informações sensíveis, como credenciais de acesso ou dados financeiros, por meio de sites falsos ou mensagens instantâneas, geralmente propagados em e-mails (SAFI et al., 2023). Nos últimos anos, surgiram ataques mais sofisticados, como o *spear phishing*, direcionado a alvos específicos, que explora dados públicos ou internos para aumentar a credibilidade da fraude (BIRTHRIYA et al., 2025). Nesse cenário, o monitoramento contínuo de marcas torna-se estratégico para a segurança corporativa, pois a detecção precoce de menções indevidas pode impedir a propagação de golpes e proteger a reputação organizacional. Paralelamente, a Inteligência Artificial Generativa e os Modelos de Linguagem de Grande Porte (LLMs) ampliaram as possibilidades em cibersegurança: ao mesmo tempo em que permitem a criação de campanhas de *phishing* mais persuasivas e em larga escala (HAZELL et al., 2023), também podem ser aplicados para analisar grandes volumes de dados, identificar padrões de fraude e detectar páginas maliciosas (BETHANY et al., 2024). Entre as ameaças mais críticas estão os ataques homográficos, que criam variações visuais de nomes legítimos com caracteres semelhantes, como substituir “m” por “rn” ou usar “a” cirílico em lugar do “a” latino (TEIXEIRA et al., 2022). Nesse contexto, este estudo tem como objetivo desenvolver uma ferramenta inteligente capaz de detectar o uso indevido do nome de marcas, monitorando menções na web tanto com o nome original quanto com variações homógrafas, a partir de uma metodologia em quatro etapas: geração de termos homográficos, busca em portais de notícias, análise semântica das menções e elaboração do relatório final. Utilizando LLMs, foram geradas automaticamente variações baseadas em substituições visuais ou fonéticas de caracteres, e essas variações, junto ao nome original da marca, foram aplicadas em consultas à API de Notícias do Google, com coleta automatizada dos resultados por meio de um *web crawler*. Os dados foram enriquecidos com metadados (URL, data, título e trecho do conteúdo) e submetidos novamente a um LLM para classificação de sentimento, permitindo calcular um índice de confiança da marca. Por fim, os resultados foram consolidados em um relatório em PDF contendo o uso indevido do nome, o índice de confiança e a lista de URLs relevantes. O estudo demonstrou a viabilidade e eficácia de integrar IA generativa em todas as etapas do processo, identificando ocorrências de uso indevido em domínios suspeitos e mensurando a opinião pública sobre a marca. A automação garantiu rapidez na identificação de riscos e eficiência na geração de relatórios úteis para segurança da informação, marketing e compliance, além de potencializar a resposta organizacional a possíveis ameaças. Como perspectivas futuras, pretende-se ampliar a análise para elementos visuais, como logotipos e imagens, tornando o sistema ainda mais sensível e proativo diante de ataques de *phishing* sofisticados (SCHESNY et al., 2024).

**Palavras-chave:** *Phishing; Monitoramento de Marcas; IA Generativa.*

## Referências

BETHANY, Mazal et al. Large language model lateral spear phishing: A comparative study in large-scale organizational settings. **arXiv preprint arXiv:2401.09727**, 2024.

BIRTHRIYA, Santosh Kumar; AHLAWAT, Priyanka; JAIN, Ankit Kumar. Detection and prevention of spear phishing attacks: A comprehensive survey. **Computers & Security**, p. 104317, 2025.

HAZELL, Julian. Spear phishing with large language models. **arXiv preprint arXiv:2305.06972**, 2023.

SAFI, Asadullah; SINGH, Satwinder. A systematic literature review on phishing website detection techniques. **Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences**, v. 35, n. 2, p. 590-611, 2023.

SCHESNY, Michael et al. Enhancing Website Fraud Detection: A ChatGPT-Based Approach to Phishing Detection. In: **2024 IEEE 48th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC)**. IEEE, 2024. p. 1494-1495.

TEIXEIRA, Lucas Candeia et al. Catchphish: model for detecting homographic attacks on phishing pages. In: **2022 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)**. IEEE, 2022. p. 01-08.

# Responsible Artificial Intelligence para Aplicações Legais: A Necessidade da Tradução de Requisitos Normativos em Requisitos Funcionais

**Maria Renata Keithlyn de Gois Cruz Taka, Universidade de Pernambuco (mrkgct@ecomp.poli.br)**
**Maria Lencastre Pinheiro Menezes Cruz, Universidade de Pernambuco (mlpm@ecomp.poli.br)**
**Fernando Buarque de Lima Neto, Universidade de Pernambuco (fbln@ecomp.poli.br)**

Nos últimos anos, a ampla adoção de sistemas de inteligência artificial (IA) no campo jurídico tem suscitado diversos problemas éticos e adjudicatórios. Com a crescente utilização desses sistemas para automatizar decisões judiciais, têm-se observado sentenças com resultados tendenciosos, injustos e, por vezes, ilegais (PARASURAMAN, R.; MANZEY, D. H., 2020). Paralelamente, várias legislações sobre o uso de IA estão sendo discutidas e implementadas globalmente, como o *AI Act*, da União Europeia, e o Projeto de Lei brasileiro sobre inteligência artificial. Entretanto, ainda há significativa dificuldade técnica na interpretação das normas legais e na sua tradução em soluções computacionais aplicáveis (KIM, Doha et al. 2023). Logo, com as imposições legais das normativas sobre utilização de IAs, cresce a necessidade de adoção de diretrizes que orientem o desenvolvimento de sistemas de IA responsáveis, seguindo princípios éticos como justiça, transparência e explicabilidade. Assim, com o emprego de tais princípios no desenvolvimento dos sistemas, busca assegurar que as decisões automatizadas geradas por estes estejam sujeitas a mecanismos de controle e de revisão, evitando jurisprudências arbitrárias, ilegais e enviesadas, contribuindo com o alinhamento ético e com a mitigação de vieses algorítmicos. Nesse contexto, torna-se imperativa a elicitação de requisitos funcionais e não funcionais que mitiguem esses erros e assegurem o alinhamento jurídico dos sistemas com os dispositivos legais vigentes (MAXWELL, Jeremy, et al. 2012). Diante disso, o presente estudo tem como objetivo mapear as normativas jurídicas atuais relacionadas ao uso de IA e converter os requisitos legais em requisitos funcionais e não funcionais, promovendo decisões judiciais mais transparentes, éticas e responsáveis. Essa abordagem visa oferecer aos desenvolvedores uma compreensão mais clara dos requisitos técnicos necessários à conformidade legal. A pesquisa possui natureza aplicada e adota uma análise exploratória, por meio de uma revisão *ad hoc* da literatura, realizada nas bases Google Scholar, Scopus e IEEE, no período entre 2019 e 2025. Foram excluídos resumos simples e expandidos, literatura cinza e livros. A metodologia utilizada foi a análise documental, envolvendo artigos científicos, legislações e normativas relevantes. Além disso, foi empregada a abordagem *Design Science Research (DSR)*, com foco na criação de um glossário que traduza os requisitos normativos em termos de engenharia de software. Os resultados apontam a identificação de 12 co-propriedades (NAUTA et al., 2021), cinco princípios éticos gerais (FLORIDI, 2021; JOBIN et al., 2019) e uma taxonomia de requisitos legais (ANTÓN et al., 2012) que contribuem para a tradução das exigências jurídicas em requisitos técnicos. Contudo, observou-se que esses elementos ainda não abrangem de forma satisfatória a totalidade dos requisitos normativos atuais aplicáveis aos sistemas de IA. Assim, a pesquisa realizará um mapeamento sistemático das normas emergentes e na sua tradução efetiva em requisitos funcionais e não funcionais para garantir a legalidade e a confiabilidade desses sistemas.

**Palavras-chave:** *Responsible AI, Engenharia de Requisitos, Decisões Jurídicas Automatizadas*

**Referências**

KIM, D. et al. How should the results of artificial intelligence be explained to users? - Research on consumer preferences in user-centered explainable artificial intelligence. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 188, p. 122343, mar. 2023.

MASSEY, A. K.; ANTÓN, A. I. **Triage for legal requirements**. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228729959_Triage_for_legal_requirements.

MAXWELL, J. C. et al. A legal cross-references taxonomy for reasoning about compliance requirements. **Requirements Engineering**, v. 17, n. 2, p. 99–115, 29 abr. 2012.

NAUTA, M. et al. From Anecdotal Evidence to Quantitative Evaluation Methods: A Systematic Review on Evaluating Explainable AI. 24 fev. 2023.

PARASURAMAN, R.; MANZEY, D. H. Complacency and Bias in Human Use of Automation: An Attentional Integration. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, v. 52, n. 3, p. 381–410, jun. 2010.

# Detecção Inteligente de Ataques Phishing: Seleção Automática e Explicável de Modelos e Hiperparâmetros

**Lucas Candeia Teixeira, Universidade de Pernambuco (lct@ecomp.poli.br)**
**Carlo Marcelo Revoredo da Silva, Universidade de Pernambuco (cmrs@ecomp.poli.br)**
**Bruno José Torres Fernandes, Universidade de Pernambuco (bjtf@ecomp.poli.br)**
**Júlio César Gomes de Barros, Universidade de Pernambuco (jcgb@ecomp.poli.br)**

A detecção de ataques *phishing* representa uma das preocupações mais críticas em segurança cibernética nos dias atuais. Com uma crescente sofisticação nas técnicas de engenharia social, os cibercriminosos têm conseguido burlar os mecanismos tradicionais de proteção, fazendo com que soluções inteligentes baseadas em aprendizado de máquina (ML) se tornem cada vez mais necessárias. Contudo, a seleção manual de algoritmos, hiperparâmetros e atributos não só é trabalhosa como propensa a vieses e à subutilização do potencial dos dados. Neste contexto, as abordagens de Aprendizado de Máquina Automatizado (AutoML) surgem como alternativas promissoras para a construção de pipelines eficientes e reprodutíveis, dispensando intervenção humana especializada (HUTTER; KOTTHOFF; VANSCHOREN, 2019). Este trabalho tem como objetivo avaliar a aplicação dos frameworks de AutoML: TPOT (OLSON et al., 2016), FLAML (WANG et al., 2021), MLJAR (PŁOŃSKI, 2020) e H2O (LEDELL; POIRIER, 2020), no contexto da detecção de sites *phishing*, comparando suas performances, eficiência computacional e interpretabilidade. Para além da avaliação dos *frameworks*, a abordagem proposta incorpora técnicas de Inteligência Artificial Explicável (XAI), como SHAP (LUNDBERG; LEE, 2017) e ELI5 (RIBEIRO; SINGH; GUESTRIN, 2016), para tornar transparentes as decisões dos modelos treinados. Para condução dos experimentos, o estudo utilizou uma base de dados balanceada, contendo 160.000 URLs, divididas entre *phishing* e legítimas. As características utilizadas foram extraídas exclusivamente da estrutura das URLs, como por exemplo tamanho da URL, domínio e subdomínios, totalizando 130 atributos iniciais. Para redução no volume de features, adotou-se uma técnica de seleção baseada em variância, onde o conjunto foi reduzido para os 67 atributos mais relevantes, a fim de otimizar o desempenho e reduzir o risco de sobreajuste. Entre os *frameworks* avaliados, o TPOT apresentou o menor tempo de predição (0,13s), embora com a menor acurácia (95,21%). O FLAML, por sua vez, demonstrou excelente equilíbrio entre desempenho (96,45% de acurácia) e eficiência computacional (0,25s). Já o MLJAR adotou uma estratégia de *ensemble*, alcançando resultados sólidos (96,46%), mas com alto custo computacional (63,89s). O H2O, por fim, obteve o melhor desempenho global (96,49%) com tempo intermediário de resposta (2,97s), utilizando um ensemble de modelos baseados em *boosting*. As análises de explicabilidade revelaram que atributos como comprimento do diretório da URL e quantidade de ocorrências de “www” possuem impacto significativo nas decisões dos modelos. Esses padrões estruturais, frequentemente utilizados em ataques *phishing* para mascarar domínios legítimos, foram identificados de forma recorrente entre os modelos, sugerindo consistência e robustez nas decisões automatizadas (BAHAGHIGHAT; GHASEMI; OZEN, 2023). Além da explicabilidade local e global, os modelos foram analisados quanto à correlação entre suas predições, destacando que arquiteturas baseadas em árvores de decisão apresentam maior divergência, enquanto modelos baseados em *boosting* (LightGBM, XGBoost, CatBoost) apresentaram alta coerência entre si. Esse comportamento reforça a confiabilidade das decisões dos ensembles gerados. Os resultados obtidos demonstram que soluções baseadas em AutoML são capazes de igualar ou superar abordagens tradicionais em termos de desempenho, ao mesmo tempo em que reduzem significativamente o esforço manual necessário para desenvolvimento, ajuste e validação dos modelos. A integração com técnicas de XAI amplia a transparência do processo de tomada de decisão, permitindo auditoria, validação e aumento da confiança por parte de usuários e especialistas. Com base nos resultados, conclui-se que a seleção

automática e explicável de modelos e hiperparâmetros é não apenas viável, mas recomendável para sistemas inteligentes de detecção de *phishing*, especialmente em ambientes com grande volume de dados e necessidade de decisões rápidas e precisas. Trabalhos futuros podem considerar a incorporação de fontes complementares de dados, como conteúdo HTML, imagens da página e informações WHOIS, além da integração com modelos de linguagem para enriquecimento semântico das análises.

**Palavras-chave:** *Phishing; AutoML; Aprendizado de máquina; XAI.*

**Referências**

BAHAGHIGHAT, M.; GHASEMI, M.; OZEN, F. A high-accuracy phishing website detection method based on machine learning. **Journal of Information Security and Applications**, v. 77, p. 103553, 2023.

HUTTER, F.; KOTTHOFF, L.; VANSCHOREN, J. Automated Machine Learning: Methods, Systems, Challenges. Cham: **Springer**, 2019.

OLSON, R. S. et al. Evaluation of a tree-based pipeline optimization tool for automating data science. In: **Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO)**. New York: ACM, 2016. p. 485–492.

PŁOŃSKI, P. Automated machine learning with mljar-supervised. **arXiv**, arXiv:2002.11224, 2020. Disponível em: https://arxiv.org/abs/2002.11224.

WANG, C. et al. FLAML: A fast and lightweight AutoML library. **arXiv**, arXiv:2009.07896, 2021. Disponível em: https://arxiv.org/abs/2009.07896.

LEDELL, E.; POIRIER, S. H2O AutoML: Scalable automatic machine learning. **arXiv**, arXiv:2006.12579, 2020. Disponível em: https://arxiv.org/abs/2006.12579.

RIBEIRO, M. T.; SINGH, S.; GUESTRIN, C. "Why should I trust you?": Explaining the predictions of any classifier. In: **Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining**. San Francisco: ACM, 2016. p. 1135–1144.

LUNDBERG, S. M.; LEE, S.-I. A unified approach to interpreting model predictions. In: **Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS)**. Long Beach: Curran Associates, 2017. p. 4765–4774.

# Análise de Representações de Sinais para Detecção de Anomalias em Ambientes Industriais

**Pedro Henrique Meira de Araújo, Universidade de Pernambuco (phma@ecomp.poli.br)**
**Carmelo José Albanez Bastos Filho, Universidade de Pernambuco (carmelo.filho@upe.br)**
**Rodrigo de Paula Monteiro, Universidade de Pernambuco (rodrigo.monteiro@poli.br)**
**Rafael Bérgamo Barreto de Holanda, Universidade de Pernambuco (rafael.holanda@upe.br)**

No contexto da indústria 4.0, a digitalização está presente em diversos âmbitos do ambiente industrial. Em uma área em que existe acentuada competitividade, a aplicação de técnicas de Inteligência Artificial (IA) tem se destacado como uma abordagem eficaz para atividades como detecção de anomalias em máquinas industriais (SERRADILHA *et al.*, 2022). Aplicações de técnicas de *Machine Learning* são utilizadas para entender o contexto das operações em que se encontram máquinas industriais e a realizar a detecção de falhas, o que contribui para uma manutenção preditiva eficaz (TONGZHOU *et al.*, 2025). Essa abordagem possui como uma de suas principais consequências a redução de condições operacionais desfavoráveis para produção industrial, tais como interrupção do funcionamento das máquinas e o aumento de riscos relacionados à segurança dos operadores no ambiente de trabalho. Dentre as técnicas utilizadas, se destacam os métodos de análise de sinais oriundos de sensores que captam dados de máquinas tais como bombas, válvulas, esteiras rolantes e ventiladores. Os sinais são adquiridos conforme as especificações dos sensores empregados, os quais podem ser acelerômetros, microfones, entre outros, dependendo da natureza da variável monitorada. A estratégia de coleta dos dados varia conforme a abordagem de modelagem adotada no estudo. Em métodos baseados em *one-class classification*, o treinamento do modelo de detecção de anomalias é realizado exclusivamente com amostras que representam o estado normal de operação das máquinas (Monteiro, 2022). Alternativamente, abordagens baseadas em classificadores binários e multiclasse consideram sinais oriundos de equipamentos tanto em condições normais quanto anômalas. Técnicas de análise de sinais, como construção de espectrogramas, são exploradas de modo a entender características dos sinais das máquinas em seus diferentes cenários, tais como ausência ou presença de anomalias (LEE, 2018). Estudos relacionados apresentam modelos de detecção de anomalias, porém, sem realizar análises comparativas de desempenho entre diferentes representações de sinais, como observado em Neto *et al.* (2024) e Meraneh *et al.* (2024). Em Wang *et al.* (2020), embora sejam abordadas diferentes formas de representação dos sinais, não é discutido o impacto que a inserção de ruídos pode causar no desempenho dos modelos. Diante do contexto apresentado, este trabalho possui como objetivo analisar a quantidade de informação originárias de cada um dos três modos de utilizados como representações de sinais: o espectrograma, espectrograma mel e Coeficientes Cepstrais de Frequência Mel (MFCC) e avaliar seus respectivos impactos na detecção de anomalias. Essas representações foram construídas a partir de um conjunto de dados denominado *Malfunctioning Industrial Machine Investigation and Inspection* (MIMII), no qual possui dados sonoros de equipamentos industriais com e sem anomalias armazenados em formato de arquivo de áudio (.wav). Os sinais são originários de quatro diferentes elementos (válvula, esteira rolante, bombas industriais e ventiladores). Para cada elemento estudado foram capturados sinais com diferentes relações sinais ruído, tais como 6 decibéis, 0 decibéis e -6 decibéis (PUROHIT *et al.*, 2019). Na presente pesquisa foram construídas representações referentes aos exemplos contendo sinais relativos às bombas industriais em cada um dos três níveis de sinal/ruído. Os arquivos de formato .wav foram convertidos individualmente nas três formas de representação de sinais. Cada conjunto de representações diferentes foi inserido em um classificador, em redes neurais convolucionais, onde foram

analisadas métricas como acurácia, *recall*, precisão, *f1-score*. Foi observado que os espectrogramas retornaram resultados de classificação semelhantes para as três formas de representação com a relação sinal/ruído estabelecida em 6dB, com valores de acurácia próximos a 98%. Porém, em cenários nos quais existem maior presença de ruídos, os valores de acurácia de MFCC diminuíram para 88% (0dB) e 79%(-6dB), os valores calculados relativos aos espectrogramas foram de 93%(0dB) e 78% (-6dB) enquanto, para as mesmas relações de sinal ruído estudadas, as classificações oriundas de espectrogramas de mel mantiveram acurácia acima de 95% ao apresentar valores de 95%(0dB) e 96% (-6dB). Os valores apresentados demonstraram uma estabilidade nas classificações que utilizam como entrada as representações espectrograma de mel em diferentes cenários de sinal/ruído, o que não ocorreu com MFCC e espectrogramas. Esses resultados preliminares serão utilizados como base para os trabalhos futuros com objetivo de entender quais as características dos sinais apresentam maior influência e como podem ser utilizadas de modo que aprimorar as detecções de anomalias.

**Palavras-chave:** *Representação de Sinais; Detecção de Anomalia; Aprendizado de Máquina; Indústria 4.0.*

**Referências**

MERANEH, Awaleh Houssein et al. SADIS: real-time sound-based anomaly detection for industrial systems. In: **International Symposium on Foundations and Practice of Security**. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023. p. 82-92.

MONTEIRO, Rodrigo de Paula et al. A hybrid prototype selection-based deep learning approach for anomaly detection in industrial machines**. Expert Systems with Applications**, v. 204, p. 117528, 2022.

OLIVEIRA NETO, Wilson A. de; GUEDES, Elloá B.; FIGUEIREDO, Carlos Maurício S. Anomaly Detection in Sound Activity with Generative Adversarial Network Models. **Journal of Internet Services and Applications**, v. 15, n. 1, p. 313-324, 2024.

PUROHIT, Harsh et al. MIMII Dataset: Sound dataset for malfunctioning industrial machine investigation and inspection. **arXiv preprint** arXiv:1909.09347, 2019.

SERRADILLA, Oscar et al. Deep learning models for predictive maintenance: a survey, comparison, challenges and prospects. **Applied Intelligence**, v. 52, n. 10, p. 10934-10964, 2022.

TONGZHOU, Ye; TIANHAO, Peng; YANG, Lidong. Review on Sound-Based Industrial Predictive Maintenance: From Feature Engineering to Deep Learning. **Mathematics**, v. 13, n. 11, p. 1724, 2025.

WANG, Mei et al. A machine anomalous sound detection method using the IMS spectrogram and ES-MobileNetV3 network. **Applied Sciences**, v. 13, n. 23, p. 12912, 2023.

# Ontologia em moeda social digital

**Bruna Keila Macieira Santos, Universidade de Pernambuco (bruna.ksantos@upe.br)**
**Carmelo José Albanez Bastos Filho, Universidade de Pernambuco (carmelo.filho@upe.br)**
**Márcia Rejane O B C Macedo, Universidade de Pernambuco (marcia.macedo@upe.br)**
**Cleyton Mário de Oliveira Rodrigues, Universidade de Pernambuco (cleyton.rodrigues@upe.br)**

Ao longo dos últimos anos as moedas sociais vêm crescendo e repercutindo como ferramenta de gestão pública (SILVA, 2021), (SILVA, 2023). Esse estudo visa desenvolver uma ontologia em moedas sociais digitais, dado a necessidade de representação formal do conhecimento (GUARINO, 1998) com conceitualização, compartilhamento e reutilização de informações e conhecimento (BORST, 1997). Almeida (2003) cita que as técnicas de tratamento e organização dos dados podem ser classificadas de diversas formas, como a partir de seus termos, em glossários ou dicionários, por classificação ou categorias, através de taxonomias, ou a partir de conceitos e seus relacionamentos, utilizando ontologias ou redes semânticas. Esse artigo baseia sua estrutura na descrição de conceitos e relacionamentos semânticos tendo com o principal propósito a elaboração de um manifesto ontológico descrevendo: Que a ontologia em moeda social digital é uma ferramenta com a organização de conceitos, vocabulário e conexões entre agentes que apoia uma alternativa de inclusão social para comunidades, cidadãos, empreendimentos, poder público e privado, que são direta ou indiretamente afetados pelo incentivo de circulação de uma moeda local, estabelecendo práticas que estimulem a economia circular e local, com agentes e relações que refletem a sustentabilidade do ecossistema local. A ontologia prevê e utiliza variadas estratégias, sistemas, tecnologias e interconexões baseadas em pesquisas, levantamento bibliográfico, vivências e adaptações para a descrição, qualificação e construção de modelos personalizáveis. A ontologia em moedas sociais digitais, do tipo de aplicação, mapeou todos os agentes primários e suas relações, descrevendo os papéis desempenhados por entidades de domínio e centralizando informações, as quais servem como base de conhecimento para melhorar a compreensão técnica e desenvolvimento eficiente, ajudando a minimizar retrabalhos em sistemas futuros. O trabalho detalha conteúdos da ontologia descrevendo componentes essenciais como: instâncias, classes, relações, axiomas, domínios e formalismos. A metodologia utilizada para a construção foi a *Methontology*, que contempla atividades técnicas, de gerenciamento e de suporte. Durante o processo houve consulta em bases internacionais sobre modelo ontológico na temática, na qual foi identificado um *gap* de pesquisa, em seguida foi realizada a elaboração do protótipo manual, listagem de perguntas que a ontologia irá responder, como também o lançamento dos dados no sistema *Protegé,* ferramenta de *framework* gratuita escolhida por oferecer interface gráfica, possuir código aberto, biblioteca de *plugins* com funcionalidades, para posterior geração de *ontográfico,* atendendo aos objetivos do estudo. Os resultados qualitativos são o Manifesto de Sistema Multiagentes (MAS), que descreve as relações entre agentes, com detalhamento da descrição de cada agente e seus papéis, além das estratégias de comunicação, arquitetura dos agentes e do ambiente. Tais ações contribuem ainda de maneira relevante para o glossário de termos e identificação das relações e cardinalidade entre os atores. Tem como principais limitações a concentração de buscas com palavras-chave em inglês e uso exclusivo da ferramenta *Protegé,* a qual no momento atende a necessidade de aplicação. A Ontologia em moeda social digital é uma proposta que oferece a lógica inicial para modelagem de uma ferramenta de apoio para os programas de cidades inteligentes da UPE, o Recicla e Na Palma da Mão, sugere para trabalhos futuros implementação e testes com outras ferramentas, à exemplo do WebODE e OntoEdit, conclusão da validação dos códigos com avaliação de desempenho comparativa entre as ferramentas e formalização da ontologia para viabilizar ajustes e expansão

contribuindo de forma acadêmica com a publicação do artigo e prática para utilização e disseminação de um modelo ontológico consistente.

**Palavras-chave:** *Moeda Social; Moeda Digital; Ontologia; Gestão Municipal.*

**Referências**

ALMEIDA, Mauricio B.; BAX, Marcello P. Uma visão geral sobre ontologias: pesquisa sobre definições, tipos, aplicações, métodos de avaliação e de construção. **Ciência da informação**, v. 32, p. 7-20, 2003.

BORST, Willem Nico. Construction of engineering ontologies for knowledge sharing and reuse. 1997.

GUARINO, Nicola (Ed.). **Formal ontology in information systems: Proceedings of the first international conference (FOIS'98), June 6-8, Trento, Italy**. IOS press, 1998.

SILVA, André et al. TibaqiCoin: A digital social currency for local development in small Brazilian municipalities. **Sustainability**, v. 13, n. 10, p. 5541, 2021.

SILVA, Bruno Nogueira et al. A systematic review on social currency: a one-decade perspective. **Journal of Financial Services Marketing**, p. 1-17, 2023.

# Detecção de características associadas ao Transtorno do Espectro Autista em crianças por meio da análise das funções executivas utilizando jogos sérios e técnicas de Machine learning no ambiente escolar

**Sara Raquel Araujo Leal Martins, Universidade de Pernambuco (sral@ecomp.poli.br)**
**Carlo Marcelo Revoredo da Silva, Universidade de Pernambuco (marcelo.revoredo@upe.br)**

O ambiente escolar costuma representar o primeiro espaço de socialização além do núcleo familiar, sendo fundamental para o desenvolvimento de diversas habilidades cognitivas, sociais e emocionais da criança (Silva; Timbo, 2017). Nesse contexto, a escola desempenha um papel importante na observação de comportamentos que podem sinalizar a presença de transtornos do neurodesenvolvimento, como o Transtorno do Espectro Autista (TEA), caracterizado por alterações nos padrões de interação social, dificuldades na comunicação e comportamentos repetitivos (*American Psychiatric Association*, 2013), que podem se manifestar de forma sutil nas atividades escolares cotidianas. Assim, o ambiente escolar pode contribuir para a identificação precoce de sinais de autismo, agilizando o encaminhamento das crianças aos profissionais responsáveis pelo diagnóstico e auxiliando os educadores no desenvolvimento de atividades específicas e adaptadas. Uma das formas de observar essas características é por meio da análise das funções executivas, que envolvem o controle inibitório, a memória de trabalho e a flexibilidade cognitiva, frequentemente comprometidas em pessoas com TEA (Maranhão; Pires, 2017). Tais habilidades podem ser analisadas de maneira simples e acessível por meio de atividades do cotidiano escolar. Quando inseridas de forma planejada nas aulas, essas atividades permitem uma espécie de diagnose, ou seja, uma análise preliminar dessas funções e seu possível vínculo com o transtorno. Por se tratar de crianças, é fundamental que essas atividades sejam oferecidas de forma lúdica e não invasiva, como por meio de jogos sérios, que são jogos com objetivos que vão além do entretenimento (Trindade *et al.,* 2021). Crianças autistas, em geral, demonstram interesse por recursos tecnológicos, o que torna os jogos digitais uma estratégia promissora para realizar esse rastreamento de forma engajadora. Além disso, por serem digitais, os dados gerados durante as jogadas podem ser coletados e analisados com técnicas de *Machine Learning* (aprendizado de máquina), possibilitando maior acurácia na identificação de padrões e fornecendo informações relevantes tanto para o encaminhamento clínico quanto para o planejamento pedagógico personalizado. Assim, o presente estudo tem como objetivo utilizar três jogos sérios para auxiliar na identificação de sinais relacionados às funções executivas que possam indicar a presença de TEA em crianças, por meio da aplicação de algoritmos de *Machine Learning*. Para isso, formamos um grupo multidisciplinar composto por uma pedagoga e psicopedagoga, duas psicólogas com formação em neuropsicologia, uma fonoaudióloga e uma psicóloga clínica, responsável pelo desenvolvimento de jogos inclusivos voltados ao público infantil com TEA. Após essa etapa, definimos as escolas e as crianças participantes, por meio de uma amostragem por conveniência, composta por crianças de 3 a 6 anos matriculadas em escolas públicas do município de Recife-PE, Brasil. Para controle de variáveis, foram incluídas apenas crianças com laudo exclusivamente de TEA, evitando vieses decorrentes de outras comorbidades. Os jogos desenvolvidos foram: jogo da memória, pareamento com sombras e jogo da pintura, todos voltados ao estímulo e análise de funções executivas. Esses jogos foram projetados com foco na inclusão e na coleta de dados durante as jogadas, permitindo a análise do desempenho infantil. A participação das crianças foi autorizada mediante assinatura do termo de consentimento pelos responsáveis. A aplicação foi realizada por profissionais do Atendimento Educacional Especializado (AEE), previamente capacitadas para conduzir a atividade com os estudantes. À medida que as crianças interagiam com os jogos em tablets, os

dados gerados eram automaticamente armazenados para posterior análise. Foram utilizados sete algoritmos de *Machine Learning* para o processamento dessas informações: *Random Forest* (RF), *Support Vector Machine* (SVM), *Naive Bayes* (NB), *Multilayer Perceptron* (MLP), *Deep Multilayer Perceptron* (Deep MLP), *Logistic Regression* (LR) e *K-Nearest Neighbors* (KNN). A fim de obter o melhor desempenho dos modelos, foi aplicada a técnica de *Grid Search* para otimização dos hiperparâmetros de cada algoritmo, além da validação cruzada, com o objetivo de garantir maior robustez aos resultados, minimizando a influência de variações decorrentes da divisão aleatória dos dados em conjuntos de treinamento e teste. Para a avaliação dos algoritmos, foram utilizadas as métricas de acurácia, precisão, *recall* e F1-score. Os resultados obtidos foram satisfatórios. Em relação à acurácia, os algoritmos que mais se destacaram foram RF, Deep MLP, SVM e MLP, com desempenhos em torno de 94%, sendo o RF ligeiramente superior, atingindo 96%. O KNN também apresentou bom desempenho, com acurácia de 90%. A LR obteve um resultado intermediário, com acurácia de 80%, enquanto o NB apresentou o menor desempenho, com 60%. Quanto à métrica de precisão, o RF novamente se destacou, alcançando 96%. Em relação ao *recall*, o RF obteve a melhor taxa, com 97%, resultado que também se refletiu no F1-score, consolidando-o como o algoritmo de melhor desempenho geral entre os avaliados. Diante dos resultados obtidos, observa-se que o uso de jogos sérios aliado a técnicas de *Machine Learning* mostra-se promissor na identificação de sinais relacionados ao Transtorno do Espectro Autista em crianças, especialmente por meio da análise das funções executivas. O algoritmo RF destacou-se em todas as métricas avaliadas, evidenciando seu potencial para esse tipo de aplicação. A abordagem proposta permite uma análise mais precisa e personalizada do comportamento infantil, contribuindo para o rastreamento precoce de sinais de TEA e oferecendo subsídios valiosos tanto para profissionais da educação quanto da saúde. Esses achados reforçam a viabilidade de integrar recursos tecnológicos ao contexto escolar de forma inclusiva, ampliando as possibilidades de intervenção e acompanhamento no desenvolvimento infantil.

**Palavras-chave:** *Autismo; Jogos Sérios; Funções Executivas.*

**Referências**

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders.* 5. ed. Arlington, VA: American Psychiatric Publishing, 2013. Disponível em: https://www.psychiatry.org/psychiatrists/practice/dsm. Acesso em: 20 julho 2025.

DA SILVA, Patrícia Andrade; TIMBÓ, RAIMUNDA CID. O papel da escola no processo da socialização na educação infantil. **Revista PLUS FRJ. Revista Multidisciplinar em Educação e Saúde**, v. 3, p. 77, 2017.

DE ALBUQUERQUE MARANHÃO, Samantha Santos; PIRES, Izabel Augusta Hazin. Funções executivas e habilidades sociais no espectro autista: um estudo multicasos. **Cadernos de pós-graduação em distúrbios do desenvolvimento**, v. 17, n. 1, 2017.

TRINDADE, André B. et al. Avaliação de Plataforma Multimodal de Jogos Sérios para Auxílio a Terapia para Autistas. In: **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)**. SBC, 2021. p. 281-291.

# Desenvolvimento de um protótipo de Comunicação Aumentativa Alternativa para crianças com Transtorno do Espectro Autista

**Franciely Alves de Souza, Universidade de Pernambuco (fas2@ecomp.poli.br)**
**Carlo Marcelo Revoredo da Silva, Universidade de Pernambuco (cmrs@ecomp.poli.br)**
**Maíra Sinesio dos Santos, Universidade de Pernambuco (mss1@ecomp.poli.br)**

O Transtorno do Espectro Autista (TEA) é uma condição do neurodesenvolvimento cuja prevalência tem aumentado significativamente nos últimos anos, afetando aproximadamente 1,2 % da população brasileira, segundo dados do Censo Demográfico 2022 do IBGE (IBGE, 2024). O TEA caracteriza-se por déficits persistentes na comunicação e na interação social, bem como por padrões restritos e repetitivos de comportamento, interesses ou atividades (APA, 2014). Frequentemente, os primeiros sinais do transtorno são percebidos por familiares ou cuidadores, sendo as dificuldades de comunicação uma das principais fontes de preocupação (Montenegro, 2021; Zwaigenbaum et al., 2015). Diante dessas limitações, a Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA) surge como uma estratégia promissora para apoiar o desenvolvimento comunicativo de crianças com TEA. A CAA contempla um conjunto de métodos e tecnologias projetados para substituir ou complementar, de forma temporária ou permanente, formas de expressão prejudicadas pela ausência, incompreensibilidade ou disfuncionalidade da fala (Nunes et al., 2020; Iacono et al., 2016). Entre os recursos utilizados destacam-se os gestos manuais, símbolos gráficos (como os pictogramas) e sistemas assistidos por voz. Tais ferramentas contribuem para ampliar as possibilidades de interação social e a autonomia dos usuários (Light e McNaughton, 2012; Smith et al., 2018). Com base nesse contexto, o **objetivo** desse estudo é apresentar o desenvolvimento de um protótipo de CAA com foco na promoção do letramento e da comunicação funcional em crianças com necessidades comunicativas. A proposta prevê a utilização da aplicação em dispositivos móveis, como tablets e smartphones, o que a caracteriza como uma tecnologia assistiva de alta tecnologia. Essa abordagem visa ampliar o acesso à comunicação, facilitar a autonomia e apoiar práticas educacionais e do cotidiano, diferindo das CAA de baixa tecnologia, que não exigem o uso de dispositivos eletrônicos (Beukelman e Mirenda, 2013). A **metodologia** utilizada compreendeu três etapas principais. Inicialmente, elaboraram-se os requisitos funcionais e não funcionais da ferramenta, considerando o perfil e as necessidades do público-alvo. Na etapa seguinte, realizou-se a prototipação da interface por meio da plataforma Figma, o que permitiu a definição da arquitetura da aplicação e a validação preliminar do design centrado no usuário. Por fim, desenvolveu-se um protótipo funcional na engine Unity, utilizando a linguagem de programação C#, com o objetivo de garantir uma experiência interativa e responsiva. O sistema contempla atividades distribuídas em cinco ambientes de uma casa (cozinha, sala, banheiro, quarto e quintal), permitindo a vivência de situações do cotidiano. As atividades incentivam a construção de palavras e frases curtas por meio da seleção de pictogramas, além de estimular habilidades como o reconhecimento e a comparação de objetos e alimentos. Também são abordados elementos de organização e sequenciamento de tarefas, favorecendo o desenvolvimento da linguagem funcional, da cognição visual e da autonomia em contextos reais. Por meio de uma abordagem lúdica e contextualizada, espera-se favorecer o engajamento das crianças e apoiar seu desenvolvimento comunicativo de forma significativa. Como **resultado** preliminar, foi finalizado o ambiente do quarto, que contém quatro atividades lúdicas nas quais as crianças interagem com elementos do cenário para realizar tarefas simbólicas e funcionais. Essa etapa representa um avanço no processo de desenvolvimento da ferramenta, que continuará sendo expandida para os demais ambientes.

**Conclui-se** que o uso da CAA mediado por tecnologias digitais representa uma abordagem viável e promissora para estimular a comunicação funcional de crianças com TEA, especialmente quando integrado a contextos significativos do cotidiano. O uso de ferramentas digitais interativas, baseadas em princípios de usabilidade e design centrado no usuário, pode potencializar a eficácia das intervenções e promover maior inclusão educacional e social. Estudos futuros deverão incluir testes com usuários.

**Palavras-chave:** *Transtorno do espectro autista; Tecnologia Assistiva, Educação Inclusiva; Crianças.*

**Referências**

American Psychiatric Association. DSM-5: manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais. Porto Alegre: Artmed; 2014.

BEUKELMAN, D. R.; MIRENDA, P. Augmentative and Alternative Communication: Supporting Children and Adults with Complex Communication Needs. 4. ed. Baltimore: Paul H. Brookes Publishing, 2013.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo 2022 identifica 2,4 milhões de pessoas diagnosticadas com autismo no Brasil. Agência de Notícias IBGE, 23 maio 2024.

IACONO, T., TREMBATH, D., & ERICKSON, S. (2016). The role of augmentative and alternative communication for children with autism: Current status and future trends. Neuropsychiatric Disease and Treatment, 12, 2349-2361.

LIGHT J, MCNAUGHTON D. The changing face of augmentative and alternative communication: past, present, and future challenges. Augment Altern Commun. 2012 Dec;28(4):197-204.

MONTENEGRO ACA, XAVIER IALN, LIMA R. Autismo comunica: comunicação alternativa promovendo acessibilidade comunicacional. In: Araújo NA, Lucena JA, Studart-Pereira L, editores. Relatos de experiências em Fonoaudiologia. Recife: Editora UFPE; 2021.

NUNES D, WALTER C. AAC and autism in Brazil: a descriptive review. Int J Disabil Dev Educ. 2020;67(3):263-79.

SMITH, M. M. et al. Augmentative and alternative communication for children with developmental disabilities: Intervention principles and practices. Augmentative and Alternative Communication, v. 34, n. 3, p. 195–204, 2018.

ZWAIGENBAUM L, BAUMAN ML, STONE WL, et al. Early Identification of Autism Spectrum Disorder: Recommendations for Practice and Research. *Pediatrics*. 2015;136 Suppl 1(Suppl 1):S10-S40.

# Aplicação de Machine Learning na Gestão de Dívida Técnica: um benchmark de ferramentas

**Ana Carolina Candido de Melo, Universidade de Pernambuco (accm@ecomp.poli.br)**
**Wylliams Barbosa Santos, Universidade de Pernambuco (wbs@upe.br)**
**Roberta A. de A. Fagundes, Universidade de Pernambuco (roberta.fagundes@upe.br)**

O termo conhecido como Dívida Técnica (DT) é uma metáfora apresentada por (CUNNINGHAM, 1992) para explicar o esforço ou custos adicionais de se utilizar soluções alternativas para alcançar os objetivos de curto prazo, muitas vezes, sem considerar a possibilidade de impactar negativamente o software a longo prazo. Semelhante a dívida financeira, DT pode ser acumulada ao longo do tempo e gerar "juros" na forma de custos adicionais de manutenção e retrabalho. Para manter a DT sob controle, os profissionais podem adotar diferentes estratégias e aplicar frameworks desenvolvidos para esse fim. Estes recursos apoiam as diferentes atividades de gestão de DT, que segundo (LI; AVGERIOU; LIANG, 2015), vão desde a identificação de um item, até a sua correção. No entanto, as estratégias que auxiliam na gestão de DT, em sua maioria, são realizadas de forma manual, o que se torna um desafio para a indústria, levando em consideração que grande parte dos processos são automatizados devido à agilidade e ao tempo de implementação (MELO et al., 2022). Dessa forma, identificar uma DT manualmente, por exemplo, torna-se uma atividade enviesada e custosa, uma vez que depende fortemente do julgamento de especialistas. De forma a reduzir essa subjetividade, pesquisadores estão construindo soluções que melhorem a gestão de DT baseando-se na aplicação de algoritmos de Machine Learning (ML). No entanto, a quantidade de estudos que propõem recursos desenvolvidos a partir desses algoritmos, torna-se limitada e preliminar (TSINTZIRA et al., 2020). Neste sentido, este trabalho tem como objetivo propor a construção de uma infraestrutura que auxilie na aplicação de técnicas de ML no gerenciamento de DT, visando a correção automatizada desses itens. Inicialmente, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) a fim de identificar evidências relacionadas a utilização de técnicas de ML na gestão de DT (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007). Baseando-se nos resultados da RSL, foi possível perceber uma limitação de trabalhos que propõem ferramentas que possam automatizar o gerenciamento de DT, bem como a ausência de discussões sobre os requisitos essenciais para que esses recursos proporcionem uma gestão eficaz. Dessa forma, como segunda atividade conduzida neste projeto de doutorado, desenvolveu-se um benchmark com o objetivo de identificar e comparar características de ferramentas que possam auxiliar a automatizar a gestão de DT, as quais possam ser utilizadas por profissionais no desenvolvimento de software. Nesta pesquisa, o benchmark foi utilizado como uma metodologia de avaliação qualitativa, possibilitando analisar as ferramentas de gestão de DT e, foi executado em três etapas: Planejamento, Execução e Análise (PERIN; SILVA; VALENTIM, 2021). Na primeira etapa, as ferramentas foram selecionadas com base nos resultados da RSL conduzida anteriormente. Na sequência, as características analisadas nas ferramentas foram definidas. Estas particularidades foram escolhidas porque observou-se uma ausência desse tipo de análise na literatura, além de serem características que irão auxiliar na escolha de ferramentas ao problema abordado, sendo elas (i) Se as ferramentas possuem funcionalidades que facilitam a execução de uma ou mais etapas do processo de gestão de DT; (ii) Se as ferramentas são utilizadas de maneira específica no âmbito de DT ou contribuem para a gestão de tarefas de forma abrangente; (iii) Facilidade de uso na utilização e realização das tarefas; (iv) Se impactam positivamente na produtividade do projeto; (v) Se as ferramentas foram desenvolvidas utilizando inteligência artificial, ou especificamente ML. Na etapa de análise, seis ferramentas foram avaliadas em relação às características supracitadas. Vale ressaltar que, nem todas são utilizadas especificamente para gerenciar DT, mas no controle de tarefas durante o desenvolvimento de um projeto. Sendo elas: (i) Jenkins: servidor de automação de código aberto utilizado para processos de integração e entrega contínua; (ii) SonarQube:

ferramenta de análise estática para manutenção de código-fonte; (iii) Jira: ferramenta popular de gerenciamento de projetos. Embora não seja uma ferramenta específica para lidar com qualidade de código ou DT, ele oferece integrações que podem ajudar nessas áreas. Por exemplo, é possível criar um campo personalizado para acompanhar uma DT; (iv) FindBugs: analisador de código estático que detecta possíveis bugs e problemas de qualidade no código em projetos Java, incluindo DT; (v) Tracy-TD: ferramenta que considera a perspectiva do negócio para priorizar DT; e (vi) CodeScene: ferramenta de análise do comportamento do código, que combina dados de controle de versão com algoritmos de ML para identificar padrões sociais e riscos ocultos na base de código. Apenas duas das seis ferramentas foram desenvolvidas com a aplicação de ML. O Jira utiliza ML em aspectos para aprimorar a eficiência no gerenciamento de projetos, automatizar tarefas e auxiliar na tomada de decisões. Dentre alguns exemplos de como ML é utilizado no Jira, pode-se citar a análise de dados históricos de issues e do comportamento dos usuários, com isso, ajuda a prever quanto tempo levará para resolver um novo issue, auxiliando na priorização de tarefas. O CodeScene utiliza diferentes algoritmos de ML para analisar o código-fonte do projeto e fornecer insights para os desenvolvedores sobre possíveis problemas de qualidade. Dentre as técnicas de ML, pode-se incluir: modelos de aprendizado supervisionado para identificar anomalias no código e Natural Processing Language para analisar comentários, documentação e outros textos associados ao código. As análises revelaram que as ferramentas atuais não são abrangentes o suficiente. Dessa forma, torna-se imperativo o desenvolvimento de uma ferramenta mais robusta, capaz de atender aos critérios estabelecidos, visando simplificar e tornar mais prático o processo de gestão de DT. Este estudo encontra-se atualmente em andamento, os resultados são preliminares, mas está em evolução. O escopo futuro incluirá uma expansão das análises da RSL e do benchmarking, explorando a eficácia e limitações das ferramentas identificadas. Bem como, que estudos empíricos sejam realizados de forma a avaliar em projetos reais a eficácia das ferramentas, especialmente no uso de algoritmos de ML. Ao final, espera-se apresentar à academia-indústria um corpo de conhecimento avaliado sobre recursos que possam automatizar a gestão de dívida técnica.

**Palavras-chave:** *Dívida Técnica; Machine Learning; Benchmarking; Ferramentas.*

**Referências**

CUNNINGHAM, Ward. The WyCash portfolio management system. **ACM Sigplan Oops Messenger**, v. 4, n. 2, p. 29-30, 1992.

LI, Zengyang; AVGERIOU, Paris; LIANG, Peng. A systematic mapping study on technical debt and its management. **Journal of systems and software**, v. 101, p. 193-220, 2015.

MELO, Ana et al. Identification and measurement of requirements technical debt in software development: A systematic literature review. 2022.

TSINTZIRA, Angeliki-Agathi et al. Applying machine learning in technical debt management: Future opportunities and challenges. In: **International Conference on the Quality of Information and Communications Technology**. Springer, Cham, 2020. p. 53-67.

KITCHENHAM, Barbara et al. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. 2007.

PERIN, Ana Paula Juliana; SILVA, Deivid Eive; VALENTIM, Natasha Malveira C. Um benchmark de ferramentas de programação em blocos que podem ser utilizadas nas salas de aula do Ensino Médio. In: **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)**. SBC, 2021. p. 1162-1173.

# Panorama Preliminar de Ferramentas para Apoio à Mitigação da Dívida Técnica de Requisitos

**José Fernando Guilhermino da Silva, Universidade de Pernambuco (jfgs@ecomp.poli.br)**
**Maria Lencastre Pinheiro de Menezes Cruz, Universidade de Pernambuco (mlpm@ecomp.poli.br)**

A Engenharia de Requisitos (ER) é responsável por identificar, documentar e validar os comportamentos esperados de um sistema, por meio de atividades como elicitação, análise, especificação e validação de requisitos (COUDER, 2024). Deficiências nessas atividades, como requisitos ambíguos, mal definidos ou incompletos podem comprometer diretamente etapas posteriores do desenvolvimento de *software*, como codificação, testes e manutenção. Tais deficiências podem resultar na Dívida Técnica de Requisitos (DTR), um subconjunto da dívida técnica composto por artefatos imaturos originados nas fases iniciais da ER (GUILHERMINO, 2024). Este estudo tem como objetivo mapear ferramentas que oferecem suporte à mitigação da DTR, considerando diferentes fases da ER e seus respectivos tipos de dívida. A pesquisa foi conduzida por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), seguindo as diretrizes propostas por Kitchenham et al. (2007). A RSL foi estruturada em três etapas: (i) planejamento, (ii) condução e (iii) relato. Na etapa de planejamento, foram formuladas perguntas de pesquisa com base no modelo PICOC (População, Intervenção, Comparação, Resultado e Contexto), além da definição das *strings* de busca e testes preliminares. Na etapa de condução, a busca automática foi realizada em maio de 2025 considerando estudos publicados entre 2020 e 2025, nas principais bases eletrônicas da área: Scopus, ACM Digital Library, IEEE Xplore e SpringerLink. Aplicaram-se critérios de inclusão, exclusão e avaliação de qualidade para a seleção final dos estudos relevantes. Como resultado, observou-se um crescimento significativo no desenvolvimento de ferramentas voltadas à mitigação da DTR, com foco em diferentes fases da ER e em distintos tipos de dívida. As soluções identificadas atuam tanto de forma preventiva, apoiando atividades como elicitação, especificação e validação de requisitos, quanto de forma corretiva, por meio da detecção de defeitos, ambiguidade, incompletude e *requirement smells* em requisitos já documentados. As ferramentas e abordagens mapeadas foram agrupadas em cinco categorias principais, conforme a atividade de apoio predominante: (i) Detecção de defeitos e smells linguísticos: ferramentas como Paska (Veizaga, 2024) e QuARS (Fantechi, 2023) utilizam técnicas de Processamento de Linguagem Natural (PLN) e modelos de qualidade para identificar ambiguidade, inconsistência, vagueza terminológica e outros defeitos textuais em requisitos escritos em linguagem natural. (ii) Apoio à elicitação e geração de requisitos completos: ferramentas como SRE (Rasha, 2023), ReqBrain (Habib, 2025) e NLP4ReF (Peer, 2024) oferecem suporte à elicitação automatizada ou assistida de requisitos, muitas vezes por meio da reutilização de padrões, simulação de stakeholders ou integração com LLMs. (iii) Apoio à especificação e correção de requisitos: ferramentas como FRET (Giannakopoulou, 2020) propõem formas mais precisas e formais de representar requisitos, com o objetivo de reduzir ambiguidade, garantir verificabilidade e facilitar a validação automatizada. (iv) Gerenciamento e análise de requisitos: soluções como ReqGo (Koh, 2023) e SRAAF (Gupta, 2022) apoiam atividades como priorização, organização e classificação de requisitos, utilizando técnicas de aprendizado de máquina e PLN para sugerir estratégias adequadas de elicitação e identificar ambiguidade com base no contexto do projeto. De modo geral, as ferramentas identificadas demonstram especialização em tarefas específicas da ER, como classificação, verificação ou geração de requisitos, sendo, em sua maioria, baseadas em regras ou algoritmos tradicionais de PLN. Embora a especialização seja uma vantagem para o foco e eficiência das soluções, observou-se que poucas ferramentas oferecem suporte integrado a múltiplas atividades ou à mitigação simultânea de mais de um tipo de DTR. Essa limitação pode representar um desafio

em contextos reais de projetos complexos e ágeis, nos quais os requisitos evoluem rapidamente. Por fim, observa-se um potencial promissor na combinação dessas ferramentas com abordagens baseadas em LLMs, dada a capacidade destas últimas em lidar com linguagem natural de forma flexível e em grande escala. Essa integração pode representar uma oportunidade futura para mitigar de forma mais abrangente as diferentes dimensões da DTR.

**Palavras-chave:** *Requisitos, Dívida técnica de requisitos; ferramentas; Suporte a Dívida técnica de requisitos*

**Referências**

COUDER, Juan Ortiz; GOMEZ, Dawson; OCHOA, Omar. Requirements verification through the analysis of source code by large language models. In: SoutheastCon 2024. IEEE, 2024. p. 75-80.

FANTECHI, Alessandro et al. Rule-based NLP vs ChatGPT in ambiguity detection, a preliminary study. In: CEUR WORKSHOP PROCEEDINGS. CEUR WS, 2023.

GH, Rasha Alsarraj; ALTAIE, Atica M.; AHMED, Abdullah Hani. Constructing a software requirements tool based on the reusability attribute. IEEE Access, v. 12, p. 70017-70024, 2024.

GIANNAKOPOULOU, Dimitra et al. Formal requirements elicitation with FRET. In: International Working Conference on Requirements Engineering: Foundation for Software Quality (REFSQ-2020). 2020.

GUILHERMINO, Fernando; LENCASTRE, Maria; CASTRO, Jaelson. Processo para Incorporação do Conceito de Dívida Técnica de Requisitos em Projetos Acadêmicos. In: Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software (SBES). SBC, 2024. p. 510-520.

GUPTA, Ashok Kumar et al. Software Requirement Ambiguity Avoidance Framework (SRAAF) for Selecting Suitable Requirement Elicitation Techniques for Software Projects. In: 2022 IEEE International Conference on Current Development in Engineering and Technology (CCET). IEEE, 2022. p. 1-6.

HABIB, Mohammad Kasra; GRAZIOTIN, Daniel; WAGNER, Stefan. ReqBrain: Task-Specific Instruction Tuning of LLMs for AI-Assisted Requirements Generation. arXiv preprint arXiv:2505.17632, 2025.

KOH, Shi Jing; CHUA, Fang Fang. ReqGo: a semi-automated requirements management tool. International Journal of Technology, v. 14, n. 4, p. 713, 2023.

PEER, Jordan; MORDECAI, Yaniv; REICH, Yoram. NLP4ReF: Requirements Classification and Forecasting: From Model-Based Design to Large Language Models. In: 2024 IEEE Aerospace Conference. IEEE, 2024. p. 1-16.

VEIZAGA, Alvaro; SHIN, Seung Yeob; BRIAND, Lionel C. Automated smell detection and recommendation in natural language requirements. IEEE Transactions on Software Engineering, v. 50, n. 4, p. 695-720, 2024.

# Avaliação dos modelos de inteligência artificial na predição de mortalidade neonatal em Pernambuco contornando dados faltosos

**Flávio Leandro de Morais, Universidade de Pernambuco (flavio.leandromorais@upe.br)**
**Maicon H. Lino F. da Silva Barros, Universidade de Pernambuco (mhlfsb@ecomp.poli.br)**
**Katia Maria Mendes, Universidade de Pernambuco - CISAM, (katia.mendes@upe.br)**
**Waldemar Brandão Neto, Universidade de Pernambuco - PAPGenf,waldemar.neto@upe.br)**
**Patricia Takako Endo, Universidade de Pernambuco (patricia.Endo@upe.br)**

**Introdução:** O período neonatal compreende os primeiros 28 dias de vida do recém-nascido, sendo uma fase de alta vulnerabilidade para desfechos adversos de saúde. A mortalidade neonatal é responsável por ceifar a vida de aproximadamente 2,3 milhões de crianças em 2023, cerca de 6.500 mortes por dia no mundo (UNICEF, 2024). No Brasil, em 2023, foram registrados 21.582 óbitos neonatais, com uma taxa de 8,51 mortes por mil nascidos vivos. No mesmo período, o estado de Pernambuco apresentou média semelhante, com 8,44 óbitos a cada mil nascidos vivos (SINASC, 2023; SIM, 2023). Estudos indicam que a maioria desses óbitos poderiam ser evitados com intervenções oportunas e eficazes (UNICEF, 2024; DATASUS, 2022; Prezotto, 2023). Nesse contexto, modelos de Inteligência Artificial (IA) têm sido cada vez mais explorados como ferramentas auxiliares na predição de desfechos neonatais (Henry *et al.*, 2022). **Objetivo:** Este estudo pretende avaliar o desempenho dos modelos de IA na predição da mortalidade neonatal no estado de Pernambuco considerando dados faltantes. **Metodologia:** O estudo utilizou dados clínicos e demográficos do Centro Universitário Integrado de Saúde Amaury de Medeiros (CISAM), com autorização do Comitê de Ética em Pesquisa (CAAE: 78547524.8.0000.5191). O *dataset* original era composto por 28.501 registros e 876 atributos. A metodologia foi estruturada em sete etapas: 1) Análise exploratória dos dados que permitiu a identificação do tipo, completude e comportamento dos atributos. 2) Seleção de atributos, que foi realizada baseada na qualidade dos dados e no preenchimento (excluindo os atributos com mais de 60% de dados vazios), sendo selecionados nove atributos mais o atributo alvo (SN_OBITO, TP_SEXO, TP_COR, PESO, ALTURA, APGAR_1MIN, APGAR_5MIN, PERIMETRO_CEFALICO, PERIMETRO_TORAXICO). 3) Pré-processamento, onde foram removidos os registros com valor ausente no atributo alvo; resultando em 10 atributos e 5.210 registros, sendo 326 registros de mortalidade e 4.984 de sobrevida. Por fim, os atributos com dados textuais foram transformados para valores categóricos nominais. 4) O *dataset* foi separado em 70% para treino e 30% para teste. Os dados de teste continham apenas registros completos, enquanto os de treino permaneceram com valores ausentes para avaliação do seu impacto. Dois experimentos foram realizados: Experimento 1 (**Exp. Desconhecido**): valores ausentes substituídos por -1; Experimento 2 (**Exp. Probabilístico**): imputação baseada na distribuição dos valores observados em cada atributo. Os atributos com dados ausentes incluem ALTURA, PERIMETRO_CEFALICO, PERIMETRO_TORAXICO e TP_COR, reconhecidos na literatura como relevantes para o estado de saúde neonatal. 5) Aplicou-se a técnica de *undersampling* nas bases de treino e teste, reduzindo aleatoriamente a quantidade de registros das classes de óbito e sobrevivência. 6) Foram usados os modelos de IA: *Decision Tree* (DT), configurado com critério *Gini*, uma amostra mínima por folha, 30 para divisão de um nó, fração mínima de 0,0, semente aleatória 42 e divisão determinística; *TabPFN*, com arquitetura baseada em *transformers* probabilísticos pré-treinados e configuração padrão; *LightGBM* (LGBM), com *boosting* do tipo GBDT, taxa de aprendizado de 0,01, 700 estimadores e profundidade máxima de 5. A seleção dos parâmetros dos modelos DT e LGBM foi realizada heuristicamente, a partir de múltiplos testes empíricos visando melhor desempenho. 7) Os modelos foram avaliados pelas métricas: acurácia, precisão, *recall*, especificidade, *f1-score* e AUCROC. **Resultados e discussões:** No **Exp. Desconhecido**, o modelo *TabPFN* apresentou o melhor desempenho gera nos dados de teste, com acurácia (0,9219), precisão (0,9298), *recall* (0,8542), especificidade (0,9896), *f1-score* (0,9215) e AUCROC (0,9646), superando os demais em todas as métricas. O LGBM também se destacou com valores próximos ao *TabPFN* com acurácia

(0,9063), precisão (0,9151), *recall* (0,8333), especificidade (0,9792), *f1-score* (0,9057) e AUCROC (0,9626). Já o DT obteve os menores valores de avaliação com acurácia (0,9010), precisão (0,9111), *recall* (0,8229), especificidade (0,9792), *f1-score* (0,9004) e AUCROC (0,9212). Já no **Exp. Probabilístico**, novamente o *TabPFN* obteve os melhores resultados gerais, com métricas idênticas às do experimento anterior. O DT melhorou o *recall* (0,8542) igualando a mesma quantidade de acerto para mortalidade neonatal que o *TabPFN* e AUCROC (0,9422), embora com leve queda na acurácia (0,8906), precisão (0,8927), especificidade (0,9271) e *f1-score* (0,8905). O LGBM, por outro lado, foi o mais impactado, com redução em quase todas as métricas: acurácia (0,8802), precisão (0,8822), especificidade (0,9167), *f1-score* (0,8800) e AUCROC (0,9454), exceto o *recall* (0,8438) que apresentou um leve aumento de desempenho na predição dos casos positivos de mortalidade neonatal, mas obtendo resultados inferiores ao demais. Esses resultados mostram que, em ambos os experimentos, os modelos tiveram os valores mais altos na métrica de especificidade e mais baixos para o *recall* (mesmo com aumento no **Exp. Probabilístico**), indicando que os modelos conseguem predizer melhor os casos de neonatos que sobrevivem em comparação aos casos de mortalidade. Esses resultados também destacam a robustez do modelo *TabPFN* frente a dados faltosos, provavelmente devido à sua arquitetura pré-treinada, capaz de lidar com a variabilidade dos dados sem necessidade de ajustes manuais. Embora tenham apresentado uma melhora no *recall*, tanto o DT quanto o LGBM tiveram variações de desempenho conforme a estratégia de imputação utilizada. Ambos os modelos sofreram pequena queda em quase todas as métricas quando a imputação probabilística foi aplicada, sugerindo que sua performance é mais sensível à forma como os dados ausentes são tratados. Esses resultados reforçam a importância de investigações criteriosas antes da escolha da técnica de imputação, sugerindo que essa decisão deve ser orientada por conhecimento clínico contextualizado, idealmente com o apoio de profissionais de saúde, para garantir a integridade e a representatividade dos dados. **Conclusões:** Este estudo demonstrou que modelos de IA são capazes de prever a mortalidade neonatal, mesmo diante de desafios como dados faltantes. Dentre os modelos avaliados, o *TabPFN* apresentou o melhor desempenho geral, evidenciando sua robustez frente à variabilidade e incompletude dos dados. No entanto, trata-se de uma abordagem recente, que ainda requer mais estudos e validações antes de ser incorporada à prática clínica real. Os modelos mais consolidados, como LGBM e DT, mostraram-se mais sensíveis às técnicas de imputação utilizadas, o que reforça a importância de uma escolha criteriosa do método de preenchimento de dados ausentes, além disso, os seus resultados são promissores e indicam o potencial da IA como ferramenta auxiliar na tomada de decisão clínica, especialmente em contextos de risco neonatal como a mortalidade, podendo contribuir para a identificação precoce de desfechos adversos e, assim, para a redução da morbimortalidade neonatal. Como trabalhos futuros pretende-se utilizar outros modelos de inteligência artificial, assim como utilizar outras técnicas de imputação para analisar o quanto a imputação pode impactar positivamente ou negativamente na aprendizagem dos modelos, também pretende-se utilizar a análise de SHapley Additive exPlanations para realizar a explicabilidade de aprendizagem dos modelos com os atributos utilizados.

**Palavras-chave:** *Mortalidade neonatal; Inteligência artificial;* dados faltosos*; evitabilidade.*

**Referências**

**UNICEF.** ***United Nations Children's Fund. Levels and trends in child mortality - report 2024***. Disponível em:https://data.unicef.org/resources/levels-and-trends-in-child-mortality-2024/.

**SINASC.** Ministério da Saúde. **Sistema de Informações sobre Nascidos Vivos a Serviço do SUS**; 2022. Disponível em: http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sinasc/cnv/nvuf.def.

**SIM.** Ministério da Saúde.**Sistema de Informação sobre Mortalidade a Serviço do SUS**; 2022. Disponível em: http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sim/cnv/obt10uf.def.

**DATASUS.** Ministério da Saúde. **Óbitos evitáveis por intervenções do Sistema Único de Saúde – Brasil, 0 a 4 anos**. Brasília: Ministério da Saúde, [s.d.]. Disponível em: http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/sim/Obitos_Evitaveis_0_a_4_anos.pdf. Acesso em: 29 jul. 2025.

PREZOTTO, Kelly Holanda et al. **Mortalidade neonatal precoce e tardia: causas evitáveis e tendências nas regiões brasileiras**. Acta Paulista de Enfermagem, v. 36, p. eAPE02322, 2023.

HENRY, Caroline *et al.* ***Application and potential of artificial intelligence in neonatal medicine****. In: Seminars in Fetal and Neonatal Medicine*. WB Saunders, 2022. p. 101346.

# Estratégias de Inclusão em Plataformas LMS e LXP para Estudantes Neurodivergentes na Graduação em Ciência da Computação

**Cristiane Domingos de Aquino Teixeira, Universidade de Pernambuco (cdat@ecomp.poli.br)**
**Ivaldir de Farias Junior, Universidade de Pernambuco (ivaldir.farias@upe.br)**
**Sidney Marlon Lopes de Lima, Universidade Federal de Pernambuco (sidney.lima@ufpe.br)**

Atualmente, observa-se um crescimento significativo na identificação de estudantes neurodivergentes no ensino superior, incluindo aqueles com Transtorno do Espectro Autista (TEA), Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade (TDAH), dislexia e outras condições que envolvem variações cognitivas e neurológicas. No Brasil, segundo o Censo da Educação Superior (INEP, 2022), aproximadamente 52 mil estudantes com algum tipo de deficiência, transtorno global do desenvolvimento ou altas habilidades/superdotação estavam matriculadas em cursos de graduação, sendo que muitos deles se enquadram no espectro da neurodivergência. Esse número representa um aumento de mais de 45% em relação a 2018, refletindo tanto o avanço nas políticas de inclusão quanto a ampliação dos critérios diagnósticos e do reconhecimento institucional dessas condições. Nesse contexto, torna-se importante que as instituições de ensino superior (presencial ou online), adotem práticas pedagógicas e tecnológicas que considerem as necessidades específicas desse público. Em paralelo, as plataformas digitais de aprendizagem, como os sistemas LMS (Learning Management System) e o LXP (Learning Experience Platform), passaram a ocupar papel central nesse processo, especialmente em cursos de áreas técnicas, tais como a Ciência da Computação, onde a complexidade dos conteúdos pode acentuar as barreiras para estudantes neurodivergentes. Diante desse cenário, o objetivo deste trabalho foi identificar e analisar, por meio de uma revisão sistemática da literatura, as principais estratégias de inclusão aplicadas em plataformas LMS e LXP que impactam diretamente o engajamento, o desempenho acadêmico e a permanência de estudantes neurodivergentes matriculados em cursos superiores de Ciência da Computação. A metodologia adotada foi uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), de natureza qualitativa, desenvolvida a partir do protocolo PRISMA e executada com auxílio da ferramenta Parsifal. Foram analisadas publicações indexadas em inglês nas bases IEEE Xplore, Scopus e Google Scholar, com delimitação temporal de janeiro de 2010 a março de 2025. A partir de critérios rigorosos de seleção e análise de publicações científicas, o estudo buscou responder a quatro questões principais: (QP1) Quais estratégias de inclusão são implementadas em plataformas LMS e LXP para apoiar estudantes neurodivergentes na graduação em Ciência da Computação? (QP2) Quais os impactos dessas estratégias no desempenho, engajamento e satisfação desses estudantes? (QP3) Quais barreiras ainda são relatadas no uso dessas estratégias inclusivas? (QP4) Quais são as lacunas identificadas na literatura sobre a inclusão de estudantes neurodivergentes nesse contexto? Foram inicialmente identificados 171 estudos primários, sendo 26 selecionados para leitura aprofundada e 15 utilizados na análise final. Os resultados revelaram que plataformas LMS e LXP vêm incorporando estratégias como personalização adaptativa, fragmentação de conteúdo, uso de inteligência artificial, design universal para aprendizagem (UDL), análise de engajamento e recursos de acessibilidade, afirmam Mittal et al. (2024). Tais abordagens resultaram em ganhos concretos: aumento de até 20% na precisão de resolução de problemas em estudantes autistas, melhora no desempenho acadêmico de alunos com TDAH e redução de 30% nas taxas de evasão em cursos de Ciência da Computação, esclarecem Sharabi e Shelar Inbar (2024). No entanto, ainda persistem barreiras que limitam a efetividade dessas soluções, como a falta de interoperabilidade entre plataformas, a ausência de formação docente específica e o receio de estigmatização, que dificulta a autorrevelação dos estudantes, nas palavras de Lipman (2022) seguido por Pierres et al. (2025). Também foram identificadas

lacunas na literatura, como a escassez de pesquisas quantitativas robustas, baixa representatividade de cursos técnicos como Ciência da Computação e ausência de diretrizes integradas de acessibilidade digital. Nesse sentido, a conclusão do estudo aponta que, embora haja avanços importantes, a construção de AVAs verdadeiramente inclusivos requer ações intersetoriais, que unam inovação tecnológica, formação pedagógica, políticas públicas e participação ativa dos sujeitos neurodivergentes. As contribuições do presente estudo fornecem subsídios para o desenvolvimento de ecossistemas educacionais mais equitativos, promovendo a valorização da diversidade neurocognitiva e a democratização do ensino superior no contexto da transformação digital da educação.

**Palavras-chave**: *inclusão educacional; neurodivergência; plataformas digitais; ciência da computação.*

**Referências**

INEP – INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Censo da Educação Superior 2022:** notas estatísticas. Brasília, DF: INEP, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/censo-da-educacao-superior/resultados. Acesso em: 24 jul. 2025.

LIPMAN, D. L. A descriptive phenomenological study of professors who teach autistic higher education students. **Journal of Postsecondary Education and Disability**, 2022.

MITTAL, R. et al. RT-NeuroDDSM: Real-Time EEG-Driven Diagnostic Decision Support Model for Neurological Disorders Using Deep Learning. IEEE Access, 2024.

PIERRÈS, O.; DARVISHY, A.; CHRISTEN, M. Perceived risks and benefits of disclosing ADHD to AI-based educational technologies. **Journal of Learning Analytics**, 2025
.
SHARABI, A.; SHELACH INBAR, O. Positive distance learning perception, personal resources, and loneliness among higher education students With ADHD and/or SLD. Learning Disabilities Research & Practice, 2024.

# Articulando Colaborações entre Indústria, Academia e Governo com Suporte de PLN: Uma Abordagem Baseada em Inteligência Artificial

**Denis de Gois Marques, Universidade de Pernambuco (denis.marques@upe.br)**
**Wylliams Barbosa Santos, Universidade de Pernambuco (wbs@upe.br)**
**Cleyton M. Oliveira Rodrigues, Universidade de Pernambuco (cleyton.rodrigues@upe.br)**

As práticas de Colaboração entre a Indústria e Academia (IAC) apresentam fatores impactantes nas inserções de novas tecnologias nas organizações encaminhando impactos positivos aos participantes, onde as comunidades podem identificar as necessidades de uma das outras e desenvolver estratégias de cooperação para sanar as demandas das organizações. As aplicações de práticas de IAC na indústria e academia podem ser encontradas em artigos acadêmicos, como (Garousi et al., 2016; Dallegrave et al., 2023; Marques et al., 2023; Marques et al., 2024; Barbosa et al., 2020; Wohlin et al., 2012) e reafirmam a importância e valores dessas colaborações entre a indústria e a academia. A Pesquisa de Marques et al. (2023) realizou uma revisão abrangente da literatura sobre IAC em agilidade de software, utilizando Revisão Sistemática da Literatura (SLR) e *Snowballing* em cinco bases de dados. A pesquisa analisou um total de 8.460 artigos e resultou na identificação de dez categorias que destacam os desafios enfrentados, além de 14 categorias que descrevem práticas eficazes relevantespara projetos colaborativos. Adicionalmente, o estudo apresentou uma descrição detalhada de sete modelos de colaboração entre a indústria e a academia. O objetivo desta pesquisa é desenvolver uma plataforma inteligente destinada a fortalecer a colaboração entre Indústria, Governo e Academia (IAC). Esta plataforma auxiliará na qualificação de projetos e editais de pesquisadores, profissionais e Instituições Científicas e Tecnológicas (ICTs). Um os pontos poucos explorados em artigos científicos, nessa temática, são as fontes de financiamento e a colaboração direta com o governo, sendo um contexto deficitário quando se refere a IAC. Este trabalho apresenta a temática de Colaborações entre Indústria, Academia e Governo (IAC), com foco na qualificação de distribuições e análises de Editais de Fomento à Pesquisa. A principal metodologia de pesquisa utilizada no projeto será o *Design Science Research (DSR)*, transpassando por ciclos de construção de MVPs, Desenvolvimento de Revisão da Literatura (Revisão Sistemática, Mapeamento Sistemático ou Analise Cinzenta), Grupos Focais/Surveys com profissional (com foco na validação de propostas do projeto), Construção da Plataforma (de forma incremental), Desenvolvimento de Práticas Inteligentes (inserindo contextos de Processamento de Linguagem Natural – PLN e Grande Modelos de Linguagem – LLM) e Validação do Produtos com Especialistas. Atualmente, estamos trabalhando na melhoria da proposta inicial da pesquisa. Estamos preparando as propostas e o MVP (Produto Mínimo Viável) para discussão com acadêmicos e profissionais da área, com o intuito de refinar a proposta e gerar novas ideias. O MVP foi desenvolvido em apenas 5 sprints de uma semana cada, dentro de um projeto de inovação aberta. O MVP desenvolvido já realiza a coleta automática de dados em páginas de Organizações e Agencias de Financiamento (ICTs), como a FACEPE (Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco) e a FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos). Esses dados são disponibilizados em uma plataforma digital, que permite o cadastro de usuários e o gerenciamento de submissões de projetos. Para usuários (em perspectivas gerais), e possível submeter editais fora do escopo da plataforma e gerenciar todos os editais disponíveis e favoritados dentro da plataforma. Atualmente, o projeto de pesquisa encontra-se em fase de aprimoramento das propostas iniciais. Estão sendo elaborados o escopo conceitual e o MVP (Produto Mínimo Viável), os quais serão submetidos à análise crítica de pesquisadores e profissionais da área, com o intuito de refinar a abordagem proposta e estimular o surgimento de novas contribuições. No que se refere aos aspectos técnicos, especialmente aqueles relacionados às práticas de Processamento de Linguagem Natural (PLN), foram iniciados

estudos e experimentações utilizando modelos baseados na arquitetura de Transformers, com o objetivo de analisar dados extraídos de editais de fomento à pesquisa.

**Palavras-chave:** *Colaboração Indústria, Academia e Governo; Inteligência Computacional; PLN; Projetos de Inovação.*

**Referências**

BARBOSA, A., et al. Fostering industry-academia collaboration in software engineering using action research: A case study. In Anais do XIX **Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software**, pages 411–419, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC, 2020.

DALLEGRAVE, T. et al. Action research for industry academia collaboration: A replication study. In 2023 18th **Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)**, pages 1–6, 2023.

GAROUSi, V., et al. Challenges and best practices in industry-academia collaborations in software engineering: A systematic literature review. **Information and Software Technology**, 79:106–127, 2016.

MARQUES, D., *et. al.* Successful practices in industry-academy collaboration in the context of software agility: A systematic literature review. In Filipe, J., Smiałek, M., Brodsky, A., nd Hammoudi, S., editors, **Enterprise Information Systems**, pages 292–310, Cham. Springer Nature Switzerland, 2023.

MARQUES, D. *et. al.* Industry Academia and Government Collaboration to Reduce Gaps in Software Engineering: Applications for Students and Professionals in Career Transition. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DE SOFTWARE (SBQS)**, 23., 2024, Bahia/BA. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2024. p. 657–664.

WOHLIN, C., et al. The success factors powering industry-academia collaboration. **IEEE Software**, 29:67–73, 2012.

# Mapeamento de Técnicas de Autoencoders Explicáveis para Detecção de Anomalias em Diferentes Domínios de Dados

**Messias Rafael Batista, Universidade de Pernambuco (mrb@ecompo.poli.br)**
**Roberta Andrade de A. Fagundes, Universidade de Pernambuco (roberta.fagundes@upe.br)**

A detecção de anomalias (AD) emerge como uma área crítica em diversos domínios, essencial para identificar comportamentos irregulares ou inesperados em grandes e complexos conjuntos de dados (RUFF, 2021). Com o avanço do aprendizado profundo, modelos como os Autoencoders (AEs) têm demonstrado capacidade na detecção de anomalias, especialmente em dados complexos como imagens e texto, dada sua habilidade de aprender representações eficientes dos dados normais. No entanto, a complexidade inerente a muitas arquiteturas de aprendizado profundo resulta em modelos frequentemente opacos, operando como "caixas-pretas" cujas decisões são difíceis de interpretar ou justificar (Ribeiro *et. al.*, 2022). Essa falta de explicabilidade representa um obstáculo significativo para a adoção generalizada em aplicações sensíveis, como saúde, segurança cibernética e manufatura inteligente, na qual a confiança do usuário e a capacidade de diagnosticar a causa-raiz de uma anomalia são primordiais (RUFF, 2021). A necessidade de entender por que uma anomalia é detectada, e não apenas se ela existe, tem impulsionado a pesquisa na intersecção de AD e XAI. Este trabalho tem como objetivo principal mapear e categorizar sistematicamente as metodologias empregadas na construção de modelos de Autoencoders e nas técnicas de XAI associadas para a detecção de anomalias em uma variedade de domínios de dados. A análise abrangerá diversas arquiteturas de AE, como Autoencoders Variacionais (VAEs), AEs baseados em Redes Recorrentes (LSTM-AEs), AEs Convolucionais (CAEs), e modelos que integram GANs (Generative Adversarial Networks), explorando como estas são combinadas com abordagens de XAI (HOANG, 2022). Serão examinadas técnicas como SHapley Additive exPlanations (SHAP), análise de erro de reconstrução, e o uso de contra-factuais, para compreender os insights explicáveis que fornecem. O mapeamento resultante visa identificar tendências emergentes, lacunas de pesquisa e as melhores práticas na construção de sistemas de detecção de anomalias que não são apenas precisos, mas também transparentes, confiáveis e capazes de suportar a tomada de decisões humanas em cenários críticos. **Objetivo:** Este trabalho visa preencher uma lacuna ao mapear e categorizar as diversas técnicas de Autoencoders utilizadas para detecção de anomalias e as estratégias de XAI empregadas para torná-las explicáveis. O resultado será um guia claro sobre as técnicas, métodos e resultados dessas abordagens em variados domínios e tipos de dados. **Metodologia**: um processo de revisão sistemática da literatura foi executado para alcançar o objetivo. Primeiramente, foi realizada uma seleção e revisão das fontes para identificar artigos que abordam a intersecção de detecção de anomalias e explicabilidade. Em seguida, os estudos relevantes foram categorizados sistematicamente com base em seus domínios de aplicação e nos tipos de dados que processam. Uma análise detalhada e um mapeamento foram conduzidos para cada artigo selecionado, extraindo informações sobre como o problema de anomalia é definido e resolvido, e qual a natureza dos insights explicáveis fornecidos. Finalmente, os resultados seriam comparados e sintetizados para criar um mapeamento abrangente que destacaria as características, os insights e o desempenho das abordagens investigadas, permitindo identificar tendências e lacunas de pesquisa. **Resultados:** Os resultados obtidos na construção do trabalho demonstram que as metodologias baseadas em Autoencoders, frequentemente

combinadas com outras técnicas de aprendizado profundo (como GANs, LSTMs e VAEs), alcançam altas performances na detecção de anomalias em diversos domínios, com métricas como precisão, recall, F1-score e AUC frequentemente superiores ou comparáveis às abordagens de última geração. A integração de técnicas de Inteligência Artificial Explicável (XAI), como SHAP, contra-factuais e análise de resíduos, mostrou-se crucial para aprimorar a interpretabilidade dos modelos, fornecendo insights valiosos sobre a razão pela qual uma anomalia foi detectada, permitindo a identificação de características contribuintes ou causas-raiz e aumentando a confiança dos especialistas no sistema (DEMIRBAGA, 2024). Adicionalmente, em vários casos, observou-se maior robustez, adaptabilidade a mudanças nos dados (via transfer learning ou aprendizado federado) e eficiência computacional, tornando essas abordagens mais práticas para aplicações industriais e do mundo real, como manutenção preditiva, segurança cibernética e monitoramento de saúde.

**Palavras-chave:** *Detecção de Anomalia; Autoenconder; XAI; Aprendizado Profundo.*

**Referências**

DEMIRBAGA, Umit. **Advancing anomaly detection in cloud environments with cutting-edge generative AI for expert systems**. Expert systems, v. 42, n. 2, p. e13722, 2024.

HOANG, Nguyen Xuan et al. **Explainable anomaly detection for industrial control system cybersecurity**. IFAC-PapersOnLine, v. 55, n. 10, p. 1183-1188, 2022.

NOVOA-PARADELA, David; FONTENLA-ROMERO, Oscar; GUIJARRO-BERDIÑAS, Bertha. **Explained anomaly detection in text reviews:** Can subjective scenarios be correctly evaluated?. Engineering Applications of Artificial Intelligence, v. 133, p. 108065, 2024.

RIBEIRO, Diogo et al. **Isolation forests and deep autoencoders for industrial screw tightening anomaly detection**. Computers, v. 11, n. 4, p. 54, 2022.

RUFF, Lukas et al. **A unifying review of deep and shallow anomaly detection**. Proceedings of the IEEE, v. 109, n. 5, p. 756-795, 2021.

# Desenvolvimento de um Chatbot para Apoio à Transformação Digital: Estudo Preliminar do TransforMind

**William Ferreira de Barros, Universidade de Pernambuco (wfb@ecomp.poli.br)**
**Cleyton Mário de Oliveira Rodrigues, Universidade de Pernambuco (cleyton.rodrigues@upe.br)**

**Objetivo do trabalho:** A transformação digital (TD) vem se consolidando como uma prioridade estratégica em diversos setores, especialmente no setor público, exigindo ferramentas que auxiliem o diagnóstico e a orientação de organizações em sua jornada digital. No entanto, a avaliação da maturidade digital ainda é um processo complexo, que envolve múltiplos domínios como cultura, estratégia, tecnologia, pessoas e processos (VIAL, 2019; HENRIETTE *et al.*, 2015). Este trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento e a avaliação preliminar do TransforMind, um chatbot capaz de interagir em linguagem natural com usuários para classificar automaticamente a intenção de perguntas relacionadas à transformação digital. O projeto busca responder questionamentos sobre transformação digital e servir como base para uma análise de maturidade digital. **Metodologia:** O desenvolvimento do TransforMind seguiu uma arquitetura modular composta por interface de entrada em texto ou voz, pré-processamento, classificação por modelo de aprendizado de máquina, geração de resposta e armazenamento das interações. Foi adotada a linguagem Python, com uso das bibliotecas Scikit-learn, Streamlit, Spacy, Transformers, PyTorch e MongoDB Atlas. O modelo de classificação de intenções foi treinado utilizando o algoritmo Random Forest, com base em um dataset manualmente construído contendo perguntas sobre transformação digital e suas respectivas classes semânticas (intents), como cultura, dados, estratégia, maturidade digital, entre outras. A classificação foi realizada a partir da representação vetorial dos textos via TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency), sendo os dados divididos em conjunto de treino e teste. A avaliação do modelo considerou as métricas de acurácia, precisão, recall e F1-score, com visualização dos resultados por matriz de confusão. **Resultados obtidos:** O modelo treinado com Random Forest apresentou o seguinte desempenho na tarefa de classificação de intenções, com acurácia de 85,57%, precisão média ponderada de 82,65%, recall de 85,57% e F1-score de 83,11% sobre um conjunto de teste com 100 perguntas distintas. O relatório de classificação indicou bom desempenho para a maioria das classes com maior representatividade no dataset, como “conceito_td”, “estratégia” e “experiência_cliente”, embora tenha apresentado desempenho limitado em intents com menos exemplos, como “educação”, “riscos” e “mudança”. A matriz de confusão revelou que as principais confusões ocorreram entre intents semanticamente próximas, como “resistência” e “cultura”. A solução demonstrou ser funcional como ferramenta inicial de apoio ao diagnóstico de dúvidas sobre transformação digital. **Conclusões:** Os resultados obtidos indicam que o TransforMind pode ser uma ferramenta para o apoio à educação organizacional e ao diagnóstico preliminar em iniciativas de transformação digital. Tal relevância pode ser interessante em contextos públicos com restrições orçamentárias e de pessoal qualificado, uma vez que a adoção de um chatbot apresenta baixo custo de manutenção, alta escalabilidade e reduz a dependência de especialistas externos, tornando o processo de diagnóstico mais acessível e sustentável. O uso de um chatbot oferece benefícios em termos de escalabilidade, acessibilidade e autonomia de uso, além de permitir o registro contínuo de dúvidas reais para retroalimentar o modelo. Como trabalhos futuros, pretende-se: expandir o dataset com base em documentos técnicos, relatórios e bases públicas; explorar modelos mais robustos baseados em Transformers; disponibilizar o sistema na nuvem; integrar com dashboards administrativos; e incorporar raciocínio automatizado (RAG – Retrieval-Augmented Generation) por meio de ontologias desenvolvidas no escopo do projeto OntoMaturity e OntoMTD. O projeto também servirá como base experimental para o trabalho final de doutorado, voltado à modelagem semântica e inferência inteligente na avaliação de maturidade digital em organizações públicas.

**Palavras-chave:** *Transformação Digital; Chatbot; Maturidade digital*.

**Referências**

HENRIETTE, É.; FEKI, W.; BOUGHZALA, I. The shape of digital transformation: a systematic literature review. In: Mediterranean Conference on Information Systems (MCIS 2015). [S.l.: s.n.], 2015. Disponível em: https://aisel.aisnet.org/mcis2015/10. Acesso em: 12 set. 2025.

VIAL, G. Understanding digital transformation: a review and a research agenda. **The Journal of Strategic Information Systems**, [S.l.], v. 28, n. 2, p. 118–144, 2019. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003.

# Otimização da Alocação de Equipes de Endemias com Inteligência de Enxames: Uma Abordagem Estratégica para Caruaru-PE

**Paulo Henrique Ramos, Universidade de Pernambuco (phr@ecomp.poli.br)**
**Bruno Costa e Silva Nogueira, Universidade Federal de Alagoas (bruno@ic.ufal.br)**
**Rian Gabriel Santos Pinheiro, Universidade Federal de Alagoas (rian@ic.ufal.br)**
**Carmelo Albanez Bastos Filho, Universidade de Pernambuco (carmelo.filho@upe.br)**

Este projeto apresenta o desafio logístico da alocação dos agentes de endemias na cidade de Caruaru-PE, onde a distribuição manual das equipes pelos 44 bairros tem se mostrado ineficiente. Para solucionar esse problema, o mesmo foi modelado como um Problema de Orientação em Equipe (TOP), técnica amplamente discutida por Chao, Golden e Wasil (1996), cujo objetivo é maximizar o impacto na saúde pública através da priorização dos bairros com maior risco. Para isso, foi desenvolvido um Índice de Prioridade Sanitária (IPS) com base em dados de casos de dengue e do Índice LIRAa. A metaheurística Ant Colony Optimization (ACO) foi aplicada para gerar planos semanais de alocação, respeitando o limite de atendimento das equipes, alinhada ao conceito proposto por Dorigo e Gambardella (1997). A solução foi implementada em um *dashboard* interativo que permite a visualização de rotas e indicadores de desempenho e foi comparada com outras abordagens, como *Nearest Neighbor* (NN) e *Simulated Annealing* (SA). Os resultados indicaram que a ACO obteve o melhor desempenho, alcançando um ganho médio de 18,7% no IPS em relação ao NN e 7,5% em relação ao SA, resultados coerentes com os ganhos obtidos em estudos recentes de metaheurísticas para otimização (KHAN; KUMAR; TARIQ, 2022). As rotas geradas apresentaram melhor distribuição da carga de trabalho entre as equipes e maior cobertura dos bairros de maior risco, confirmando achados semelhantes em estudos de roteamento de veículos em saúde pública (SILVA; ANDRADE; LOPES, 2022). A metodologia adotada seguiu quatro etapas principais: A metodologia seguiu quatro etapas principais: (i) modelagem do problema como um Problema de Orientação em Equipe (TOP) (CHAO; GOLDEN; WASIL, 1996); (ii) preparação dos dados com georreferenciamento dos bairros e construção da matriz de distâncias geodésicas; (iii) implementação e comparação de algoritmos de otimização em Python, com destaque para ACO, NN, SA e GA (NGUYEN; LAM; NGUYEN, 2022); (iv) desenvolvimento de um *dashboard* interativo em *Streamlit* para análise visual e ajuste de parâmetros.Nos experimentos, a ACO apresentou o melhor desempenho, obtendo 18,7% de ganho médio no IPS em relação ao NN**,** 7,5% em relação ao SA e 5,1% em relação ao GA, além de gerar rotas com melhor balanceamento entre as equipes e maior cobertura dos bairros de maior risco. Os resultados obtidos indicaram que a metaheurística *Ant Colony Optimization* (ACO) apresentou o melhor desempenho entre os métodos avaliados. Em termos quantitativos, a ACO obteve um ganho médio de 18,7% no Índice de Prioridade Sanitária (IPS) em relação ao *Nearest Neighbo*r (NN)**,** 7,5% em relação ao *Simulated Annealing* (SA) e 5,1% em relação ao *Genetic Algorithm* (GA). Além disso, as soluções geradas apresentaram melhor distribuição da carga de trabalho entre as equipes e maior cobertura dos bairros classificados como de alto risco, garantindo maior efetividade na utilização dos recursos disponíveis. O projeto demonstrou a viabilidade da aplicação de metaheurísticas baseadas em Inteligência de Enxames para otimizar a alocação de agentes de endemias. A metaheurística *Ant Colony Optimization* (ACO) apresentou desempenho superior, com ganho médio de 18,7% no IPS em relação ao NN**,** 7,5% em relação ao SA e 5,1% em relação ao GA, além de melhorar o balanceamento da carga de trabalho entre equipes. Os resultados confirmam que a utilização de Inteligência de Enxames é eficaz para apoiar a tomada de decisão na alocação de agentes de endemias, proporcionando um plano de ação estratégico baseado em dados (DORIGO; GAMBARDDELLA, 1997; KHAN; KUMAR; TARIQ, 2022). Como limitação do trabalho, destaca-se a ausência de validação em campo para medir o impacto real na redução de casos de dengue. Recomenda-se, em

trabalhos futuros, a realização de testes-piloto e a exploração de outras metaheurísticas, como *Particle Swarm Optimization* (PSO)**,** além de variantes híbridas de algoritmos genéticos, para ampliar a robustez da comparação (NGUYEN; LAM; NGUYEN, 2022).

**Palavras-chave:** *Inteligência de Enxames; Otimização por Colônia de Formigas; Problema de Orientação em Equipe; Saúde pública.*

**Referências**

CHAO, I. M.; GOLDEN, B. L.; WASIL, E. A. **The team orienteering problem. *European Journal of Operational Research***, v. 88, n. 3, p. 464-474, 1996.

DORIGO, M.; GAMBARDELLA, L. M. **Ant colony system: a cooperative learning approach to the traveling salesman problem**. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, v. 1, n. 1, p. 53-66, 1997.

KHAN, I.; KUMAR, R.; TARIQ, M. **Swarm intelligence-based metaheuristics for combinatorial optimization: a comprehensive survey.** *Expert Systems with Applications*, v. 199, p. 117160, 2022.

NGUYEN, T. T.; LAM, H. T.; NGUYEN, H. T. **Hybrid metaheuristics for multi-objective team orienteering problem**. *Applied Soft Computing*, v. 118, p. 108570, 2022.

SILVA, F. A.; ANDRADE, T. R.; LOPES, M. S. **Aplicação de metaheurísticas para problemas de roteamento de veículos no contexto da saúde pública**. *Revista Produção Online*, v. 22, p. 1452-1470, 2022.

# Aplicações de Técnicas de Processamento de Linguagem Natural no Contexto das Vacinas: Uma Revisão Integrativa

**Maria Renay Barbosa da Silva, Universidade de Pernambuco (mrbs@ecomp.poli.br)**
**Cleyton Mário de Oliveira Rodrigues, Universidade de Pernambuco (cleyton.rodrigues@upe.br)**

Considerando a relevância das vacinas e da vacinação em âmbito global e nacional, bem como a importância do acesso à imunização e à informação, reconhece-se que as vacinas representam uma das principais estratégias para a prevenção, controle e erradicação de doenças que afetam a humanidade (Gadelha et al., 2020). Diante disso, esta revisão integrativa em desenvolvimento tem como objetivo identificar e mapear as técnicas de processamento de linguagem natural que estão sendo aplicadas no contexto das vacinas. A metodologia segue as etapas definidas para revisões integrativas: formulação da questão de pesquisa, definição de critérios de inclusão e exclusão, busca sistemática nas bases de dados ACM Digital Library, IEEE Digital Library, PubMed, Scopus e Web of Science, categorização dos estudos selecionados, análise crítica dos dados e apresentação dos resultados. Utilizou-se um recorte temporal entre 2019 e 2025, com aplicação de filtros por idioma (português, inglês e espanhol) e estratégias de busca adaptadas a cada idioma. A questão de pesquisa orientadora foi: “Como o processamento de linguagem natural está sendo aplicado na área de vacinas?” Das 884 publicações inicialmente recuperadas, 500 títulos foram analisados. Os resultados parciais indicam uma predominância de estudos desenvolvidos durante a pandemia de COVID-19, com foco no uso de técnicas de aprendizagem de máquina integradas ao processamento de linguagem natural para apoiar ações relacionadas à vacinação. Observa-se, ainda, a utilização de ferramentas computacionais voltadas à análise de sentimentos, extração de informações em redes sociais, mineração de textos científicos e construção de sistemas inteligentes. Conclui-se que a realização desta revisão é necessária para consolidar o conhecimento sobre as práticas computacionais empregadas no campo das vacinas, permitindo a identificação de técnicas, recursos, resultados e desafios enfrentados na aplicação de tecnologias ao domínio da saúde. Nesse sentido, a revisão integrativa mostra-se relevante, uma vez que seus resultados servirão de base para fundamentar as escolhas e aplicações das técnicas de PLN no projeto de pesquisa do doutorado.

**Palavras-chave:** *Processamento de linguagem natural; vacinação; revisão integrativa; saúde digital.*

## Referências

GADELHA, C. A. G. et al. Vacinas e imunização: desafios para o complexo econômico-industrial da saúde. **Cadernos do Desenvolvimento**, v. 15, n. 27, p. 11–34, 2020.

# Modelagem de Emoções Anômalas por Fusão Multicanal com Atenção Cruzada em Ambientes Não Controlados

**Monique Suellen de Lima e Silva Tomaz, Universidade de Pernambuco (mslst@ecomp.poli.br)**
**Bruno José Torres Fernandes, Universidade de Pernambuco (bruno.fernandes@poli.br)**
**Aislan Gabriel Oliveira de Souza, Universidade de Pernambuco (agos@ecomp.poli.br)**
**Kelryson Wendrix Alves de Souza, Universidade de Pernambuco (kwas@ecomp.poli.br)**
**Alessandra Sciutti, Istituto Italiano di Tecnologia (alessandra.sciutti@iit.itr)**

O reconhecimento de emoções anômalas definido como a identificação de estados afetivos que divergem dos padrões emocionais esperados em um contexto situacional específico tem emergido como componente crítico em sistemas inteligentes voltados à interpretação afetiva em ambientes não controlados (Tomaz et al., 2024). Tais anomalias podem manifestar-se como dissonâncias entre expressões faciais e respostas fisiológicas, sinalizando estados emocionais atípicos ou conflitantes. Thinh et al. (2021), já apontavam que aproximadamente 34% das expressões em vídeos naturais não se enquadram em categorias emocionais básicas, e Li et al. (2017) propuseram o conceito de microexpressões compostas, observadas em 18% dos casos analisados em situações de alto estresse emocional. No domínio fisiológico, estudos como os de Poh, McDuff e Picard (2010) e Sun et al. (2020) demonstraram que variações no sinal *remote photoplethysmography* (rPPG), mesmo em condições de baixa iluminação e sem sensores intrusivos, podem revelar alterações afetivas não evidentes na expressão facial, indicando dissociações entre canais visuais e fisiológicos. Essa incongruência intermodal tem sido explorada em trabalhos como os de Jaiswal et al. (2019), que apontam a complementaridade entre sinais periféricos e expressões faciais para detecção de estados emocionais encobertos, especialmente em contextos de dissimulação emocional ou estresse induzido. Esses achados reforçam a necessidade de arquiteturas capazes de modelar tais incongruências. Neste trabalho, propõe-se uma arquitetura de fusão intermodal com atenção cruzada baseada em Transformers (Tsai et al., 2020), que integra microexpressões faciais codificadas por *Long Short-Term Memory* (LSTMs) a partir de pontos dinâmicos extraídos via FaceMesh e sinais rPPG estimados com métodos *Chrominance-based Remote Photoplethysmography* (CHROM) e *Independent Component Analysis* (ICA) (Haan & Jeanne, 2014). Os mapas espectrotemporais extraídos da fisiologia são combinados a *embeddings* temporais da face, permitindo detectar padrões sutis de dissonância afetiva. A modelagem temporal de longo prazo é enfatizada, conforme evidenciado em análises de Kollias et al. (2021), onde arquiteturas sensíveis ao contexto superaram métodos tradicionais. A hipótese central sustenta que a divergência entre modalidades pode ser explorada como marcador robusto para a identificação de emoções emocionalmente incongruentes. Os experimentos conduzidos com a base CMU-MOSEI (Zadeh et al., 2018), reconhecida por sua anotação afetiva multimodal detalhada, evidenciaram que a abordagem proposta supera modelos unimodais e métodos de fusão clássicos (Soleymani et al., 2017). Estes resultados corroboram a aplicabilidade do modelo em ambientes de alto ruído emocional, com potencial impacto em robótica social, triagem psicológica automática e segurança digital. Ao captar padrões intermodais de incongruência afetiva, a arquitetura proposta avança o estado da arte na identificação de variações emocionais sutis em ambientes naturais, incluindo apatia, euforia disfuncional, tristeza intensa e estresse persistente. Tal capacidade confere ao modelo potencial para aplicações estratégicas em triagem psicológica automatizada, robótica social responsiva e plataformas de segurança digital orientadas por estados emocionais.

**Palavras-chave:** *Emoções Anômalas; Fusão Multimodal; Microexpressões Faciais; rPPG; Transformers Temporal.*

**Referências**

HAAN, G.; JEANNE, V. Robust pulse rate from chrominance-based rPPG. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v. 60, n. 10, p. 2878–2886, 2013.

KOLLIAS, D.; ZAFEIRIOU, S. Analysing Affective Behavior in the second ABAW2 Competition, **2021 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision Workshops (ICCVW)**, Montreal, BC, Canada, 2021, pp. 3645-3653.

JAISWAL, A.; VALSTAR, M.; PANTIC, M. Deep learning the dynamic appearance and shape of facial action units. **IEEE Transactions on Affective Computing**, 2019.

LI, X.; HONG, X.; MOILANEN, A.; HUANG, X.; PIETIKÄINEN, M. Towards reading hidden emotions: a comparative study of spontaneous micro-expression spotting and recognition methods. **Neurocomputing**, v. 217, p. 412–421, 2017.

POH, M. Z.; McDUFF, D. J.; PICARD, R. W. Non-contact, automated cardiac pulse measurements using video imaging and blind source separation. **Optics Express**, v. 18, n. 10, p. 10762–10774, 2010.

SOLEYMANI, M.; PANTIC, M.; MICHEL, P.; PUN, T. A multimodal database for affect recognition and implicit tagging. **IEEE Transactions on Affective Computing**, v. 3, n. 1, p. 42–55, 2017.

SUN, Y.; HU, S.; BULTER, D. Remote photoplethysmography with ambient light: characterizing performance via SNR analysis. **Biomedical Optics Express, 2020.**

THINH, P. T. D.; HUNG, H. M.; YANG, H.-J.; KIM, S.-H.; LEE, G.-S. Emotion recognition with sequential multi-task learning technique. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER VISION WORKSHOPS (ICCVW), 2021, Montreal. **Anais [...]** IEEE, 2021. p. 3586–3589.

TOMAZ, M. S. L. S.; FERNANDES, B. J. T.; SCIUTTI, A. Identification of anomalous behavior through the observation of an individual's emotional variation: a systematic review. **IEEE Access**, v. 13, p. 32927–32943, 2025.

ZADEH, A. et al. CMU-MOSEI: multimodal language dataset for sentiment and emotion analysis. In: ANNUAL MEETING OF THE ASSOCIATION FOR COMPUTATIONAL LINGUISTICS, 56., 2018, Melbourne. **Anais [...]**. ACL, 2018.

# Técnicas de Explicabilidade (XAI) Aplicadas em Modelos Automatizados de Correção de Exames Discursivos de Acesso a Instituições de Ensino Público em Angola.

**Joaquim João Nsaku Ventura, Universidade de Pernambuco (jjnv@ecomp.poli.br)**
**Cleyton Mário de Oliveira Rodrigues, Universidade de Pernambuco (cleyton.rodrigues@upe.br)**

Com o avanço das tecnologias de Processamento de Linguagem Natural (PLN) e de Inteligência Artificial (IA), particularmente dos modelos de aprendizado profundo, ferramentas automatizadas de correção de respostas discursivas têm ganhado relevância no cenário educacional mundial. Essas ferramentas buscam otimizar o processo avaliativo, promovendo maior consistência, economia de tempo e possibilidade de *feedback* pedagógico (BURROWS; GUREVYCH; STEIN, 2015). Uma das principais áreas de aplicação é a correção automatizada de respostas curtas, conhecida como *Automatic Short Answer Grading* (ASAG), que tem como objetivo atribuir notas a respostas abertas com base na similaridade semântica entre a resposta do estudante e uma ou mais respostas de referência fornecidas pelo professor (MOHLER et al., 2011). Inicialmente baseadas em métodos clássicos de extração de características linguísticas e medidas de similaridade textual, como TF-IDF e *Embeddings*, as abordagens contemporâneas têm se beneficiado do uso de modelos linguísticos pré-treinados, como BERT e *RoBERTa*, que possibilitam uma representação contextualizada e mais precisa do conteúdo semântico dos textos (DEVLIN et al., 2019; LIU et al., 2019), fazer exploração de LLMs como GPT-4 com diferentes estratégias de prompt para identificar e pontuar adequadamente esses tipos de respostas adversariais e também o uso de *Ensemble* (YARMOHAMMADTOOSKY et al., 2025). Além de promover melhorias na acurácia da avaliação, essas abordagens abrem espaço para a incorporação de técnicas de explicabilidade, fundamentais para aumentar a transparência, confiabilidade e aceitação dos sistemas automatizados de correção em contextos educacionais sensíveis (GALHARDI; MENDES, 2022; LUNDY; ZHOU, 2021). No entanto, a falta de transparência quanto aos critérios utilizados por esses sistemas compromete a confiança e a aceitabilidade dos resultados, sobretudo em processos sensíveis como os exames de acesso ao ensino público. Este trabalho, ainda em desenvolvimento, tem como objetivo propor modelos baseados em técnicas de Inteligência Artificial Explicável (XAI) que permitam justificar de forma clara e interpretável as notas atribuídas a respostas discursivas, oferecendo feedback pedagógico aos estudantes angolanos. A metodologia adotada prevê a realização de uma revisão sistemática da literatura, fundamentada nas diretrizes PRISMA 2020 (Page et al., 2021), com o intuito de identificar os métodos e técnicas mais utilizados na explicação de decisões automatizadas em sistemas de avaliação de texto. Posteriormente, serão implementados modelos baseados em redes neurais pré-treinadas, como BERT, T5, SBERT e *RoBERTa*, integrados a mecanismos explicáveis como LIME e SHAP, adaptados ao contexto da língua portuguesa e à realidade educacional angolana. Como resultado preliminar, observa-se a viabilidade da construção de modelos capazes de destacar trechos relevantes da resposta que influenciaram a nota, promovendo maior transparência e contribuindo para a equidade do processo avaliativo. Conclui-se que a aplicação de técnicas de XAI na correção automatizada de exames discursivos representa um avanço relevante no fortalecimento da justiça educacional e da confiança nas tecnologias de avaliação.

**Palavras-chave:** *Explainable Artificial Intelligence; Natural Language Processing; Automated Short Answer Grading; Educational Assessment.*

**Referências**

BURROWS, S.; GUREVYCH, I.; STEIN, B. **The eras and trends of automatic short answer grading**. International Journal of Artificial Intelligence in Education, v. 25, n. 1, p. 60-117, 2015.

DEVLIN, J. et al. BERT: **Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding**. In: Proceedings of NAACL-HLT, Minneapolis, 2019. p. 4171–4186.

GALHARDI, R. M.; MENDES, E. L. **Aplicação de modelos de linguagem para avaliação automática de respostas discursivas**. Revista Brasileira de Informática na Educação, v. 30, n. 1, p. 179-199, 2022.

LIANG, P. et al. **Neuro-symbolic AI**: the road ahead. Communications of the ACM, v.66, n.2, p. 36-45, 2023.

LIU, Y. et al. **RoBERTa**: A Robustly Optimized BERT Pretraining Approach. arXiv preprint, arXiv:1907.11692, 2019.

LUNDY, J.; ZHOU, W. **Explainability in educational AI**: A review of emerging research trends. British Journal of Educational Technology, v. 52, n. 5, p. 1987–2005, 2021.

MOHLER, M. et al. **Semantic textual similarity for automatic short answer grading**. Computers & Education, v. 68, p. 183-193, 2013.

PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 **statement**: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, v. 372, n. 71, p. 1-9, 2021.

YARMOHAMMADTOOSKY, Sahar; ZHOU, Yiyun; YANEVA, Victoria; BALDWIN, Peter; REZAYI, Saed; CLAUSER, Brian; HARIK, Polina. **Enhancing Security and Strengthening Defenses in Automated Short-Answer Grading Systems**. In: INNOVATIVE USE OF NLP FOR BUILDING EDUCATIONAL APPLICATIONS (BEA 2025), ACL WORKSHOP, 20., 2025, Bangkok. Proceedings [...]. Stroudsburg, PA: Association for Computational Linguistics, 2025. p. 701-715. Disponível em: https://aclanthology.org/2025.bea-1.60/.

# Desenvolvimento de um protótipo de Comunicação Aumentativa Alternativa para crianças com Transtorno do Espectro Autista

**Ana Carolina Candido de Melo, Universidade de Pernambuco (accm@ecomp.poli.br)**
**Wylliams Barbosa Santos, Universidade de Pernambuco (wbs@upe.br)**
**Roberta A. de A. Fagundes, Universidade de Pernambuco (roberta.fagundes@upe.br)**

O termo conhecido como Dívida Técnica (DT) é uma metáfora apresentada por (cunningham, 1992) para explicar o esforço ou custos adicionais de se utilizar soluções alternativas para alcançar os objetivos de curto prazo, muitas vezes, sem considerar a possibilidade de impactar negativamente o software a longo prazo. Semelhante a dívida financeira, DT pode ser acumulada ao longo do tempo e gerar "juros" na forma de custos adicionais de manutenção e retrabalho. Para manter a DT sob controle, os profissionais podem adotar diferentes estratégias e aplicar frameworks desenvolvidos para esse fim. Estes recursos apoiam as diferentes atividades de gestão de DT, que segundo (Li; Avgeriou; Liang, 2015), vão desde a identificação de um item, até a sua correção. No entanto, as estratégias que auxiliam na gestão de DT, em sua maioria, são realizadas de forma manual, o que se torna um desafio para a indústria, levando em consideração que grande parte dos processos são automatizados devido à agilidade e ao tempo de implementação (melo et al., 2022). Dessa forma, identificar uma DT manualmente, por exemplo, torna-se uma atividade enviesada e custosa, uma vez que depende fortemente do julgamento de especialistas. De forma a reduzir essa subjetividade, pesquisadores estão construindo soluções que melhorem a gestão de DT baseando-se na aplicação de algoritmos de Machine Learning (ML). No entanto, a quantidade de estudos que propõem recursos desenvolvidos a partir desses algoritmos, torna-se limitada e preliminar (Tsintzira et al., 2020). Neste sentido, este trabalho tem como objetivo propor a construção de uma infraestrutura que auxilie na aplicação de técnicas de ML no gerenciamento de DT, visando a correção automatizada desses itens. Inicialmente, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) a fim de identificar evidências relacionadas a utilização de técnicas de ML na gestão de DT (Kitchenham; Charters, 2007). Baseando-se nos resultados da RSL, foi possível perceber uma limitação de trabalhos que propõem ferramentas que possam automatizar o gerenciamento de DT, bem como a ausência de discussões sobre os requisitos essenciais para que esses recursos proporcionem uma gestão eficaz. Dessa forma, como segunda atividade conduzida neste projeto de doutorado, desenvolveu-se um benchmark com o objetivo de identificar e comparar características de ferramentas que possam auxiliar a automatizar a gestão de DT, as quais possam ser utilizadas por profissionais no desenvolvimento de software. Nesta pesquisa, o benchmark foi utilizado como uma metodologia de avaliação qualitativa, possibilitando analisar as ferramentas de gestão de DT e, foi executado em três etapas: Planejamento, Execução e Análise (Perin; Silva; Valentim, 2021). Na primeira etapa, as ferramentas foram selecionadas com base nos resultados da RSL conduzida anteriormente. Na sequência, as características analisadas nas ferramentas foram definidas. Estas particularidades foram escolhidas porque observou-se uma ausência desse tipo de análise na literatura, além de serem características que irão auxiliar na escolha de ferramentas ao problema abordado, sendo elas (i) Se as ferramentas possuem funcionalidades que facilitam a execução de uma ou mais etapas do processo de gestão de DT; (ii) Se as ferramentas são utilizadas de maneira específica no âmbito de DT ou contribuem para a gestão de tarefas de forma abrangente; (iii) Facilidade de uso na utilização e realização das tarefas; (iv) Se impactam positivamente na produtividade do projeto; (v) Se as ferramentas foram desenvolvidas utilizando inteligência artificial, ou especificamente ML. Na etapa de análise, seis ferramentas foram avaliadas em relação às características supracitadas. Vale ressaltar que, nem todas são utilizadas especificamente para gerenciar DT, mas no controle de tarefas durante o desenvolvimento de um projeto. Sendo elas: (i) Jenkins: servidor de automação de código aberto utilizado para processos de integração e entrega contínua; (ii) SonarQube:

ferramenta de análise estática para manutenção de código-fonte; (iii) Jira: ferramenta popular de gerenciamento de projetos. Embora não seja uma ferramenta específica para lidar com qualidade de código ou DT, ele oferece integrações que podem ajudar nessas áreas. Por exemplo, é possível criar um campo personalizado para acompanhar uma DT; (iv) FindBugs: analisador de código estático que detecta possíveis bugs e problemas de qualidade no código em projetos Java, incluindo DT; (v) Tracy-TD: ferramenta que considera a perspectiva do negócio para priorizar DT; e (vi) CodeScene: ferramenta de análise do comportamento do código, que combina dados de controle de versão com algoritmos de ML para identificar padrões sociais e riscos ocultos na base de código. Apenas duas das seis ferramentas foram desenvolvidas com a aplicação de ML. O Jira utiliza ML em aspectos para aprimorar a eficiência no gerenciamento de projetos, automatizar tarefas e auxiliar na tomada de decisões. Dentre alguns exemplos de como ML é utilizado no Jira, pode-se citar a análise de dados históricos de issues e do comportamento dos usuários, com isso, ajuda a prever quanto tempo levará para resolver um novo issue, auxiliando na priorização de tarefas. O CodeScene utiliza diferentes algoritmos de ML para analisar o código-fonte do projeto e fornecer insights para os desenvolvedores sobre possíveis problemas de qualidade. Dentre as técnicas de ML, pode-se incluir: modelos de aprendizado supervisionado para identificar anomalias no código e Natural Processing Language para analisar comentários, documentação e outros textos associados ao código. As análises revelaram que as ferramentas atuais não são abrangentes o suficiente. Dessa forma, torna-se imperativo o desenvolvimento de uma ferramenta mais robusta, capaz de atender aos critérios estabelecidos, visando simplificar e tornar mais prático o processo de gestão de DT. Este estudo encontra-se atualmente em andamento, os resultados são preliminares, mas está em evolução. O escopo futuro incluirá uma expansão das análises da RSL e do benchmarking, explorando a eficácia e limitações das ferramentas identificadas. Bem como, que estudos empíricos sejam realizados de forma a avaliar em projetos reais a eficácia das ferramentas, especialmente no uso de algoritmos de ML. Ao final, espera-se apresentar à academia-indústria um corpo de conhecimento avaliado sobre recursos que possam automatizar a gestão de dívida técnica.

**Palavras-chave:** *Dívida Técnica; Machine Learning; Benchmarking; Ferramentas.*

**Referências**

CUNNINGHAM, Ward. The WyCash portfolio management system. **ACM Sigplan Oops Messenger**, v. 4, n. 2, p. 29-30, 1992.

LI, Zengyang; AVGERIOU, Paris; LIANG, Peng. A systematic mapping study on technical debt and its management. **Journal of systems and software**, v. 101, p. 193-220, 2015.

MELO, Ana et al. Identification and measurement of requirements technical debt in software development: A systematic literature review. 2022.

TSINTZIRA, Angeliki-Agathi et al. Applying machine learning in technical debt management: Future opportunities and challenges. In: **International Conference on the Quality of Information and Communications Technology**. Springer, Cham, 2020. p. 53-67.

KITCHENHAM, Barbara et al. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. 2007.

PERIN, Ana Paula Juliana; SILVA, Deivid Eive; VALENTIM, Natasha Malveira C. Um benchmark de ferramentas de programação em blocos que podem ser utilizadas nas salas de aula do Ensino Médio. In: **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)**. SBC, 2021. p. 1162-1173.

# ENGENHARIA ELÉTRICA/ ELETRÔNICA/ DE TELECOMUNICAÇÕES

# Semana Carranca: Fortalecendo a Educação Prática em Engenharia e Robótica

**Giselle Carneiro Lira, Universidade de Pernambuco (gcl1@poli.br)**
**Emmanuel Andrade de Barros Santos, Universidade de Pernambuco (emmanuel.andrade@poli.br)**
**Gabriella Toscano De Morais Menezes, Universidade de Pernambuco (gtmm@poli.br)**
**Raylane Luizi Macêdo de Souza, Universidade de Pernambuco (rlms@poli.br)**

Um dos maiores desafios enfrentados pelas instituições de ensino superior no Brasil é a evasão. Segundo estudo do Mapa do Ensino Superior no Brasil 2024, o índice de evasão no ensino superior chega a 57,2% (Giusti, 2024). Dentre os estudantes de engenharia, um dos principais motivos citados para a desistência ainda no ciclo básico é a falta de integração entre os conhecimentos teóricos e práticos, causando desinteresse e frustração nos calouros (UFPE, 2020). Diante deste cenário, iniciativas como a Semana Carranca surgem com o objetivo de conectar os conhecimentos acadêmicos e as expectativas práticas, incentivando os estudantes a chegarem ao final dos cursos. Este artigo visa enfatizar a importância destas ações para o desenvolvimento técnico dos discentes, permanência acadêmica e motivação para o aprofundamento na área de formação. O presente artigo foi elaborado por meio de pesquisa qualitativa de natureza exploratória, combinada à análise de vivências práticas relacionadas ao tema. Para sua construção, foram utilizados dados estatísticos, pesquisas de satisfação e textos opinativos. Estudos baseados no Censo da Educação Superior do INEP, como o de Bernardo, indicam que a evasão tem maior incidência no primeiro ano (Bernardo, 2017). Esta evasão envolve fatores acadêmicos, financeiros e institucionais, para a engenharia, podem ser destacados, desencanto com a profissão, dificuldades acadêmicas e desmotivação (LOBO, 2024). A análise dos dados dos últimos anos atesta um constante aumento de interesse e de inscritos nos cursos ofertados durante o evento Semana Carranca. Em 2017.1, foram registrados 61 inscritos; em 2017.2, 31 inscritos; em 2019, 84 inscritos; e, no ano em curso (2025), 135 inscritos. “No geral fiquei muito satisfeito com os instrutores, foram muito prestativos! A Semana Carranca contribuiu bastante para o meu aprendizado e para despertar interesse em me aprofundar na área de eletrônica, tanto é que comecei a fazer um curso técnico de Eletrônica algumas semanas depois.”, afirmou um dos alunos da oficina de soldagem eletrônica. Relatos como esse atestam a importância de cursos que oferecem experiências práticas, tais como os cursos promovidos durante a Semana Carranca, que viabilizam a aprendizagem por meio de projetos que envolvem demandas reais dentro da engenharia. O artigo de Cirilo, Silva e Leão (CIRILO, 2025) realça a necessidade de que futuros profissionais de engenharia sejam capacitados a elaborar e executar projetos práticos ao longo de sua formação acadêmica, aprimorando, assim, as competências técnicas e comportamentais para o exercício da profissão. A aprendizagem baseada em projetos promove não apenas a assimilação teórica, mas também o desenvolvimento de habilidades práticas e de resolução de problemas, elementos cruciais para a atuação profissional na área de engenharia. A partir do estudo das informações coletadas, compreende-se que atividades como a semana carranca contribuem positivamente tanto para redução da evasão dos cursos quanto para o incentivo de interesse dos discentes em novas técnicas e inovações. Os cursos ministrados por outros discentes da POLI permitem que os calouros não só adquiram autonomia técnica como relações interpessoais tão importantes para o futuro no mercado de trabalho.

**Palavras-chave:** *Engenharia; Motivação; Habilidade; Prática.*

**Referências**

LOBO, Roberto. **A grande evasão nos cursos superiores: o exemplo da engenharia civil**. Estadão, São Paulo, 23 jan. 2024. Disponível em: https://www.estadao.com.br/educacao/roberto-lobo/a-grande-evasao-nos-cursos-superiores-o-exemplo-da-engenharia-civil/. Acesso em: 21 jul. 2025.

BERNARDO, Arnaldo. **Evasão no ensino superior: fatores associados e medidas preventivas**. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira INEP, 2017. Disponível em:https://download.inep.gov.br/publicacoes/institucionais/estatisticas_e_indicadores/estudos_evasao_ensino_superior.pdf. Acesso em: 21 jul. 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO. **Relatório da pesquisa sobre as causas da evasão de alunos nos cursos da graduação da UFPE**. Recife, 21 dez. 2020. Disponível em: https://www.ufpe.br/documents/3076814/4010731/RELATORIO+evadidos+21_12_2020.pdf/2367b6bc-068d-4066-8403-e45b865c9c0e. Acesso em: 21 jul. 2025.

GIUSTI, Júlia. **Ensino superior no Brasil tem 57% de evasão na rede pública e privada**. Correio Braziliense. Brasília, 08 maio 2024.Disponível em: https://www.correiobraziliense.com.br/euestudante/ensino-superior/2024/05/6852929-ensino-superior-no-brasil-tem-57-de-evasao-na-rede-publica-e-privada.html. Acesso em: 21 jul. 2025.

CIRILO, Rodrigo Paiva; SILVA, Ivoneide Mendes; LEÃO, Marcelo Brito Carneiro. **Ensinando em engenharia: a aprendizagem baseada em projetos dinamizada pela integração entre as áreas STEM**. Revista Tecnologia e Sociedade, Curitiba, v. 21, n. 63, p. 142-164, jan./mar. 2025. Disponível em: https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/19004. Acesso em: 21 jul. 2025.

# Monitoramento da Pressão do Freio em Veículos do Tipo Mini Baja

**João Pedro de Melo Silva, Universidade de Pernambuco (jpms@poli.br)**
**Rogério Pontes de Araújo, Universidade de Pernambuco (rogeriopontes@poli.br)**

O sistema de freios de um veículo é indispensável, pois é uma contramedida para incidentes e garante o controle em sua condução. Ademais, quando se trata de competições Baja SAE, é fundamental que os projetos, desenvolvidos pelos estudantes, priorizem a segurança e facilidade de manutenção. Tendo isso em vista, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um protótipo para o monitoramento independente da pressão nas duas linhas de freio, traseira e dianteira, de um veículo Baja. Os objetivos são garantir a segurança, facilitar a manutenção, identificar falhas durante a instalação do sistema, obter dados em testes de campo e ser capaz de medir na faixa de 10 MPa, comum para freios automotivos (Fox, 2014). A pesquisa envolveu o estudo de um sensor de pressão adequado, sua calibração em testes de bancada, o desenvolvimento de um programa no microcontrolador, o projeto dos circuitos e a implementação do sistema no veículo para realização de testes de campo. Foi escolhido o transdutor de pressão Bosch 0281 002 930, por ser capaz de suportar vibração, impactos, água e poeira, enfrentados em competições de Baja. Além de ser destinado a altos níveis de pressão, é um sensor utilizado para medir a pressão do Rail em veículos a diesel e possui três pinos: dois para alimentação e um para a saída de sinal analógico. Para cada uma das duas linhas de freio, foi instalada uma cruzeta para acoplar o sensor na posição vertical para cima, evitando falhas de medição (Çengel, 2018). A mudança de pressão interna na linha promove uma deformação no diafragma interno do transdutor, que converte em um nível de tensão diretamente proporcional no pino de saída. Para a calibração, foi montada uma linha de freio com um sensor e um manômetro analógico. Após pressurizar a linha, foram registradas as medições de pressão no manômetro, com valores de 0, 200, 300, 400, 500 e 600 PSI (1,38 a 4,14 MPa), e os valores de saída correspondentes em mV no sensor, aferidos pelo microcontrolador. Para cada valor de pressão, foram realizadas cerca de 30 medições. As leituras de tensão que fugiram da margem de sua média mais duas vezes o desvio padrão foram descartadas para garantir maior confiabilidade aos dados. Em seguida, para calcular os Valores Verdadeiros Convencionais (VVC) de tensão de saída em cada nível de pressão, aplicou-se a distribuição t-Student, uma vez que as amostras resultantes eram em quantidades menores que 30 (Morris, 2021). A partir da ficha técnica do sensor (Bosch, 2023), sua curva característica possui uma linearização de tensão por pressão com sensibilidade de 20,00 mV/Mpa e off-set (desvio de zero) de 500,00 mV. Com os valores e VVC, as constantes da curva característica foram ajustadas para a sensibilidade de 21,06 mV/MPa e desvio de zero de 517,38 mV. Essa correção visou eliminar erros inerentes ao sistema, resultando em uma equação de conversão linear com coeficiente angular de 0,047 MPa/mV e coeficiente linear de 24,57 MPa. Essa equação foi então implementada no microcontrolador para converter a leitura de tensão no sensor e exibir em valores de pressão em MPa. Os erros relativos entre as medições do manômetro e as conversões do microcontrolador, para os valores de pressão registrados, foram inferiores a 2,95%. A leitura da saída do sinal do sensor é realizada por um Arduino Uno (Monk, 2016), um microcontrolador baseado no ATmega328P, que já é utilizado no veículo da equipe para outras finalidades, por esse motivo foi escolhido. A fim de aumentar a resolução, foi utilizado a tensão de referência interna de 1,1 V para leitura da porta analógica, possibilitando uma precisão de 0,044 MPa e valor máximo de 21,188 MPa, mais do que o dobro previsto para sistemas de freio automotivos. Para exibição foi utilizado dois circuitos integrados *shift registers* (registradores de deslocamento) (Idoeta, 2008) que, associados a

dois displays de 7 segmentos, que possuem melhor visibilidade em ambientes abertos e são mais resistentes quando comparados ao display LCD, exibem a pressão das linhas dianteira e traseira. A alimentação de todo o sistema é através de uma bateria selada de 12 V, permitida para competições Baja, além disso tem-se um circuito estabilizador de tensão para a alimentação do sensor, com o CI regulador de tensão LM7805. Visando facilitar a manutenção em caso de falhas, os circuitos de controle e exibição foram confeccionados em placas de circuito impresso separadas, os cabos foram trançados para aumentar a resistência mecânica e foram utilizados conectores automotivos selados. Por fim, o protótipo foi implementado no veículo, auxiliando a equipe na sangria das linhas, facilitando a identificação de falhas causadas por perda de pressão em vazamentos. O sistema mostrou-se eficaz, resistente às condições de competição e capaz de medir, de forma independente em cada linha de freio, garantido a segurança de uma frenagem eficaz antes do piloto realizar testes dinâmicos. Em testes de campo, o sistema validou o cálculo teórico de 7 MPa por linha, necessário para o travamento das quatro rodas em casos de frenagens abruptas, conforme previsto pela equipe.

**Palavras-chave:** *sensores de pressão; freios; manômetro; microcontroladores.*

**Referências**

FOX, Robert W.; McDONALD, Alan T.; PRITCHARD, Philip J.; LEYLEGIAN, John C. **Introdução à mecânica dos fluidos**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

ÇENGEL, Yunus A.; CIMBALA, John M. **Mecânica dos fluidos**: Fundamentos e Aplicações. 4. ed. Porto Alegre: AMGH, 2018.

MORRIS, Alan S.; LANGARI, Reza. **Measurement and instrumentation**: theory and application. 3. ed. Londres: Academic Press, 2021.

BOSCH. **Sensors i-Business**: Catálogo de sensores. 20 set. 2023. Disponível em: https://www.bosch-ibusiness.com/media/images/products/sensors/xx_pdfs_1/sensors_i-business_20-09-2023.pdf #page=64. Acesso em: 4 jul. 2025.

MONK, Simon. **Programming Arduino**: Getting Started with Sketches. 2 ed. Nova York: McGrawHill Education, 2016.

IDOETA, Ivan; CAPUANO, Francisco. **Elementos de Eletrônica Digital**. 40 ed. São Paulo: Érica Ltda, 2008.

# Proposta de retrofit das instalações elétricas de uma edificação histórica

**João Pedro do Rego Barros Lopes Vera, Universidade de Pernambuco (jprblv@poli.br)**
**Cláudio Pereira da Costa, Universidade de Pernambuco (claudio.pcosta@upe.br)**
**Gabriel Melo de Araújo, Universidade de Pernambuco (gma1@poli.br)**
**Maiara Silva dos Santos, Universidade de Pernambuco (mss12@poli.br)**
**Moises Tomas de Aquino Braga, Universidade de Pernambuco (mtab@poli.br)**

Neste resumo é apresentado uma proposta de retrofit nas instalações elétricas de baixa tensão de uma edificação histórica existente (bloco A) na Escola Politécnica de Pernambuco (POLI), localizada no campus Benfica, da Universidade de Pernambuco (UPE). Essa ação extensionista encontra-se cadastrada como um dos projetos de um programa de extensão (PG-26) aprovado no edital PFA 01/2024, cujo objetivo é certificar se as instalações elétricas existentes em edificações da POLI atendem às normas técnicas em vigência (SANTOS, 2019; HASSELMANN, e NORAT, 2023; DE LIMA, LAGO, CRUZ, e MORAES, 2025). A metodologia empregada neste trabalho foi o PDCA (*Plan, Do, Check, Act,* ou em português, Planejar, Executar, Verificar e Agir), utilizado como trilha metodológica capaz de promover uma sistematização das informações coletadas em prol da identificação de não conformidades, como também a propositura de adequações necessárias para a redução do consumo de energia e melhor conforto térmico aos usuários. Reuniões de estudo em grupo foram inicialmente realizadas seguidas de visitas técnicas a edificação de interesse, onde foram coletadas informações para a análise prévia das instalações existentes. Os dados obtidos foram inseridos em plantas baixas da edificação, possibilitando uma padronização das informações em documento único. Posteriormente, novas reuniões de grupo foram realizadas para analisar o layout obtido em comparação às normas técnicas vigentes. Nessa etapa foram identificadas a inexistência de documentação técnica das instalações elétricas no local (planta baixa original, memorial descritivo, diagramas unifilares e trifilares), tomadas de uso geral e/ou específico instaladas em alturas diferentes das recomendadas por norma, falta de identificação dos circuitos nas tomadas e quadros além da falta de sinalização de segurança nos quadros. Também cabe destacar que não existe no bloco A informes orientativos que mobilizem os ocupantes para um consumo racional de energia. Diante disso, será necessário implementar adequações que assegurem a conformidade com a norma, promovendo maior segurança, organização e eficiência no sistema elétrico da edificação. Neste sentido, é importante observar que iniciativas de retrofit em edificações históricas devem considerar não apenas os aspectos técnicos e energéticos, mas também a articulação com estratégias educativas e de preservação do patrimônio, conforme discutido por Carvalho, Cunha e Oliveira (2020), ao abordarem a necessidade de integração entre eficiência energética e valorização histórica no ambiente construído (CARVALHO, CUNHA e OLIVEIRA, 2020). Como proposta de adequação e atualização do bloco A estão sendo organizados os seguintes documentos como resultados das investigações realizadas: uma planta baixa atualizada do sistema de tomadas, interruptores, quadros e sistema de iluminação. Essa planta apresentará o layout a ser usado para identificação dos circuitos, seções e quadros na edificação, levando em consideração também a segurança, bem como em conformidade às normas técnicas em vigência da ABNT.

**Palavras-chave:** *Eficiência energética; retrofit; instalações elétricas; prédio histórico.*

**Referências**

CARVALHO, Amanda Rosa de; CUNHA, Eduardo Grala da; OLIVEIRA, Ana Lúcia Costa de. Discussão sobre retrofit energético em edificações históricas: um olhar sobre a perspectiva energética e de preservação do patrimônio histórico. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, n. 10, p. 59–67, dez. 2020.

DE LIMA, P.; LAGO, E.; CRUZ, F.; MORAES, V. Aplicação Simplificada do Método ARICA na Análise de Prevenção e Combate a Incêndios em Centros Históricos: Estudo de Caso no Pátio de São Pedro, Recife. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 10, n. 2, p. 67-83, 3 maio de 2025.

HASSELMANN, Eliza; NORAT, Roseane. Inspeção predial como instrumento de prevenção de sinistros em edificações históricas. **Revista CPC**, 2023, 18.36: 187-209. DOI: https://revistas.usp.br/cpc/article/view/212440. Acesso em: 19 jul. de 2025.

SANTOS, Leonardo de Souza. Retrofit de edificações: uma visão da gestão da qualidade, dos prazos e dos custos. In: DIAS, J. M.; AMORIM, M. R.; ARAÚJO, R. C. M. (org.). Retrofit de edificações: uma visão da gestão. João Pessoa: Editora da Universidade Federal da Paraíba, 2019. cap. 2, p. 23–35.

# Introdução à Engenharia no Ensino Básico: Uma abordagem STEM Utilizando Energias Renováveis

**Sara Barbosa Cortez, Universidade de Pernambuco (sbc1@poli.br)**
**Maria de Lourdes Melo Guedes Alcoforado, Universidade de Pernambuco (mlmga@poli.br)**

Este artigo explora a importância do ensino de Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM) para o desenvolvimento social e econômico, destacando a necessidade de formação de profissionais capazes de enfrentar os desafios globais. O projeto descrito propõe uma abordagem prática e interativa para engajar estudantes (Ortiz-Revilla; Adúriz-Bravo; Greca, 2020) do Ensino Básico em temas de sustentabilidade e energias renováveis, utilizando como ferramenta principal um aplicativo em forma de puzzle educativo. Embora o trabalho tenha como protagonistas professoras e alunas de engenharia, com o objetivo de atrair mais mulheres para a área (Alcoforado; França; Correia, 2022), a proposta pode ser utilizada por ambos os gêneros, fortalecendo a diversidade e a representatividade. A presença feminina contribui para ampliar perspectivas, gerar soluções mais criativas e reduzir desigualdades históricas nessas áreas (UNESCO, 2018). O aplicativo promove a assimilação de conceitos fundamentais sobre energia limpa e sustentabilidade. Com base na BNCC (Brasil, 2017), a metodologia aplicada propõe um ensino ativo e multidisciplinar, no qual o aprendizado ocorre por meio da resolução de enigmas, fases e jogos que tratam diretamente de temas como energia solar, eólica, hídrica e biomassa. A gamificação torna o processo mais acessível (Baptista; Santos, 2018; Kapp, 2012) e envolvente, além de desenvolver habilidades de lógica, raciocínio matemático e resolução de problemas, com forte apelo visual e linguagem acessível. A utilização do aplicativo “Conecta Energia” em oficinas presenciais permite que os(as) estudantes explorem os conceitos técnicos e ambientais relacionados às energias renováveis de forma autônoma, criativa e colaborativa. Durante a oficina, os(as) participantes serão incentivados a completar os desafios do jogo, discutir as soluções em grupo e relacionar os conhecimentos adquiridos com situações reais do cotidiano. O aplicativo apresenta um formato de quiz/puzzle com foco em energias renováveis, propondo perguntas e desafios que ajudam os(as) estudantes a fixar conhecimentos sobre fontes limpas como energia solar, eólica, hídrica e biomassa. A interface é amigável, colorida e intuitiva, com imagens ilustrativas em estilo cartoon que tornam o conteúdo mais atraente para o público jovem. Além disso, o jogo é dividido por níveis, promovendo progressão no aprendizado à medida que o(a) usuário(a) responde corretamente. A proposta lúdica, aliada à intencionalidade pedagógica, permite que os(as) estudantes aprendam de forma ativa e divertida, fortalecendo o raciocínio lógico, a tomada de decisão e a consciência ambiental. O desenvolvimento com Python (Zelle, 2017) e Tkinter também possibilita criar ferramentas educacionais acessíveis, leves e compatíveis com sistemas Windows, podendo ser executadas em formato .exe nas oficinas sem necessidade de conexão à internet. Este projeto também possibilitará destacar o protagonismo feminino em todas as suas etapas: concebido, programado e apresentado por mulheres da engenharia, reforçando o valor da representatividade. O ambiente de aprendizagem é cuidadosamente preparado para promover o acolhimento e a identificação dos(as) estudantes com o universo científico e tecnológico. A culminância da atividade ocorre com a aplicação de um questionário avaliativo, permitindo medir os conhecimentos adquiridos, o engajamento dos(as) participantes e os pontos de melhoria. Os dados a serem coletados são essenciais para o aprimoramento do aplicativo e das oficinas, mantendo o foco em enriquecer a formação dos(as) estudantes e estimular sua aproximação com as áreas de STEM. A iniciativa visa consolidar uma base sólida de conhecimento técnico-científico nas estudantes, incentivando vocações para carreiras na engenharia, ciência e tecnologia. Além disso, ao promover ativamente a inclusão de meninas no universo STEM, o projeto contribui para uma sociedade mais equitativa,

inovadora e sustentável.

**Palavras-chave:** *STEM; Energias Renováveis; Gamificação; Ensino Médio*.

**Referências**

ALCOFORADO, Maria de Lourdes Melo Guedes; FRANÇA, Maria Bernadete de Morais; CORREIA, Suzete Élida Nóbrega. Mulheres em STEM: uma iniciativa em tempos de pandemia de COVID-19. **Revista Principia**, v. 59, n. 1, p. 247-256, 2022.

ORTIZ-REVILLA, Jairo; ADÚRIZ-BRAVO, Agustín; GRECA, Ileana M. A framework for epistemological discussion on integrated STEM education. **Science & Education**, v. 29, n. 4, p. 857-880, 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA. **Decifrar o código:** educação de meninas e mulheres em ciências, tecnologia, engenharia e matemática (STEM). Brasília: UNESCO, 2018. Disponível em: www.unesco.org/ark:/48223/pf0000264691. Acesso em: 25 out. 2023.

BAPTISTA, Cláudia Regina; SANTOS, Edméa Oliveira. Gamificação e aprendizagem: desafios e possibilidades. **Revista e-Curriculum**, São Paulo, v. 16, n. 4, p. 1671-1692, 2018.

RAABE, Andreas; SANTOS, Vera Dantas dos. **Jogos digitais na educação:** fundamentos e práticas para a formação docente. Porto Alegre: Penso, 2021.

KAPP, Karl M. **The gamification of learning and instruction**: game-based methods and strategies for training and education. San Francisco: Pfeiffer, 2012.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC).** Brasília: MEC, 2017. Disponível em: www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/noticias/bncc. Acesso em: 2 dez. 2023.

ZELLE, John M. **Python programming:** an introduction to computer science. 3. ed. Franklin: Beedle & Associates Inc., 2017.

MORAN, José Manuel; MASETTO, Marcos Tarcísio; BEHRENS, Marilda Aparecida. **Novas tecnologias e mediação pedagógica.** 21. ed. Campinas: Papirus, 2013.

# Estimação dos Parâmetros de um Módulo Fotovoltaico de Diodo Único (MFDU): Uma Aplicação do Algoritmo Levenberg-Marquardt

**José Lucas de Lima Moura, Universidade de Pernambuco (jllm@poli.br)**
**Jornandes Dias da Silva, Universidade de Pernambuco (jornandesdias@poli.br)**

O modelo fotovoltaico (FV) de diodo único é um circuito elétrico equivalente amplamente utilizado que representa o comportamento de uma célula solar ou de um módulo FV inteiro. As células solares são governadas por fenômenos físicos complexos, como absorção de luz, geração de portadores de carga, recombinação e efeitos semicondutores, todos os quais influenciam sua saída elétrica. Modelar esses processos com precisão e detalhes é altamente complexo e computacionalmente exigente. Para abordar isso, o modelo de diodo único oferece uma abordagem analítica simplificada, porém eficaz, capturando as características não lineares de corrente-tensão (I-V) das células solares usando um conjunto de componentes elétricos básicos que emulam a física subjacente (Toledo et al., 2024). Esse equilíbrio entre simplicidade e precisão o torna o modelo mais comumente utilizado em simulações de sistemas FV. Como este estudo se concentra na conversão de energia solar, é importante observar que a energia fotovoltaica se refere à energia elétrica gerada por um sistema que converte a luz solar diretamente em eletricidade utilizando materiais semicondutores (Salah et al., 2023). Devido à crescente demanda por energia limpa, melhorar a eficiência da produção de eletricidade é fundamental, destacando a necessidade de desenvolver novos modelos que prevejam com precisão o desempenho do sistema. A metodologia envolve um estudo pra descrição do problema, em que foi levantada a importância que a modelagem do MFDU na compreensão dos mecanismos de produção de energia voltaica. Além disso, foi realizado a modelagem desse modelo, estudando a equação implícita que representa o comportamento do circuito equivalente ao modelo, bem como a influência dos cinco parâmetros nessa equação. Por fim, foi criado um algoritmo de otimização do tipo Levenberg-Marquardt para otimizar os parâmetros do Modelo MFDU e estimar indicadores que garantem a confiabilidade dos resultados dos parâmetros obtidos. O modelo MFDU é baseado em uma equação implícita de cinco parâmetros, que é analisada por meio de um método numérico integrado ao algoritmo de otimização (Garcia-Marrero et al., 2025). Os parâmetros utilizados na equação são fotocorrente (Iph), corrente de saturação reversa (Is), fator de idealidade (n), resistência série (Rs) e resistência shunt (Rsh). Salah et al. (2023) relataram que essas variáveis são significativamente influenciadas por condições operacionais, como irradiação solar e temperatura, afetando o desempenho geral do sistema fotovoltaico. Portanto, compreender as características de corrente-tensão das células fotovoltaicas é essencial. Alcançar isso requer modelagem precisa do sistema e otimização de parâmetros. O desenvolvimento do algoritmo de otimização envolveu a realização de uma revisão bibliográfica para obter uma compreensão mais aprofundada de como os cinco parâmetros-chave influenciam a geração de corrente elétrica (Toledo et al., 2024). Além disso, foi realizado um estudo detalhado sobre o método de otimização de Levenberg-Marquardt, que combina descida de gradiente simples e iteração de Gauss-Newton. Este algoritmo é comumente conhecido como uma técnica de minimização local baseada em mínimos quadrados. A sua implementação foi realizada utilizando a linguagem de programação Python, em que é possível utilizar uma biblioteca chamada “scipy.optimize”, na qual consta o método de otimização de Levenberg-Marquardt. Para isso, é necessário o fornecimento de parâmetros iniciais para o método, os quais são valores reais de corrente e tensão em painéis solares, que servem como parâmetros para o cálculo do erro entre a convergência do método e os valores medidos, resultado que também é utilizado para o cálculo das próximas interações. Além disso, disponível nessa mesma biblioteca, foi utilizada uma função própria para resolução de equações não lineares, denominada “fsolve”. A proposta do algoritmo é conferir a equivalência dos valores fornecidos pelo modelo matemático com os

valores reais visto experimentalmente, o que pôde ser comprovado graficamente, mostrando a congruência dos pontos reais fornecidos com as curvas propostas pelo modelo. Os gráficos criados referem-se à variação da corrente com diferentes níveis de tensões elétricas em que o módulo foi submetido e também sobre como funciona o comportamento da potência dissipada pelo painel sobre diferentes níveis de tensões. O modelo utilizando o método Levenberg-Marquardt conseguiu atingir todos os pontos propostos experimentalmente. Entretanto, ele se mostrou extremamente sensível, durante as interações, aos dados de tensão e corrente que foram fornecidos para o cálculo do erro. Como resultado dessa sensibilidade, a otimização de parâmetros está sendo discutida, uma vez que os parâmetros fornecidos para a equação necessitam estar alinhados com os valores de tensão e corrente experimentais.

**Palavras-chave:** *Diodo Único; Estimação de Parâmetros; Levenberg-Marquardt.*

**Referências**

GARCIA-MARRERO, L. *et al.* Self-adaptive single-diode model parameter identification undersmall mismatching conditions. **Renewable Energy**, 2025.

SALAH, F. *et al.* An efficient analytical approach for forecasting the peak power of PV panels working in outdoor conditions based on explicit model. **Energy Conversion and Management: X**, 2023.

TOLEDO, F. *et al.* Efficient computation of the photovoltaic single-diode model curve by means of a piecewise linear self-adaptive representation. **Journal of Computational Science,** 2024.

TOLEDO, F. *et al.* Photovoltaic single-diode model parametrization. An application to the calculus of the Euclidean distance to an I‑V curve. **ScienceDirect**, 2023.

# Desafios da modelagem na tomografia por emissão de pósitrons

**Nathalie Christy Dias de Lima, Universidade de Pernambuco (ncdl@poli.br)**
**Rita Cassia-Moura, Universidade de Pernambuco (cassia.moura@upe.br)**

A tomografia por emissão de pósitrons (PET, do inglês *positron emission tomography*) é um método de formação de imagem médica, de alta sensibilidade para o mapeamento de processos metabólicos no corpo humano. Embora seja amplamente empregada no diagnóstico de patologias proliferativas como o câncer, suas aplicações abarcam também as patologias degenerativas como a demência, sendo crescente o seu uso no diagnóstico precoce de diversas doenças. O objetivo deste estudo foi analisar a modelagem biofísica na tomografia por emissão de pósitrons. Revisão integrativa da literatura foi a metodologia adotada, com os descritores *PET, image processing, data modeling, artificial intelligence,* com o operador booleano *AND*. As bases de dados foram *IEEE Xplore* e *PubMed*, sendo todas as publicações realizadas nos últimos 5 anos. Os dados utilizados para a obtenção das imagens de PET são gerados pela detecção de fótons gama resultantes da aniquilação entre pósitrons e elétrons. Esse fenômeno físico é decorrente da administração ao paciente de radiofármacos, compostos emissores de pósitrons, que se acumulam em tecidos metabolicamente ativos (HASHIMOTO et al., 2024). A exatidão do diagnóstico feito com o uso do PET é de extrema importância, dada a sua abrangência e seu caráter crítico. Por si só, porém, PET possui baixa correlação anatômica, sendo necessária sua associação com a tomografia computadorizada (CT, do inglês *computed tomography*), no PET/CT, ou a ressonância magnética (MR, do inglês *magnetic resonance*), no PET/MR. Ainda assim, o nível de precisão depende diretamente da qualidade da reconstrução das imagens geradas, que por sua vez, está atrelada à modelagem matemática dos dados adquiridos (Menzies; Lastori, 2022). Dois grandes desafios relacionados à modelagem do PET têm sido identificados. Fisicamente a técnica encontra limitações associadas ao alcance dos pósitrons, à sensibilidade e à resolução dos detectores de cintilação do PET *scan*. E no aspecto computacional, tais desafios devem-se à baixa resolução espacial e à presença de ruído nas imagens reconstruídas (Verfaillie et al., 2023). Técnicas como a filtragem Gaussiana e a modelagem da função de espalhamento pontual (PSF, do inglês *point spread function*) têm sido utilizadas para mitigar esses efeitos, porém ainda há restrições em cenários de maior complexidade. Além disso, erros na estimativa dos valores padronizados de captação (SUV, do inglês *standardized uptake values*) tendem a comprometer a acurácia da análise funcional das regiões de interesse. Soluções baseadas em redes neurais, especialmente combinadas com aprendizado profundo, recentemente têm revolucionado a reconstrução e pós-processamento das imagens de PET (Huang et al., 2025). Como resultado, têm-se imagens com excelente resolução, artefatos corrigidos e menor ruído. Além disso, o uso dessas ferramentas tem possibilitado segmentações automáticas com maior precisão (Yoshimura et al., 2022). O uso de redes neurais, todavia, traz consigo desafios intrínsecos e novos, atrelados ao uso da inteligência artificial. Nesse contexto, são eles: a necessidade de bases de dados extensas e rotuladas, a interpretabilidade dos modelos e a validação clínica dos resultados gerados (Reader; Pan, 2023). O avanço da utilização da inteligência artificial e do aprendizado de máquina no contexto da medicina de precisão, especialmente na oncologia, tem ampliado significativamente a aplicabilidade clínica do PET (Wei et al., 2023). Apesar das limitações próprias à técnica, os avanços em métodos de modelagem computacional têm potencializado o desempenho do PET como poderosa ferramenta diagnóstica na saúde humana. Contudo, é essencial que haja a colaboração profissional multidisciplinar para o desenvolvimento de soluções robustas, que por sua vez, equilibrem a precisão diagnóstica e a viabilidade computacional, promovendo melhorias contínuas na prática médica, com direto impacto para a qualidade da vida humana.

**Palavras-chave:** *diagnóstico médico; engenharia biomédica; imagem médica; processamento de imagens.*

**Referências**

HASHIMOTO, F. et al. Deep learning-based PET image denoising and reconstruction: a review. **Radiological Physics and Technology**, v. 17, p. 24–46, 2024.

HUANG, Z. et al. Deep PET reconstruction via uncertainty-aware generative adversarial network. **Medical Image Analysis**, v. 91, 102989, 2025.

MENZIES, D.; LASTORI, D. Advances in data modeling for PET image reconstruction. **Computational Imaging Journal**, v. 16, n. 2, p. 95–108, 2022.

READER, A. J.; PAN, T. Artificial intelligence in PET: opportunities and challenges. **Nature Reviews Physics**, v. 5, p. 10–24, 2023.

VERFAILLIE, M. et al. Challenges in PET resolution recovery: limitations of current PSF modeling. **IEEE Transactions on Radiation and Plasma Medical Sciences**, v. 7, n. 1, p. 56–65, 2023.

WEI, W. et al. Clinical adoption of artificial intelligence in precision oncology PET imaging. **European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging**, v. 50, p. 1123–1135, 2023.

YOSHIMURA, M. et al. Deep learning–based PET image enhancement using CNN. **Journal of Nuclear Medicine**, v. 63, n. 4, p. 662–670, 2022.

# Desenvolvimento e implementação do sistema de controle para um gerador de pulsos de corrente para ensaios com Dispositivos de Proteção contra Surtos

**Filipe Nicácio de Lima, Universidade de Pernambuco (fnl@poli.br)**
**Gustavo Oliveira Cavalcanti, Universidade de Pernambuco (gustavooc@poli.br)**
**Marcílio André Félix Feitosa, Universidade de Pernambuco (marcilio@poli.br)**
**Cláudio André Rocha Alvares de Oliveira, Universidade de Pernambuco (carao@poli.br)**
**Sóstines Trindade da Silva, Universidade de Pernambuco (sts@poli.br)**

Segundo a ABNT NBR 5410 (ABNT, 2004), os Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS) são componentes essenciais para a proteção de instalações elétricas e equipamentos contra sobretensões transitórias, como as provocadas por descargas atmosféricas. Com o objetivo de avaliar a eficácia desses dispositivos, a Universidade de Pernambuco (UPE), em parceria com a empresa CLAMPER S.A., vem desenvolvendo diversos projetos voltados à realização de ensaios em equipamentos eletroeletrônicos submetidos a surtos de alta tensão. Entre os equipamentos avaliados destacam-se modems ópticos, lâmpadas LED, geladeiras, televisores, disjuntores e inversores solares. Os resultados indicam que a utilização de DPS pode aumentar significativamente a vida útil desses dispositivos quando expostos a descargas. Para a realização desses testes, é necessário o uso de um gerador de surtos capaz de simular descargas atmosféricas conforme os parâmetros estabelecidos pela norma ABNT NBR IEC 61643-11 (2021), que define, por exemplo, as formas de onda de corrente típicas (como 8/20 µs e 10/350 µs), baseadas no tempo de subida e de decaimento do pulso. Neste contexto, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento e a implementação de um sistema de controle para operação de um gerador de surtos, capaz de simular descargas atmosféricas, como parte de um projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) realizado no Instituto de Inovação Tecnológica da UPE (IIT/UPE). Para reproduzir as ondas de corrente, o laboratório dispõe de um gerador de corrente composto por um transformador, que devido à indução eletromagnética gerada entre os enrolamentos do primário e secundário, a tensão AC aplicada na entrada produz uma tensão elevada na saída, proporcional ao número de espiras nos enrolamentos. A tensão no secundário do transformador passa por um diodo que retifica o sinal alternado em uma tensão contínua que, por sua vez, pode carregar dois bancos de capacitores que são responsáveis por armazenar a energia e definir qual forma de onda será usada no experimento (8/20 µs ou 10/350 µs). Em paralelo com os capacitores, existem duas semi esferas condutoras que, ao se aproximarem uma da outra, são capazes de simular uma descarga atmosférica, descarregando a tensão armazenada no banco de capacitores e rompendo a rigidez dielétrica do ar. O sistema de controle desenvolvido é responsável por controlar o carregamento dos bancos de capacitores, definir a polaridade dos pulsos, permitir ao usuário a escolha da forma de onda a ser aplicada, acionar válvulas pneumáticas e mecanismos de segurança, como um botão de emergência. O controle é realizado por uma plataforma de desenvolvimento de sistemas embarcados, microcontrolada, Arduino Mega, integrada a relés, transformador (220 V para 127 V), fontes de tensões contínuas, sensores, um autotransformador para controle da tensão AC no primário e contatores para acionamento da carga. O painel de controle inclui chaves seletoras, indicadores luminosos, voltímetros AC/DC e botões de operação, permitindo a escolha entre modo manual ou digital. No modo digital, o sistema se comunica com um computador via USB e é operado através de uma interface desenvolvida no Node-RED, que permite o monitoramento da tensão de carregamento dos capacitores de forma gráfica, utilizando divisores de tensão e sensores conectados ao Arduino. O sistema foi implementado com sucesso e calibrado conforme os requisitos da norma IEC. Atualmente o sistema de controle desenvolvido está sendo utilizado no comando do gerador de pulsos, em ensaios experimentais com DPS e outros dispositivos eletroeletrônicos, contribuindo tanto para a

geração de conhecimento acadêmico por meio de artigos científicos com resultados inovadores, quanto para o desenvolvimento de soluções técnicas em parceria com empresas do setor, e desenvolvimento de novos produtos.

**Palavras-chave:** *DPS; Sistema de Controle; Descargas atmosféricas; Arduíno.*

**Referências**

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

**ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. **NBR IEC 61643-11**: Dispositivos de proteção contra surtos de baixa tensão – Parte 11: Dispositivos de proteção contra surtos conectados aos sistemas de baixa tensão – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

**CLAMPER**. **Proteção de equipamentos elétricos e eletrônicos contra surtos elétricos em instalações**. 2. ed. Belo Horizonte: Clamper, 2024.

# Projeto, Desenvolvimento e Testes de Piranômetros de Baixo Custo - Uma Avaliação de Acurácia e Custo

**José Antonio Silva Avelino, Universidade de Pernambuco (jasa@poli.br)**
**Manoel Henriques de Sá Campos Filho, Universidade de Pernambuco (manoel.sacampos@upe.br)**

A medição precisa da radiação solar é crucial para a expansão da energia solar no Brasil (Palmieri, 2009), especialmente para avaliar o recurso disponível. No entanto, o alto custo dos piranômetros de precisão tem sido um obstáculo, limitando o acesso ao mapeamento da radiação solar em várias regiões do país (Barbosa et al., 2024). Se o custo de fabricação desses dispositivos fosse menor, tanto instituições de pesquisa quanto empresas do setor poderiam realizar mapeamentos mais abrangentes e acessíveis. Para resolver isso, este trabalho propõe o desenvolvimento de um piranômetro de baixo custo. Nosso protótipo, construído com componentes acessíveis e técnicas simplificadas, busca alcançar incertezas de medição próximas às de piranômetros Classe A (Cambell., 2015). O principal objetivo é democratizar o acesso a essa tecnologia, permitindo sua aplicação em pesquisas acadêmicas, projetos educacionais e diversas aplicações práticas da energia solar. O protótipo construído apresentou resultados satisfatórios na medição da irradiância solar global horizontal, utilizando dois sensores: uma mini célula fotovoltaica e um fotodiodo UV040-BG. As curvas de irradiância geradas mostraram-se próximas às de um piranômetro padrão Classe A, evidenciando a confiabilidade do protótipo (Zhou & Michalsky, 1996). As métricas estatísticas confirmam essa confiabilidade: o RMSE foi de 28,5 W/m² e o nRMSE de 2,6 %, com um desvio por RMSE de 28,47 W/m² para a mini célula fotovoltaica. Para otimizar o custo e o desempenho, sugerimos usar apenas a mini célula fotovoltaica, implementar o monitoramento em nuvem e estender a coleta de dados. Além disso, para uma maior precisão, é possível aplicar machine learning. A integração de um Microcontrolador ESP32 permite o monitoramento diário da irradiância, facilitando a avaliação do recurso solar (Perkasa, 2019). Em comparação com o mercado, onde piranômetros Classe A custam aproximadamente R$ 39.018,53, Classe B cerca de R$ 21.511,29 e Classe C R$ 7.362,24, nosso protótipo tem um custo estimado de fabricação de apenas R$ 600,56. Seu desvio por RMSE de 28,47 W/m² é inferior ao erro máximo da Classe C (±30 W/m²). Embora não atinja a precisão da Classe A (±10 W/m²), o protótipo demonstra um desempenho notável para sua categoria de custo, sendo uma alternativa viável e de baixo custo. Essa iniciativa visa reduzir barreiras financeiras, promover a inclusão tecnológica e fortalecer a formação de profissionais em energias renováveis, posicionando o protótipo como uma alternativa promissora para o mapeamento da radiação solar no Brasil.

**Palavras-chave:** *Piranômetro, energias renováveis, medição da irradiância horizontal global.*

**Referências**

PALMIERI, Anderson Marcelli. **Desenvolvimento de um sistema automatizado de baixo custo para coleta e armazenamento de dados de variáveis climáticas**: aplicações no ambiente agrícola. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação Industrial) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11131/tde-18022010-142019/publico/Anderson_Palmieri.pdf. Acesso em: 1 maio 2025.

BARBOSA, Caio Henrique Silva et al. **Instalação do piranômetro solar**: um guia completo. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 1-12, 2024. Disponível em: https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/23561/209209218928. Acesso em: 2 maio 2025.

CAMPBELL SCIENTIFIC**.** **CMP11 Pyranometer**. [S.l.], [2015]. Disponível em: https://www.campbellsci.com.au/smp11. Acesso em: 5 maio 2025.

.

SANTOS, Nara Tosta. **Avaliação de piranômetros em condições de campo e estimativa do balanço de radiação em área de gramínea com grau de cobertura variável**. 2015. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2015. Disponível em: https://www.ufrb.edu.br/pgea/images/Teses/NARA-TOSTA-SANTOS.pdf.. Acesso em: 2 maio 2025.

ZHOU, C.; MICHALSKY, J**. Spectral correction of silicon photodiode solar radiation detectors**. Oak Ridge, TN: USDOE Office of Scientific and Technical Information (OSTI), 1996. (NREL/TP--463-20578). Disponível em: https://www.osti.gov/biblio/377500. Acesso em: 5 maio 2025.

PERKASA, S. D.; SYAHBANI, M. A.; MEGANTORO**, P. Analysis of instrumentation system for photovoltaic pyranometer used to measure solar irradiation level**. *Elektrika*: Journal of Electrical Engineering, Surakarta, v. 11, n. 2, p. 59-65, dec. 2019. Disponível em: https://beei.org/index.php/EEI/article/view/4390/2992. Acesso em: 5 maio 2025.

## Indicador de Corrente de Fuga

**Erick Pereira de Paula, Universidade de Pernambuco (epp@poli.br)**
**Mikael Nereu Freire Feitosa, Universidade de Pernambuco (mnff@poli.br)**
**Davi Mendonça Muller, Universidade de Pernambuco (dmm1@poli.br)**
**Remy Eskinazi Sant´Anna, Universidade de Pernambuco (res@poli.br)**

Correntes de fuga em instalações e equipamentos elétricos representam um risco à segurança, além de poderem indicar falhas iminentes ou perdas de energia. O desenvolvimento de dispositivos capazes de detectar e alertar sobre a presença de tais correntes é de grande importância (COTRIM, 2009). Este resumo descreve o projeto e os componentes de um indicador de corrente de fuga construído com base no microcontrolador ESP32 e outros componentes eletrônicos discretos (ESPRESSIF SYSTEMS, 2022). O sistema proposto foi idealizado para detectar correntes de fuga por meio da leitura analógica de sinais elétricos que excedam um valor mínimo pré-determinado. A topologia eletrônica emprega componentes de fácil acesso e baixo custo, permitindo a replicação em contextos educacionais, laboratoriais e industriais. A metodologia de implementação do indicador é baseada em um Díodo Retificador 1N4007 posicionado em série com a fonte de corrente de fuga, de modo a bloquear tensões negativas e permitir apenas o fluxo de corrente em sentido direto. Isso garante que a leitura realizada pelo microcontrolador seja sempre positiva e evita danos ao conversor analógico (MALVINO; BATES, 2016). Um Divisor de Tensão Resistivo: formado por dois resistores (1 kΩ e 1k Ω), tem como objetivo reduzir a tensão de entrada para níveis seguros (< 3,3 V), compatíveis com a porta ADC do ESP32. A razão de divisão foi escolhida de modo a permitir a leitura de pequenas quedas de tensão sem comprometer a resolução do sistema.Microcontrolador ESP32: responsável pela aquisição da tensão analógica via pino ADC (GPIO 34), processamento lógico (detecção por limiar), controle do LED (GPIO 25) e geração de interface web via Wi-Fi. O código foi implementado na linguagem C++ utilizando a plataforma Arduino IDE (YONEZAWA et al., 1991). A biblioteca WiFi.h configura o ESP32 como ponto de acesso, enquanto WebServer.h gerência requisições HTTP locais.LED vermelho com resistor de 220 Ω: utilizado para sinalização visual direta. Sempre que o valor lido ultrapassa o limiar de referência (definido em 500 na escala do ADC de 12 bits), o LED é ativado, indicando a presença de corrente de fuga. Foi desenvolvida também uma página web em HTML, com o endereço IP do microcontrolador (192.168.4.1) para atualizações em tempo real sobre o estado do sensor. Durante o desenvolvimento, testes foram conduzidos em bancada com simulação de fuga por meio de fonte ajustável e resistores de carga. A calibração inicial foi empírica, com ajustes dinâmicos do limiar até que fosse alcançada uma boa relação entre sensibilidade e estabilidade. Foi construído um protótipo que monitora e indica a fuga de corrente, foram utilizados os seguintes componentes: um microcontrolador ESP32, um divisor resistivo, um díodo, LED para indicação visual e um resistor (para limitar a Corrente que chega ao LED). Ele demonstrou sucesso na detecção e indicação da presença da corrente. Com o objetivo de simular a fuga de corrente a metodologia considera conectar uma carga ao protótipo. Em alguns testes a seguir, o sistema não indica fuga de corrente, pois temos a informação tanto na página web com a mensagem “TUDO OK”, quanto no LED que se encontra apagado, evidenciando assim a ausência de carga conectada e a eventual fuga de corrente a ser detectada. Mais adiante nos testes, foi conectado ao protótipo uma carga afim de similar a situação em que se têm uma fuga de corrente. Sendo assim, após o acoplamento da carga, fica evidenciado a fuga tanto pela indicação visual do LED, quanto pela mensagem que aparece em tempo real na página web “FUGA DETECTADA” que o sistema está funcionando corretamente. Assim, conclui-se que o protótipo funcionou corretamente e que utilizamos tanto artifícios de hardware, como de sistemas de comunicação sem fio e de software para chegar a uma solução que responde em tempo real e é eficaz. Os resultados apontam que o protótipo atende aos requisitos básicos para detectar fuga de corrente e fornecer o feedback, tanto

visual, quanto via web, na página construída em HTML. Este resumo apresentou a concepção de um indicador de corrente de fuga utilizando o microcontrolador ESP32 e componentes eletrônicos básicos. O sistema proposto visa oferecer uma solução acessível e de simples implementação para a detecção e alerta de correntes de fuga, contribuindo para a segurança elétrica e identificação de falhas (ABNT, 2002). A utilização do ESP32 abre possibilidades para futuras implementações, como a calibração precisa do nível de detecção e a integração com sistemas de notificação remota.

**Palavras-chave:** *Corrente de Fuga; ESP32; Indicador Eletrônico; Microcontrolador.*

**Referências**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520**: Informação e documentação: Citações em documentos - Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2002.

COTRIM, A. A. B. **Instalações Elétricas**. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

ESPRESSIF SYSTEMS. **ESP32-S2 Technical Reference Manual**. 2022. Disponível em: https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32s2/index.html. Acesso em: 20 maio 2025.

MALVINO, A.; BATES, D. J. **Eletrônica** – Vol. 1. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

YONEZAWA, A.; SHIBAYAMA, E.; TAKADA, T. et al. Modeling and Programming in an Object-Oriented Concurrent Language. In: YONEZAWA, A.; TOKORO, M. (ed.). **Object-Oriented Concurrent Programming**. MIT Press, 1991. p. 55-90.

# Dispositivo para o reconhecimento de padrões sonoros para deficientes auditivos

**Ben Oliveira Friebus, Universidade de Pernambuco (bof@poli.br)**
**Marcílio André Félix Feitosa, Universidade de Pernambuco (marcilio@poli.br)**

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um dispositivo baseado em inteligência artificial (IA), com o propósito de proporcionar mais acessibilidade para pessoas surdas. Pesquisa realizada nos Estados Unidos, apontou que indivíduos com perda auditiva severa podem ter até o dobro de probabilidade de sofrer acidentes em comparação com pessoas com audição normal (BHATTACHARYYA, 2021). Esse risco se deve, principalmente, à dificuldade de perceber sinais sonoros de alertas, como buzinas, alertas de emergência ou sirenes, sendo mais predominante em ambientes de trabalho. Por conseguinte, o objetivo deste trabalho é criar um equipamento, baseado em IA, capaz de transcrever falas em texto, interpretar e classificar sons de emergência, sirenes de alerta e palavras faladas, tornando essas informações acessíveis para usuários com deficiência auditiva. Todas essas informações audíveis serão reconhecidas pelo dispositivo, que por sua vez, as traduzirá por meio de vibração, sinais luminosos e exibição em um display LCD. Para o dispositivo reconhecer os padrões sonoros, foi utilizada uma arquitetura de rede neural convolucional desenvolvida pelo Google Reseach, chamada YAMNet. Esta, utiliza o conjunto de dados AudioSet, uma enorme coleção de trechos de áudio, para aprender e identificar 527 classes distintas de eventos sonoros (GOOGLE RESEACH, 2023). O modelo recebe como entrada sinais de áudios amostrados a 16 kHz, com duração mínima de 0,96 segundos. E, processa-os para gerar uma distribuição de probabilidades sobre diversas classes sonoras, como sirenes, alarmes, animais, entre outros. Por fim, determina-se qual classe apresenta maior probabilidade de corresponder ao som captado, acionando os atuadores específicos para o evento ocorrido, o que o torna uma solução eficiente e acessível para aplicações de detecção sonora em tempo real (TENSORFLOW, 2024). Para o reconhecimento automático de fala, foi utilizado a biblioteca SpeechRecognition, uma ferramenta em Python amplamente empregada para esta finalidade (PYPI, 2025). O reconhecedor do Google Web Speech API foi escolhido neste projeto por ser, de fácil uso (dispensa chave de autenticação), gratuito, apresenta alta precisão e oferece suporte confiável ao português do Brasil, incluindo variações de sotaque e linguagem coloquial. A implementação do sistema foi realizada sobre o Raspberry Pi Model 4 B juntamente com um microfone sem fio Onistek On-MC811 para a entrada e processamento de áudio. Os atuadores do sistema consistem em um display LCD para notificação visual por texto, LEDs indicadores e um motor de vibração acoplado a uma pulseira, responsável por transmitir os alertas de forma tátil ao usuário. Para o reconhecimento de padrões sonoros, foi empregado o modelo, anteriormente citado, YAMNet. O dispositivo capta o som em tempo real com taxa de amostragem de 16 kHz, dividindo-o em blocos para análise. Esses blocos são convertidos em espectrogramas e classificados pelo modelo, que retorna probabilidades para cada classe sonora. As classes de interesse foram definidas previamente, entre elas estavam: “siren”, “fire alarm”, “reverse beeps”, entre outros. Quando a probabilidade na detecção de uma das classes ultrapassa o limiar definido (indicando que um som de emergência foi identificado), o sistema ativa automaticamente os atuadores: o LED vermelho é aceso por 3 segundos, o display LCD exibe a mensagem de alerta com o nome da classe detectada, e o motor de vibração é acionado com três pulsos de 0,7 segundos. Garantindo, portanto, uma efetiva notificação ao usuário. Simultaneamente à detecção de sons de emergência, o sistema executa um módulo de reconhecimento de fala utilizando a biblioteca SpeechRecognition. O processo inicia-se com um ajuste automático de sensibilidade ao ruído do ambiente, garantindo uma captação mais precisa. A seguir, a escuta é realizada. As amostras de áudio capturadas são enviadas à API (Application Programming Interface) do Google, configurado para o idioma português do Brasil,

retornando como resultado a transcrição automática da fala. Todas as palavras ditas são exibidas em tempo real no display LCD do dispositivo. Quando, uma palavra de interesse, previamente definida, for detectada na transcrição da fala, o dispositivo aciona o LED amarelo como sinal visual e, também, ativa o motor de vibração emitindo dois pulsos curtos de 0,2 segundos cada, gerando um alerta tátil ao usuário. O circuito foi montado soldando os componentes em placas de protótipo padrão ilha. Os LEDs indicadores foram conectados com resistores para limitar a corrente, contendo um LED verde para indicar o funcionamento do sistema, um amarelo para sinalizar as palavras de interesse e um vermelho para alertas de emergência. O motor de vibração modelo 1027 foi acionado por meio de um transistor configurado como chave eletrônica. A alimentação do motor é feita por duas pilhas AA de 1,5 V em série. O motor foi fixado a uma pulseira de borracha, permitindo a sinalização tátil ao usuário. O display LCD foi conectado ao dispositivo para exibição da transcrição da fala, em tempo real, e dos alertas de emergência. Os testes realizados indicaram que o sistema funciona de forma eficiente. Os resultados obtidos demonstraram que a solução proposta é satisfatória, pois o dispositivo apresentou respostas rápidas na detecção de sons de emergência e precisão na transcrição de fala, mesmo em ambientes ruidosos. Além disso, o sistema é capaz de executar essas funções de forma simultânea, sem comprometer o desempenho, garantindo maior estabilidade e eficiência. Portanto, este projeto busca oferecer uma solução tecnológica para ampliar a segurança e a acessibilidade de pessoas surdas. Além de reduzir os riscos associados à falta de percepção de sons críticos, o dispositivo contribui para a autonomia dos usuários, promovendo uma maior inclusão social.

**Palavras-chave:** *Reconhecimento de fala; Classificação de sons; Inteligência Artificial; Acessibilidade.*

**Referências**

BHATTACHARYYA, Neil. Pessoas com deficiência auditiva correm risco maior de sofrerem lesões acidentais. **Microsom, 2021.** Disponível em: https://www.microsom.com.br/pessoas-com-deficiencia-auditiva-correm-risco-maior-de-sofrerem-lesoes-acidentais/. Acesso em: 03 jul. 2025.

GOOGLE RESEARCH. **AudioSet:** An ontology and human-labeled dataset for audio events. 2023. Disponível em: https://research.google.com/audioset/. Acesso em: 09 jul. 2025.

TENSORFLOW. **YAMNet:** tutorial de uso com TensorFlow Hub. 2024. Disponível em: https://www.tensorflow.org/hub/tutorials/yamnet?hl=pt-br. Acesso em: 09 jul. 2025.

PYPI. **SpeechRecognition:** Speech recognition module for Python. 2024. Disponível em: https://pypi.org/project/SpeechRecognition/. Acesso em: 14 jul. 2025.

# Protótipo de CLP Modular Baseado em Raspberry Pi e ESP32-S2 Utilizando Comunicação Modbus TCP/IP

**Christopher Coutinho de Lucena Melo, Universidade de Pernambuco (cclm@poli.br)**
**Remy Eskinazi, Universidade de Pernambuco (res@poli.br)**

Este trabalho tem como objetivo a descrição da construção e testes de um protótipo de um Controlador Lógico Programável (CLP) modular (SILVA, 2018), baseado em tecnologias de código aberto de forma a se obter um baixo custo de produção, principalmente se comparado a modelos similares comerciais. A proposta consiste na utilização de um Raspberry Pi 3 Model B (MONK, 2016), (RASPBERRY PI FOUNDATION, [20--]) como unidade central de controle (mestre) e um ou mais microcontroladores ESP32-S2 atuando como módulos de entrada e saída (escravos) (ESPRESSIF SYSTEMS, 2022). O sistema é interligado via o protocolo de comunicação industrial Modbus TCP/IP (MODBUS ORGANIZATION, 2012), permitindo uma estrutura modular e escalável, aplicável a diferentes contextos educacionais e experimentais. O ambiente CODESYS (CODESYS GmbH, [20--]) é utilizado como plataforma de programação da lógica de controle, oferecendo compatibilidade com linguagens da norma IEC 61131-3, como Ladder e Blocos de Função. Durante os testes, o sistema demonstrou estabilidade na comunicação, boa resposta de controle e versatilidade na aplicação de lógica industrial. Este projeto contribui significativamente para a democratização do ensino de automação, além de apresentar um modelo funcional de CLP construído com ferramentas acessíveis para a expansão do conhecimento acerca da automação industrial no ambiente acadêmico. A metodologia considerou um Raspberry Pi configurado com o sistema operacional Raspberry Pi OS e com o Runtime do CODESYS em sua versão gratuita, transformando-o em um CLP programável com suporte a linguagens industriais como Ladder. Scripts personalizados permitiram a criação de um Access Point local, facilitando a conexão automática dos módulos ESP32 à rede (ESPRESSIF SYSTEMS, [20--]). Os ESP32-S2 foram programados em C++, utilizando bibliotecas para Modbus, controle Wi-Fi e sinalização com LED RGB. Os módulos foram configurados com registradores Modbus para leitura e escrita de sinais digitais e analógicos, utilizando técnicas de filtragem (deadband) e geração de PWM. Toda a estrutura foi organizada fisicamente em uma caixa 3D projetada em Autodesk Inventor, com bornes de conexão e acesso simplificado aos componentes. Como resultado, os testes comprovaram a funcionalidade do sistema. A comunicação Modbus TCP/IP mostrou-se estável, com respostas rápidas e sem perdas de dados. Entradas digitais foram lidas com precisão e ruído minimizado por filtragem lógica e resistores. Entradas analógicas apresentaram boa linearidade após tratamento de ruídos leves. Saídas digitais acionaram relés, cargas e saídas analógicas foram simuladas por sinais PWM com controle de intensidade. O sistema demonstrou modularidade, permitindo a adição de novos módulos ESP32 facilmente. A integração com o ambiente CODESYS facilitou o mapeamento de variáveis e o monitoramento em tempo real, tornando o CLPi uma solução para aprendizado e experimentação em automação industrial no ambiente, também, acadêmico.

**Palavras-chave:** CLP, Raspberry Pi; ESP32; Modbus TCP/IP.

**Referências**

CODESYS GmbH. **CODESYS Control for Raspberry Pi SL**. [S. l.: s. n.], [20--]. Disponível em: https://store.codesys.com. Acesso em: 20 maio 2025.

ESPRESSIF SYSTEMS. **Diagrama de Barramento de Comunicação – Pinout – ESP32-S2 DevkitC**. [S.l.: s.n.], [20--]. Disponível em: https://user-

images.githubusercontent.com/65977697/215385175-ccf8ce05-35ba-4d87-a1d8-f32d0f849d5b.png. Acesso em: 12 jun. 2025.

ESPRESSIF SYSTEMS. **ESP32-S2 Technical Reference Manual**. 2022. Disponível em: https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32s2/index.html. Acesso em: 20 maio 2025.

MODBUS ORGANIZATION. **Modbus Application Protocol Specification V1.1b3**. 2012. Disponível em: https://modbus.org/specs.php. Acesso em: 25 maio 2025.

MONK, Simon. **Programming the Raspberry Pi: Getting Started with Python**. 2.ed. New York: McGraw-Hill Education, 2016.

RASPBERRY PI FOUNDATION. *GPIO* **Pinout Diagram – Raspberry Pi**. [S. l.: s. n.], [20--]. Disponível em: https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/images/GPIO-Pinout-Diagram-2.png?hash=df7d7847c57a1ca6d5b2617695de6d46. Acesso em: 10 jun. 2025.

SILVA, A. J. da. **Sistemas de Automação Industrial com Microcontroladores**. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

# Alarme Inteligente com ESP32 e Notificação via Telegram

**Gabriel Cunha dos Santos, Universidade de Pernambuco (gcs3@poli.br)**
**Remy Eskinazi Santana, Universidade de Pernambuco (res@poli.br)**

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver um sistema de alarme residencial de baixo custo utilizando o microcontrolador ESP32 (ESPRESSIF SYSTEMS, 2022), (SILVA, 2021), capaz de detectar movimento por meio de sensor infravermelho passivo (PIR) e enviar notificações em tempo real (SILVA, 2018) via aplicativo de mensagens Telegram. O objetivo secundário deste trabalho é o domínio das técnicas de interfaceamento entre plataformas de Sistemas Embarcados (ESP32) e sistemas de monitoramento em código aberto (Telegram) que são utilizados nas aulas de graduação. A metodologia adotada consistiu na configuração do ambiente de desenvolvimento com a plataforma Arduino IDE, integração do ESP32 (SIMON, 2017) com um sensor PIR e um buzzer para emissão de alertas sonoros, criação de um *bot* no Telegram para comunicação com o usuário e implementação de comandos remotos (SIMON, 2019) que permitissem silenciar temporariamente ou indefinidamente o sistema, reativá-lo e consultar seu status (SIMON, 2017). Iniciamente foi utilizado apenas um sensor para configuração e testes de sistemas, mas perfeitamente expansível para demais tipos de sensoriamento. O funcionamento do sistema baseou-se na leitura digital do sensor de movimento e na lógica de controle condicional para envio das mensagens via requisições HTTP à API do Telegram (TELEGRAM, [S.d.]). Foram realizados testes em bancada que demonstraram o correto funcionamento da detecção de movimento. Foi delimitada uma área para observação e detecção de movimento. a entrega das mensagens de alerta em até cinco segundos e a execução precisa dos comandos enviados pelo usuário, o que validou a robustez e a eficiência da solução proposta. Como conclusão, destaca-se que o sistema é viável para aplicações residenciais ou comerciais de pequeno porte, por ser acessível, flexível e de fácil implementação. O trabalho apresenta potencial de expansão futura com o uso de sensores adicionais, integração com câmeras e envio de relatórios em nuvem e uso de estatísticas de detecção de padrão de movimentos.

**Palavras-chave:** *IoT; Sensor PIR; API; Telegram.*

**Referências**

ESPRESSIF SYSTEMS. **ESP32-S2 Technical Reference Manual**. 2022. Disponível em: https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32s2/index.html. Acesso em: 20 maio 2025.

SILVA, A. J. da. **Sistemas de Automação Industrial com Microcontroladores**. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

SILVA, A. R. C. **Sistema de Monitoramento e Controle de Energia utilizando o ESP32**. [S.l.]: Repositório Institucional da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, [2021]. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br. Acesso em: 20 maio 2025.

SIMON, M. **Hacking electronics**: learning electronics with Arduino and Raspberry Pi. 2. ed. Columbus, OH 43218, USA: McGraw-Hill Education, 2017. 304 p.

SIMON, M. **Programming Arduino next steps**: going further with sketches. 2. ed. Columbus, OH 43218, USA: McGraw-Hill Education, 2019. 320 p.

TELEGRAM. **Telegram Bot API Documentation**. [S.d.]. Disponível em: https://core.telegram.org/bots/api. Acesso em: 20 maio 2025.

# Competições Acadêmicas como Estratégia para Reduzir a Evasão em Cursos de Engenharia: A Arena Micromouse

**Wellington Ricardo Martins Gomes, Universidade de Pernambuco (wrmg@poli.br)**
**Marcílio André Félix Feitosa, Universidade de Pernambuco (marcilio@poli.br)**

A evasão nos cursos de engenharia representa um dos principais desafios enfrentados pelas instituições de ensino superior no Brasil. Diversos fatores contribuem para esse cenário, como dificuldades com os conteúdos do ciclo básico, baixa motivação, ausência de vínculo com o curso escolhido e escassez de experiências práticas e contextualizadas durante a formação (CHRISTO et al., 2018; LEITE et al., 2022). Diante disso, a Escola Politécnica de Pernambuco, vinculada à Universidade de Pernambuco (UPE), desenvolveu o projeto Arena Micromouse com o objetivo de engajar estudantes de engenharia em uma experiência prática, interdisciplinar e desafiadora, utilizando a robótica como ferramenta pedagógica. A iniciativa está fundamentada na metodologia da Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL), com integração de disciplinas como Eletrônica, Sistemas de Controle, Microcontroladores, Expressão Gráfica e Programação. O projeto consistiu no desenvolvimento de uma competição interna de micromouse, na qual os alunos foram desafiados a construir robôs autônomos capazes de percorrer um labirinto no menor tempo possível, respeitando as regras definidas por competições internacionais (MISRA, 2018; ROBOCORE, 2024). A metodologia adotada envolveu fases bem definidas: concepção e modelagem 3D do robô utilizando o software Autodesk Inventor; projeto eletrônico da PCB com componentes acessíveis como o microcontrolador ESP32, sensores ultrassônicos HC-SR04 e motores com encoders; montagem da estrutura física com impressão 3D; e implementação do firmware utilizando a linguagem C++ na plataforma Arduino IDE. Durante o desenvolvimento, os estudantes aplicaram algoritmos como seguidor de parede e flood fill, permitindo o reconhecimento do ambiente e a tomada de decisões autônomas. Para testes iniciais, foi criado um aplicativo web simples, onde os comandos de movimentação podiam ser enviados diretamente ao robô. O sistema também incluía uma função de segurança que impedia o avanço quando um obstáculo era detectado a curta distância. Para garantir a estabilidade do comportamento do robô, foi implementado controle proporcional (P) e posteriormente o controle PID, melhorando a resposta dos motores frente às leituras dos sensores. Os testes foram realizados em uma arena modular construída em MDF, cuja estrutura foi projetada para simular diferentes níveis de dificuldade, promovendo desafios progressivos aos participantes. Nessa fase inicial de desenvolvimento do projeto Arena Micromouse, mesmo sem a realização de competições, os resultados já demonstram impactos significativos na formação técnica e socioemocional dos alunos envolvidos. Durante a montagem dos robôs e da arena, os estudantes foram desafiados a trabalhar em áreas diversas da Engenharia Eletrônica, como modelagem 3D, soldagem de componentes e programação de algoritmos de controle e navegação, o que ampliou suas competências técnicas e fortaleceu habilidades interpessoais essenciais, como trabalho em equipe e comunicação. A abordagem diversificada do projeto, dividida entre hardware, firmware e estrutura da arena, gerou um ambiente colaborativo, onde cada participante contribui ativamente e fortalece o sentimento de pertencimento ao curso e à identidade profissional em formação. Além do aprendizado técnico, as atividades práticas e o uso de recursos integrados ao processo formativo (programação de aplicativos, modelagem 3D, simulações de circuitos, design de placas de circuito impresso etc.) mostraram-se poderosos estímulos à permanência no curso, reforçando a importância dos conteúdos teóricos e transformando a percepção dos alunos em relação ao seu curso, aproximando-o das demandas do mercado de trabalho. O suporte técnico dos professores e o clima de troca de experiências entre alunos criaram um ambiente dinâmico e acolhedor que estimula o aprendizado. Mesmo sem a realização da competição inaugural, os resultados formativos observados até aqui concentram-se em

competências técnicas e socioemocionais — trabalho em equipe, comunicação e integração entre hardware/firmware/arena. Com base na literatura de referência (CHRISTO et al., 2018; LEITE et al., 2022), iniciativas baseadas em PBL tendem a elevar motivação, pertencimento e a conexão teoria–prática — fatores associados à permanência —, mas tais indícios não substituem a mensuração direta de evasão. A relação entre participação na Arena Micromouse e permanência discente será mensurada após as competições, com dados institucionais (trancamentos/evasões) e questionários padronizados aplicados em momentos pré- e pós-evento, conforme recomendado pelos estudos-base. Como dito, o projeto está em andamento e o efeito sobre a evasão só será avaliado, de fato, após as competições.

**Palavras-chave:** *Engenharia; Evasão; Competições; Micromouse.*

**Referências**

CHRISTO, Maria Marilei Soistak; RESENDE, Luis Maurício Martins de; KUHN, Talícia Do Carmo Galan**. Porque os alunos de engenharia desistem de seus cursos – um estudo de caso**. Nuances: estudos sobre Educação, v. 29, n. 1, 20 dez. 2018. Disponível em: https://doi.org/10.32930/nuances.v29i1.4391. Acesso em: 20 abr. 2025.

LEITE, Maria Clerya Alvino; SOUZA, João Paulo Marçal de; SANTOS, Rayene Sutero dos**. A evasão no ensino da engenharia antes da ascensão da pandemia da COVID-19: uma revisão narrativa**. In: VIII Congresso Nacional de Educação (CONEDU), 2022, João Pessoa. Anais [...]. João Pessoa: Realize Editora, 2022. DOI: 10.46943/VIII.CONEDU.2022.GT17.008. Acesso em: 20 abr. 2025.

MISRA, Ritesh; ADLER, Richard. **Micromouse Competition Rules**. Region 2 IEEE SAC – University of Pittsburgh, 2018. Disponível em: https://ewh.ieee.org/reg/2/sac18/MicromouseRules.pdf. Acesso em: 6 mai. 2025.

ROBOCORE. **Regras oficiais da competição Micromouse**. São Paulo: RoboCore, 2024. Disponível em: https://robocore-eventos.s3.sa-east1.amazonaws.com/public/RoboCore_Micromouse_Regras.pdf. Acesso em: 10 abr. 2025

# FÍSICA DE MATERIAIS

# Dinâmicas de Opinião e Sociofísica em Redes Temporais

**Luís Kennedy Ramos da Silva, Universidade de Pernambuco (luis.krsilva@upe.br)**
**Prof. Dr. André Luis da Mota Vilela, Universidade de Pernambuco (andre.vilela@upe.br)**

A disseminação de informação em grupos sociais e a emergência de consenso configuram desafios contemporâneos que podem ser investigados sob a ótica da Sociofísica, um campo interdisciplinar que articula conceitos da física estatística com sociologia, psicologia e ciência de redes (VESPIGNANI E CASTELLANO 2004, BARABÁSI 2016) para modelar sistemas sociais complexos. Neste contexto, modelos de dinâmica de opinião têm sido amplamente utilizados para simular a formação de consenso, dinâmicas eleitorais e o comportamento coletivo emergente em grandes populações (CASTELLANO, FORTUNATO E LORETO 2009, VILELA 2019). Um dos modelos mais estudados nesse domínio é o modelo do voto da maioria (majority-vote model, MVM), proposto por Oliveira (OLIVEIRA 1992). Nesse modelo, cada agente assume uma de duas opiniões e tende a adotar a opinião da maioria de seus vizinhos, sujeito a um ruído social q, que representa a probabilidade de um indivíduo ir contra a opinião majoritária. Assim como no modelo de Ising, o MVM apresenta uma transição de fase contínua, com o ruído social desempenhando papel análogo à temperatura. Neste trabalho, investigamos o comportamento crítico do MVM implementado sobre uma rede temporal do tipo Activity-Driven Network, conforme proposta por Perra et al. (PERRA 2012). Nessa abordagem, a estrutura de conexões da rede é reconfigurada a cada passo de tempo, de forma que apenas os agentes ativos, selecionados com base em uma taxa de atividade (possivelmente heterogênea), estabelecem conexões aleatórias com outros nós. Após cada etapa, a rede é descartada, caracterizando sua natureza temporária e fora do equilíbrio. As simulações foram conduzidas utilizando o método de Monte Carlo, com medidas das grandezas físicas de magnetização, susceptibilidade e o cumulante de Binder de quarta ordem. Os resultados mostram que o sistema apresenta uma transição de fase contínua, cujo ponto crítico depende da quantidade de conexões realizadas pelos agentes ativos a cada instante de tempo.

**Palavras-chave:** *Sociofísica; Fenômenos críticos; Transição de fase; Simulação.*

**Referências**

BARABÁSI, A.-L. Network Science. **Cambridge University Press**, 2016.

CASTELLANO, C.; FORTUNATO, S.; LORETO, V. Statistical physics of social dynamics. **Reviews of Modern Physics**, APS, v. 81, n. 2, p. 591–646, 2009.

OLIVEIRA, M. J. de. Isotropic majority-vote model on a square lattice. **Journal of Statistical Physics**, Springer, v. 66, n. 1, p. 273–281, 1992.

PERRA, N. et al. Activity driven modeling of time varying networks. **Scientific Reports**, Nature Publishing Group, v. 2, p. 469, 2012.

VILELA, A. L. Majority-vote model on complex networks. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, Elsevier, v. 525, p. 588–600, 2019.

VILONE, D.; VESPIGNANI, A.; CASTELLANO, C. Nonequilibrium phase transition in a model for social influence. **The European Physical Journal B**, Springer, v. 30, n. 3, p. 399–406, 2004.

# Simulações da comutação dinâmica da quiralidade de vórtices magnéticos em estruturas ferromagnéticas

**Kawan de Brito Bezerra, Universidade de Pernambuco (kbb@poli.br)**
**Gilvânia Lúcia da Silva Vilela, Universidade de Pernambuco (gilvania.vilela@upe.br)**

O projeto visa investigar o comportamento magnético de estruturas ferromagnéticas com uma magnetização inicial de vórtice, onde seu centro é chamado de quiralidade ou polaridade. O foco está em mudar a polarização da quiralidade do vórtice, que pode estar apontando para cima ou para baixo, através de uma perturbação da magnetização por um pulso de campo magnético com amplitude e tempo de pulsação (ANTOS; OTANI, 2009; XIAO et al., 2006). Com isso, é possível observar uma faixa de tempo de pulsação e amplitude a depender da geometria e parâmetros do material (URBÁNEK et al., 2015), visto que a inversão depende diretamente da energia da perturbação gerada pelo pulso. A amplitude e tempo de pulso, testada em simulações, para um cilindro de 500 nm de diâmetro e 30 nm de espessura pode estar numa faixa de cerca de 240 Oe até 350 Oe e 50 ps até 130 ps para um cilindro de 500 nm de diâmetro e 30 nm de espessura. Uma vez que a quiralidade de vórtices magnéticos possa ser controlada de forma eficiente, poderá ser relacionada com bits clássicos e ter aplicação direta em dispositivos spintrônicos (NOVOSAD et al., 2002; PARK et al., 2003). A análise desses sistemas é fundamentada em simulações micromagnéticas realizadas com softwares como OOMMF e MuMax3 (DONAHUE; PORTER, 1999; LELIAERT et al., 2018) que permitem modelar a dinâmica da magnetização sob diferentes condições físicas e geométricas. As simulações foram conduzidas a partir da equação de Landau–Lifshitz–Gilbert (LLG) (LELIAERT; MULKERS, 2019). A metodologia inclui simulações de um disco de permalloy, variando a espessura, tempo de duração do campo externo, amplitude do campo externo e função associada a essa pulsação, podendo ser um campo que aumenta com o tempo e para repentinamente, um campo constante ou um pulso gaussiano. Os resultados mostraram que a comutação ocorre devido a criação de um anti-vórtice com polaridade trocada que é criado a partir do vórtice original, esse anti-vórtice se divide e se aniquila com o original (CHOI et al., 2007; HERTEL; SCHNEIDER, 2006). Percebe-se que existe uma faixa de amplitude e tempo de pulsação do campo externo na qual a comutação ocorre, e especialmente, para amplitudes e tempos de pulso acima dessa faixa, ocorre uma dupla-inversão da polaridade, ou seja, a energia de perturbação do pulso pode ser suficientemente forte para gerar 2 ou mais inversões, isso mostra que é possível controlar o número de aniquilações de vórtices apenas através do tempo de pulsação e da amplitude do pulso. Os dados coletados alinham-se com as informações já publicadas e com os resultados de pesquisas internacionais, como por exemplo a observação da presença de uma faixa de amplitude e tempo de pulsação (URBÁNEK et al., 2015) e o reconhecimento do padrão de movimento da comutação do vórtice (ANTOS; OTANI, 2009; NOVOSAD et al., 2002; XIAO et al., 2006), reforçando a confiabilidade dos modelos utilizados e destacando possibilidades inovadoras para o avanço de dispositivos spintrônicos mais eficientes.

**Palavras-chave:** *Simulações micromagnéticas, Ferromagnetismo, Vórtices, Spintrônica*

**Referências**

ANTOS, Roman; OTANI, Yoshichika. Simulations of the dynamic switching of vortex chirality in magnetic nanodisks by a uniform field pulse. **Physical Review B**, v. 80, n. 14, p. 140404, 2009.

CHOI, B. C. et al. Vortex core switching dynamics in submicron permalloy disk. **IEEE Transactions on Magnetics**, v. 43, n. 6, p. 2926-2928, 2007.

DONAHUE, M. J.; PORTER, D. G. OOMMF User's Guide, Version 1.0. Gaithersburg: **NIST**, 1999. Disponível em: https://math.nist.gov/oommf/. Acesso em: mar. 2017.

GUSLIENKO, K. Yu et al. Eigenfrequencies of vortex state excitations in magnetic submicron-size disks. **Journal of Applied Physics**, v. 91, n. 10, p. 8037-8039, 2002.

HERTEL, Riccardo; SCHNEIDER, Claus M. Exchange explosions: magnetization dynamics during vortex-antivortex annihilation. **Physical Review Letters**, v. 97, n. 17, p. 177202, 2006.

HUA, Chensong; WU, Kai; YU, Weichao. Micromagnetic simulation tools: OOMMF, Mumax3, and COMSOL Multiphysics. In: Magnetic Nanoparticles in Nanomedicine. **Woodhead Publishing**, 2024. p. 37-80.

LELIAERT, Jonathan et al. Fast micromagnetic simulations on GPU—recent advances made with mumax³. **Journal of Physics D: Applied Physics**, v. 51, n. 12, p. 123002, 2018.

LELIAERT, Jonathan; MULKERS, Jeroen. Tomorrow's micromagnetic simulations. **Journal of Applied Physics**, v. 125, n. 18, 2019.

NOVOSAD, V. et al. Spin excitations of magnetic vortices in ferromagnetic nanodots. **Physical Review B**, v. 66, n. 5, p. 052407, 2002.

PARK, J. P. et al. Imaging of spin dynamics in closure domain and vortex structures. **Physical Review B**, v. 67, n. 2, p. 020403, 2003.

URBÁNEK, Michal et al. Dynamics and efficiency of magnetic vortex circulation reversal. **Physical Review B**, v. 91, n. 9, p. 094415, 2015.

XIAO, Q. F. et al. Dynamics of vortex core switching in ferromagnetic nanodisks. **Applied Physics Letters**, v. 89, n. 26, 2006.

# Dinâmica orbital de um satélite na vizinhança de um sistema binário de asteroides totalmente síncronos

**Leonarda Larissa Barbosa da Silva, Universidade de Pernambuco (llbs@poli.br)**
**Leonardo Barbosa Torres dos Santos, Universidade de Pernambuco (leonardo.torres@upe.br)**

As missões espaciais têm crescido com o intuito de explorar o universo e pequenos corpos como os asteroides. Nesse contexto, ao planejar uma missão espacial para visitar esses objetos, surge a questão de como representar efetivamente o campo gravitacional desses pequenos corpos irregulares, conforme analisado por Bartczak e Breiter (2003). Contudo, a modelagem de campos gravitacionais em asteroides binários irregulares ainda representa um desafio, uma vez que modelos clássicos assumem corpos esféricos ou pontuais, o que não corresponde à realidade observada. Nesse sentido, modelos simplificados tornam-se ferramentas importantes, pois permitem análises qualitativas consistentes com menor custo computacional, possibilitando avaliar a estabilidade orbital e o comportamento de satélites na vizinhança desses sistemas. Assim, este trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de um modelo simplificado para representar os campos gravitacionais de sistemas binários compostos por asteroides alongados, utilizando como base um sistema de dipolo de massa completamente síncrono. Ressalta-se que modelos simplificados muitas vezes podem ser usados para aproximar o campo gravitacional de corpos irregulares, exigindo menos esforço computacional e produzindo resultados consideráveis em um curto espaço de tempo (CHANUT; ALJBAAE; CARRUBA, 2015; ALJBAAE et al., 2017). Para a análise dessa dinâmica foi determinada uma equação matemática capaz de descrever o campo gravitacional na vizinhança de um sistema binário de asteroides com formas irregulares e, em seguida, foram realizadas simulações computacionais utilizando a linguagem de programação FORTRAN, nas quais foram alteradas as condições iniciais do satélite, variando sua inclinação e seu semieixo maior, de forma a encontrar trajetórias mais estáveis. O semieixo maior foi examinado em um intervalo que se estende de 500 m, medidos a partir do corpo secundário, até 2100 m, com incrementos de 5 m. A inclinação inicial, por sua vez, foi variada de 0° a 180°, em passos de 1º. O objetivo dessa análise é avaliar o tempo de vida da espaçonave na vizinhança de um sistema binário de asteroides em função das condições iniciais adotadas. Todas as trajetórias consideradas apresentaram excentricidade inicial nula, ou seja, órbitas circulares. A investigação também considerou os efeitos da pressão de radiação solar sobre a trajetória do satélite, analisando sua influência na estabilidade orbital e na segurança da missão, conforme discutido por Barbosa Torres dos Santos, Prado e Merguizo Sanchez (2017). Os resultados obtidos através das simulações variando simultaneamente o semieixo maior da órbita e a inclinação inicial da espaçonave. Observou-se que combinações de inclinações entre 0° e aproximadamente 100° com semieixos maiores na faixa de 1800 a 2000 m proporcionaram o maior tempo de vida das órbitas da espaçonave. Assim, demonstrou-se que o modelo proposto é eficiente para representar os principais aspectos da dinâmica orbital em sistemas binários irregulares, oferecendo uma ferramenta útil para missões de exploração espacial, além de contribuir para a compreensão da influência de perturbações externas e parâmetros físicos no comportamento de satélites artificiais nesse tipo de ambiente. O presente trabalho possibilitou uma análise detalhada da dinâmica orbital em sistemas binários de asteroides irregulares, com foco na representação de campos gravitacionais e na determinação de trajetórias estáveis para satélites artificiais. A formulação das equações de movimento, considerando a distribuição de massa e a rotação dos asteroides, permitiu identificar pontos de equilíbrio relevantes para a estabilidade orbital. As simulações computacionais realizadas em Fortran possibilitaram a análise de diferentes condições iniciais, incluindo variações de inclinação e semi-eixo orbital, permitindo determinar trajetórias razoáveis e avaliar a influência da pressão da radiação solar sobre a dinâmica do sistema.

**Palavras-chave:** *Sistema de asteroides binários; Campo gravitacional irregular; Dinâmica orbital; Modelo simplificado.*

**Referências**

ALJBAAE, S.; CHANUT, T. G. G.; CARRUBA, V.; SOUCHAY, J.; PRADO, A. F. B. A.; AMARANTE, A. A simplified model for the gravitational potential of irregular bodies. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 464, p. 3552–3566, 2017.

BARBOSA TORRES DOS SANTOS, L.; BERTACHINI DE ALMEIDA PRADO, A. F.; MERGUIZO SANCHEZ, D. A study of stable regions in the vicinity of a synchronous asteroid system using a dipole model. **Astrophysics and Space Science**, v. 362, p. 61, 2017.

BARTCZAK, P.; BREITER, S. Double material segment as the model of irregular bodies. *Celestial* **Mechanics and Dynamical Astronomy**, v. 86, p. 131–145, 2003.

CHANUT, T. G. G.; ALJBAAE, S.; CARRUBA, V. Dynamical mapping in the vicinity of irregular-shaped bodies. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 450, p. 3742–3752, 2015.

# Otimização de parâmetros de células fotovoltaicas de duplo-diodo usando o método de Levenberg-Marquadt

**Matheus Henrique Carlini Buarque de Gusmão, Universidade de Pernambuco (mhcbg@poli.br)**
**Jornandes Dias da Silva, Universidade de Pernambuco (jornandesdias@poli.br)**

A crescente preocupação com a crise energética global e o aumento da frequência de fenômenos climáticos extremos nas últimas décadas têm evidenciado a urgência de reformularmos a matriz energética mundial, promovendo a transição para fontes mais sustentáveis e resilientes a longo prazo (OLLE et al., 2021). Nesse contexto, as células fotovoltaicas, que convertem a energia dos fótons solares em corrente elétrica, destacam-se como uma das tecnologias mais promissoras para atender a essa demanda (MOUSTAPHA; HARRY; CAMEL, 2021). Contudo, a ampla adoção dessa tecnologia enfrenta barreiras significativas, como a eficiência limitada e a durabilidade reduzida das placas fotovoltaicas, fatores que impactam diretamente sua viabilidade econômica e técnica (LIPING et al., 2019; RUOBING et al., 2015). Diante disso, o presente estudo teve como objetivo ampliar o conhecimento sobre os impactos de parâmetros ambientais na eficiência energética de células fotovoltaicas, com ênfase em modelos de duplo-diodo, que ainda são pouco explorados, mas possuem potencial para maior eficiência (DIAS; SILVA, 2020; LIMA; DIAS; SILVA, 2020). Para alcançar esse propósito, foi desenvolvido um sistema experimental de coleta de dados meteorológicos, incluindo temperatura, umidade relativa e incidência solar, utilizando um microcontrolador ESP32 DevKit ligado a um sensor de temperatura e humidade DHT22 e um luxímetro GY-30. Esse sistema foi projetado para registrar continuamente as variáveis ambientais, armazenando-as em uma base de dados para a geração de gráficos que ilustram a variação dessas grandezas ao longo dos períodos de coleta (RIVAS et al., 2019). Os dados coletados foram processados por um algoritmo implementado na linguagem C, que utilizou o método de Levenberg-Marquardt para modelar a equação da corrente de saída de uma célula fotovoltaica de duplo-diodo (VILLALVA; GAZOLI; FILHO, 2009). Essa abordagem permitiu estimar com precisão a corrente gerada pela placa em função das condições ambientais, fornecendo resultados robustos e confiáveis. Os resultados obtidos forneceram dados reais sobre o desempenho das células fotovoltaicas de duplo-diodo, permitindo uma análise detalhada da influência de fatores ambientais em sua eficiência energética. Este estudo contribui para a compreensão das limitações e potencialidades dessa tecnologia, oferecendo subsídios para o desenvolvimento de placas fotovoltaicas mais eficientes, duráveis e economicamente acessíveis. Espera-se que os resultados apresentados possam fomentar a disseminação de tecnologias fotovoltaicas avançadas, incentivando a substituição de combustíveis fósseis por fontes renováveis e sustentáveis, em linha com os objetivos globais de mitigação das mudanças climáticas e promoção da segurança energética.

**Palavras-chave:** *Energia solar; Métodos numéricos; Placa fotovoltaica; Energia renovável.*

## Referências

DIAS, V. F.; SILVA, J. D. Mathematical modelling of the solar driven steam reforming of methanol for a solar thermochemical micro-fluidized bed reformer: thermal performance and thermochemical conversion. **Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering**, v. 42, p. 447, 2020.

LIMA, K. P. M.; DIAS, V. F.; SILVA, J. D. Numerical modelling for the solar driven bi-reforming of methane for the production of syngas in a solar thermochemical micro-packed bed reactor. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 45, p. 10353–10369, 2020.

LIPING, O. et al. Optimum connection modes for photovoltaic thermal collectors in different radiation zones of China. **Applied Thermal Engineering**, v. 122, p. 661-672, 2019.

MOUSTAPHA, B.; HARRY, R.; CAMEL, T. Forseeing energy photovoltaic output determination by a statistical model using real module temperature in the north east of France. **Renewable Energy**, v. 119, p. 935–948, 2021.

OLLE, M. K. et al. Comparative Weibull distribution methods for reliable global solar irradiance assessment in France areas. **Renewable Energy**, v. 165, p. 194–210, 2021.

RIVAS, G. A. R. et al. Thermal performance of a solar volumetric receiver using the two-energy equation model and radiation boundary condition. **International Communications in Heat and Mass Transfer**, v. 104, p. 101–108, 2019.

RUOBING, L. et al. Performance evaluation of new type hybrid photovoltaic/thermal solar collector by experimental study. **Applied Thermal Engineering**, v. 75, p. 487–492, 2015.

VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R.; FILHO, E. R. Comprehensive approach to modeling and simulation of photovoltaic arrays. **IEEE Transactions on Power Electronics**, v. 24, n. 5, p. 1198–1208, 2009.

# Análise e Otimização de Constelações de Satélites Estudo sobre Mecânica Orbital e Impacto de Falhas

**Lucas José da Silva Pacheco, Universidade de Pernambuco (ljsp@poli.br)**
**Leonardo Barbosa Torres dos Santos, Universidade de Pernambuco (lbts@poli.br)**

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma constelação de pequenos satélites do tipo CubeSats voltada ao monitoramento ambiental, considerando sua importância no contexto de intensificação das mudanças climáticas e de eventos extremos. O objetivo principal foi propor um modelo padronizado de constelação para o território brasileiro, capaz de garantir eficiência e interoperabilidade entre missões. O problema identificado foi a ausência de uma base consolidada para utilização de CubeSats nesse tipo de monitoramento, o que compromete a continuidade operacional e a cooperação estratégica entre diferentes projetos. A metodologia empregou simulações orbitais no software STK 11, utilizando dois modelos de propagação: o modelo de dois corpos, baseado exclusivamente na gravitação de Newton (Problema de dois corpos), e o HPOP (*High Precision Orbit Propagator*) (Chobotov, 2002), que inclui perturbações atmosféricas e gravitacionais adicionais, como o efeito da Lua, do Sol e da pressão de radiação. A análise foi complementada com programas desenvolvidos em Python, que permitiram organizar dados de revisita em intervalos de 90 dias, e com geração de gráficos no GNU Plot. A configuração inicial da constelação considerou as latitudes das cidades de Macapá (0°), Natal (-5,79°) e Uruguaiana (29°), além de Alcântara e Cuiabá como bases de referência. A solução encontrada distribuiu 18 satélites em diferentes planos orbitais: dois para Macapá, seis para Natal e dez para Uruguaiana, com intervalo de revisita inferior a 60 minutos no período inicial de operação. Os resultados mostraram que, após aproximadamente 180 dias, os efeitos de arrasto atmosférico causaram agrupamento de satélites em determinadas regiões (King-Hele, 1964), elevando os tempos médios de revisita acima de 90 minutos e comprometendo a cobertura regular. Simulações de falhas demonstraram que a perda de satélites em um plano orbital aumentava os intervalos para mais de 120 minutos. Como solução, foram testados cenários com a inserção de 1 a 2 satélites adicionais com mesmas configurações orbitais de cada subconstelação referente às cidades de interesse, o que reduziu os tempos de revisita novamente para a faixa de 60, restabelecendo a cobertura com menor custo do que uma nova missão exclusiva de lançamento. Conclui-se que a proposta de constelação é viável para o monitoramento ambiental brasileiro, mas apresenta limitações diante de perturbações e perdas, sendo necessária a adoção de mecanismos de reposicionamento ou inserção de novos satélites na constelação. O estudo contribui para a padronização de futuras constelações nacionais e abre caminho para pesquisas que explorem modelagens matemáticas preditivas (Prado, 2000), desenvolvimento de constelações para a região amazônica e aplicação em órbitas mais complexas, incluindo corpos irregulares (Roy, 1988; Taff, 1985).

**Palavras-chave:** *monitoramento ambiental, CubeSats, órbita terrestre, constelações satelitais.*

**Referências**

CHOBOTOV, V. A. Orbital Motion. 3. ed. Reston: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2002.

KING-HELE, D. Theory of Satellite Orbits in an Atmosphere. London: Butterworths, 1964.

PRADO, A. F. B. A. Trajetórias Espaciais Dentro da Dinâmica de Três Corpos. São José dos Campos: INPE, 2000.

ROY, A. E. Orbital Motion. 4. ed. Bristol: Institute of Physics Publishing, 1988.

TAFF, L. G. Celestial Mechanics: A Computational Guide for the Practitioner. New York: Wiley-Interscience, 1985.

# Caracterização mecânica e estrutural de compósitos PCL/PBAT incorporados com nanopartículas de ferrita de cobalto

**Beatriz Alves Passos, Universidade de Pernambuco (beatriz.passos@upe.br)**
**Lilian Kássia Cavalcante da Silva de Assis, Universidade de Pernambuco (lilian.assis@upe.br)**
**Pedro Henrique Pessoa, Universidade Federal de Pernambuco (pedro.hpessoa@ufpe.br)**

Polímeros biodegradáveis tornaram-se uma opção viável em processos industriais devido à sua capacidade de reduzir o impacto ambiental de diferentes plásticos e materiais, como os derivados do petróleo, promovendo a química sustentável e reduzindo o desperdício (Yang *et al.*, 2023). Ao mesmo tempo, nanopartículas magnéticas surgem como uma opção ecológica para o desenvolvimento de novos compósitos com capacidades sensoriais (Du et al., 2018), devido às suas características únicas, como o aprimoramento de propriedades fundamentais dos polímeros (Sousa *et al.*, 2022). Dois polímeros promissores e ecologicamente interessantes são a policaprolactona (PCL) e o poli(butilenoadipato-co-tereftalato) (PBAT), onde a mistura de ambos potencializa a biodegradabilidade, a capacidade de memória de forma e a alta cristalinidade do PCL, ao mesmo tempo que se beneficia das excelentes propriedades mecânicas, estabilidade térmica e custo-efetividade do PBAT (Yang *et al.*, 2023). Neste estudo, teve-se como objetivo avaliar o efeito da adição de diferentes porcentagens (0%, 5%, 10% e 15%, em peso) de nanopartículas de ferrita de cobalto ($CoFe_2O_4$) nas propriedades estruturais e mecânicas de blendas PCL/PBAT, através da síntese de cada composto em laboratório, e da análise por meio de técnicas de caracterização. Foi possível observar, a partir de imagens de MEV (Microscopia Eletrônica de Varredura), a dispersão homogênea da ferrita de cobalto nas blendas, assim como a tendencia de aglomeração das nanopartículas, devido as interações dipolares magnéticas com os polímeros (Watawe; Ladgaonkar, 2015). A partir dos dados de DRX (Difração de Raios-X), foi possível confirmar a presença de uma estrutura cúbica e monofásica, que complementar aos picos de FTIR (Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier), apresentou um padrão de transmitância e comprimento de onda característico da mistura PCL/PBAT nas quatro amostras. No entanto, uma diferença se torna evidente à medida que as concentrações de ferrita de cobalto aumentam, o que resulta em ligações metálicas típicas do ferro e cobalto com o oxigênio da blenda e da nanopartícula (Yuliantika *et al.*, 2019) . Ao avaliar as propriedades mecânicas, por meio de ensaios de tração, obteve-se que as diferentes porcentagens de ferrita de cobalto foram capazes de tornar o material mais dúctil, resistente e com estabilidade mecânica, características comuns em polímeros com propriedades de memória de forma (SMPs – *shape memory polymers*) (Silveyra *et al.*, 2018). Observou-se que amostras com menores concentrações de nanopartículas aumentam a rigidez do material. Isso ocorre devido à formação de ligações covalentes interfaciais na matriz polimérica (Panahi-Sarmad *et al.*, 2019), que favorecem a adesão do $CoFe_2O_4$ à blenda PCL/PBAT. O incremento na rigidez torna o composto adequado para aplicações em sensores inteligentes com propriedades de memória de forma, já que materiais mais rígidos têm maior capacidade de retornar ao seu estado original após receber estímulos, uma característica típica dos SMPs (Silveyra *et al.*, 2018). Diante do conjunto de dados adquiridos, é possível observar que a adesão das nanopartículas ao filme polimérico foi capaz de adicionar características importantes ao material, como resistência e ductibilidade. Estes atributos o tornam um potencial compósito, com capacidade de ser utilizado no estudo de materiais 4D com aplicação em sensores biodegradáveis para a indústria.

**Palavras-chave:** *blendas poliméricas; nanopartículas magnéticas; propriedades estruturais; propriedades mecânicas.*

**Referências**

DU, L. et al. A Fascinating Metallo-Supramolecular Polymer Network with Thermal/Magnetic/Light-Responsive Shape-Memory Effects Anchored by Fe3O4 Nanoparticles. **Macromolecules**, v. 51, n. 3, p. 705–715, 13 fev. 2018.

PANAHI-SARMAD, M. et al. Deep focusing on the role of microstructures in shape memory properties of polymer composites: A critical review. **Euro Polym J**, v. 117, p. 280–303, 2019.

SILVEYRA, J. M. et al. Soft magnetic materials for a sustainable and electrified world. **Science**, v. 362, n. 6413, 26 out. 2018.

SOUSA, F. M. et al. Effect of composition on permeability, mechanical properties and biodegradation of PBAT/PCL blends films. **Polym Bull**, v. 79, n. 7, p. 5327–5338, 6 jul. 2022.

WATAWE, S. C.; LADGAONKAR, B. P. Chemical Synthesis and Functionalization of Cobalt Ferrite Nanoparticles with Oleic Acid and Citric Acid Encapsulation. **MATEC Web Conf**, v. 30, p. 03004, 4 nov. 2015.

YANG, Boxiang et al. Thermal and crystalline properties of biodegradable PCL/PBAT shape memory blends. **Iran Polym J**, v. 32, n. 7, p. 791–800, 2023.

YULIANTIKA, D. et al. Exploring Structural Properties of Cobalt Ferrite Nanoparticles from Natural Sand. **IOP Conf Ser: Mater Sci Eng**, v. 515, n. 1, p. 012047, 2019.

# Biofísica clínica na eletroestimulação em seres humanos

**Hélida Gonçalves de Figueiredo, Universidade de Pernambuco (helida.figueiredo@upe.br)**
**Nicoly de Moura Cavalcanti Barbosa, Universidade de Pernambuco (nicoly.barbosa@upe.br)**
**Rita Cassia-Moura, Universidade de Pernambuco (cassia.moura@upe.br)**

No cérebro humano, o emprego da eletroestimulação controlada tem possibilitado avanços na neuromodulação não invasiva, como ocorre na Estimulação Elétrica Transcraniana (EET) de forma segura e controlada. Este estudo teve como objetivo analisar os fundamentos biofísicos e a eficácia terapêutica da EET em seres humanos. Foi realizada revisão integrativa da literatura científica na base de dados *PubMed*, utilizando os descritores *transcranial direct current stimulation*, *transcranial alternating current stimulation*, *neuromodulation*, combinados com o operador booleano *AND*. Foram incluídos artigos publicados nos últimos 5 anos, que abordassem estudos clínicos realizados em seres humanos, explorando as bases biofísicas e terapêuticas do método. Os resultados indicaram que a interdisciplinaridade científica, na interface entre física, engenharia biomédica e área da saúde, tem sido essencial para transformar estímulos elétricos em efetivas respostas terapêuticas de pacientes. EET é um método biofísico de intervenção terapêutica, no qual a Estimulação Elétrica Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC) tem utilizado corrente contínua de baixa intensidade, geralmente entre 1 e 2 mA, aplicada por eletrodos no couro cabeludo, gerando campos elétricos intracranianos capazes de modificar o potencial de membrana neuronal. Essa corrente sofre dissipação ao atravessar tecidos condutores com distintas resistências, mas ainda assim alcança níveis suficientes para alterar a excitabilidade neuronal sem diretamente induzir potenciais de ação. Na Estimulação Elétrica Transcraniana por Corrente Alternada (ETCA) têm sido empregadas correntes alternadas em frequência controlada, sincronizando oscilações elétricas cerebrais naturais, favorecendo o acoplamento entre específicas regiões cerebrais (Huang et al., 2021). Modelos computacionais têm sido fundamentais para prever a distribuição espacial do campo elétrico dentro do cérebro, de acordo com a heterogeneidade condutiva cerebral e, consequentemente, têm possibilitado a especificidade do protocolo terapêutico para cada paciente (Preisig e Hervais-Adelman, 2022). Embora sejam necessários estudos adicionais para consolidar protocolos clínicos, tem sido evidenciado que a eletroestimulação tem induzido efeitos neuroplásticos decorrentes da plasticidade dependente do tempo de disparo neural, e do acoplamento fase-disparo, contribuindo para a modulação adaptativa dos circuitos neuronais (Agboada et al., 2025). O uso de campos elétricos controlados modifica padrões de conectividade funcional no cérebro humano, favorecendo a plasticidade sináptica, o que constitui um princípio biofísico essencial para a eficácia terapêutica observada em condições como depressão e dor crônica. Além disso, a EET tem sido empregada no tratamento de pacientes com doenças neurodegenerativas, como a Doença de Parkinson. Recentemente foi evidenciado que a ETCC tem promovido melhorias significativas tanto nos sintomas motores quanto nos aspectos cognitivos destes pacientes, com redução de 3,34 pontos na Escala Unificada de Avaliação de Parkinson (Duan e Zhang, 2024). Conclui-se que a EET tem um potencial promissor como terapia inovadora para modular a atividade elétrica cerebral, com evidências de eficácia clínica quantificável em quadros neurodegenerativos, particularmente na Doença de Parkinson.

**Palavras-chave:** *eletroestimulação; eletroterapia; engenharia biomédica; terapia médica.*

**Referências**

AGBOADA, D. et al. Neuroplastic effects of transcranial alternating current stimulation (tACS): from mechanisms to clinical trials. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 19, p.3 -7, 2025.

DUAN, Y.; ZHANG, J. Transcranial electrical stimulation for Parkinson's disease: current perspectives and future directions. **NPJ Parkinson's Disease**, v. 10, n.1, p.214, 2024.

HUANG, Y. et al. Transcranial alternating current stimulation entrains alpha oscillations by preferential phase synchronization of fast-spiking cortical neurons to stimulation waveform. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, p. 2-5, 2021.

PREISIG, B. C.; HERVAIS-ADELMAN, A. The predictive value of individual electric field modeling for transcranial alternating current stimulation induced brain modulation. **Frontiers in Neuroscience**, v. 16, p. 6, 2022.

# Estimulação elétrica encefálica na prática médica

**Nicoly de Moura Cavalcanti Barbosa, Universidade de Pernambuco (nicoly.barbosa@upe.br)**
**Hélida Gonçalves de Figueiredo, Universidade de Pernambuco (helida.figueiredo@upe.br)**
**Rita Cassia-Moura, Universidade de Pernambuco (cassia.moura@upe.br)**

A eletroterapia é uma classe terapêutica que utiliza a estimulação elétrica para resgatar a saúde de seres humanos. O objetivo deste estudo foi analisar a estimulação elétrica encefálica como abordagem terapêutica na prática médica. Foi realizada uma revisão integrativa da literatura nas bases de dados *Pubmed* e *Google* Acadêmico. Os descritores utilizados foram *transcranial electric stimulation, electrical therapy, biophysics,* com o operador booleano *AND*. Foram critérios de inclusão para este estudo a análise de trabalhos científicos publicados nos últimos 5 anos. Foi evidenciado que a Estimulação Elétrica Transcraniana (TES, *do inglês Transcranial Electrical Stimulation*) consiste em um método biofísico terapêutico que utiliza a aplicação de corrente elétrica na região encefálica (Macêdo; Silveira, 2022). A realização da TES modifica o fluxo de íons através da membrana plasmática de células, possibilitando a alteração da atividade neuronal e da excitabilidade do córtex cerebral, resultando na modulação cerebral (Ghosh; Nagarajan, 2025). Essa modificação persiste após o término da estimulação elétrica, com a liberação de neurotransmissores dentre outros processos. A TES tem sido indicada no tratamento de pacientes com diagnóstico de epilepsia, transtornos depressivos, obsessivo-compulsivo e por substâncias, esquizofrenia, e na analgesia, reduzindo a dor em diversos quadros clínicos. Na realização do procedimento, o método requer o uso de uma fonte de corrente elétrica controlada por microprocessador, um compartimento de bateria ou cabo elétrico, dois eletrodos, capacetes não condutores, almofadas condutoras de borracha, esponjas saturadas com solução salina e cabos de conexão, devendo haver o controle da corrente elétrica, e montagem de posicionamento dos eletrodos (Cho et al., 2022). Dentre as classificações da TES, destacam-se a Estimulação Elétrica Transcraniana por Corrente Contínua (TDCS*, do inglês Transcranial Direct Current electrical Stimulation*), que busca regular a taxa de disparo e excitabilidade neuronal; e a Estimulação Elétrica Transcraniana por Corrente Alternada (TACS*, do inglês Transcranial Alternating Current electrical Stimulation*), que tem como objetivo aproximar a frequência de disparo neuronal com a frequência de estimulação pela corrente *elétrica* (Macêdo; Silveira, 2022). Tem sido evidenciado que na realização da TDCS ocorre a modulação da excitabilidade do córtex cerebral, influenciando funções cerebrais, como memória, percepção, linguagem, atenção e funções executivas (Bastos et al., 2024). A TES é um método biofísico não invasivo, seguro, bem tolerado pelos pacientes. Atualmente há dispositivos portáteis e de baixo custo, podendo ser realizado o procedimento em domicílio, sendo associado a outras terapias. Na realização da TES há especificidade no protocolo de tratamento para cada paciente, com efeitos terapêuticos que têm sido persistentes na maioria dos indivíduos avaliados. Outra vantagem é que os equipamentos possibilitam a medida da impedância elétrica com bloqueio da estimulação elétrica caso não haja a adequada regulagem. Foi identificado que a TDCS pode ter como efeito colateral um quadro de leve cefaléia e coceira no local da estimulação (Ghosh; Nagarajan, 2025). Conclui-se que a estimulação elétrica encefálica, com suas distintas modalidades e mecanismos, tem efetivamente contribuído na melhoria da qualidade de vida dos pacientes, corroborando com diversas aplicações na prática médica.

**Palavras-chave:** *eletroestimulação; eletroterapia; engenharia biomédica; terapia médica.*

**Referências**

BASTOS et al. Neuromodulação transcraniana - revisão sistemática. **Revista Foco**, v. 17, n. 12, p. e7119–e7119, 2024.

CHO, H. et al. Transcranial electrical stimulation for psychiatric disorders in adults: A Primer. **FOCUS**, v. 20, n. 1, p. 19–31, 2022.

GHOSH, S.; NAGARAJAN, L. Neurostimulation in childhood epilepsy. **Indian Pediatrics**, v. 62, n. 5, p. 378–385, 2025.

MACÊDO, G. U.; SILVEIRA, J. G. **Estimulação elétrica transcraniana como intervenção terapêutica em pacientes com dor persistente.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Fisioterapia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.

# Ressonância magnética: uma abordagem da biofísica clínica

**Rafael Willian Costa Pereira, Universidade de Pernambuco (rafael.wcpereira@upe.br)**
**Anne Gabrielle Barbosa Câmara, Universidade de Pernambuco (anne.gabrielle@upe.br)**
**Rita Cassia-Moura, Universidade de Pernambuco (cassia.moura@upe.br)**

Ressonância Magnética (RM) constitui um dos métodos mais avançados em diagnóstico médico por imagem, gerando imagens tomográficas de alta resolução e excelente contraste entre tecidos moles no corpo humano. Este trabalho teve como objetivo discutir os fundamentos físicos da obtenção da imagem por RM. Ademais, foi realizada uma revisão integrativa da literatura científica, publicada nos últimos 5 anos, nas bases de dados *PubMed* e *SciELO*. Durante a pesquisa, com operador booleano AND, foram utilizados os seguintes descritores: *magnetic resonance, magnetic resonance imaging, medical imaging*. Tem sido evidenciado que o Hidrogênio é o elemento químico mais abundante no corpo humano, e seu núcleo é o mais simples, apresentando apenas um próton. A imagem tomográfica por RM registra o comportamento do próton do Hidrogênio. Embora outros elementos também possam ser analisados por meio da RM, a predominância da água e da gordura nos tecidos do corpo humano, cujas moléculas contêm átomos de Hidrogênio, torna sua análise mais eficiente. Além disso, no corpo humano os *spins* do próton do Hidrogênio estão dispostos de forma desordenada, de modo que a resultante magnética é zero. No entanto, a partir da aplicação do campo magnético estático, os prótons do Hidrogênio tendem a ficar alinhados, paralelamente ou antiparalelamente, passando a realizar o movimento de precessão com uma frequência específica, descrita pela equação de Larmor (SOUSA et al., 2025). Em seguida, os prótons previamente alinhados na direção do campo, passam a ser excitados por pulsos de radiofrequência (RF), com frequência igual à de Larmor, provocando a ressonância magnética. Os pulsos de RF causam a deflexão do vetor resultante de magnetização, afastando-o do eixo longitudinal em 90° para o plano transversal (THOMAS et al., 2023). Após a aplicação do pulso de RF, ocorre a relaxação por meio de dois processos distintos, caracterizados por constantes de tempo denominadas T1 e T2, sendo T1 correspondente ao tempo necessário para a recuperação de aproximadamente 63% da magnetização longitudinal, que é o realinhamento com o campo magnético estático original; e T2, que é a queda de 37% da magnetização resultante no plano transversal. Desse modo, distintos tipos de tecidos apresentam distintos tempos de relaxação, dentro de um gradiente de tons cinza, possibilitando a visualização de gorduras em tons cinza claro e líquidos em tons cinza escuro, para o caso do T1, enquanto T2 mostra o inverso (DENEKE et al., 2024). A aplicação do pulso de RF na presença apenas do campo magnético estático, resulta na captação do sinal de relaxação proveniente de diversas regiões do corpo, sem localização espacial definida. Para permitir a seleção de uma fatia específica para ser formada a imagem tomográfica, com o uso de bobinas, aplica-se o gradiente ao campo magnético. Esse gradiente faz com que apenas uma determinada região do corpo possua frequência de Larmor compatível com a frequência do pulso de RF, assegurando que a ressonância magnética ocorra de forma localizada. Assim, tem sido possível identificar a origem espacial do sinal captado, permitindo a construção precisa da imagem tomográfica por RM, uma ferramenta que tem sido essencial na prática médica contemporânea. Tem sido evidenciada a sua versatilidade diagnóstica na avaliação anátomo-funcional de órgãos como o encéfalo e o coração, de estruturas musculoesqueléticas, dentre outras, produzindo imagens com riqueza de detalhes do corpo humano, sem empregar radiação ionizante. Entre suas principais vantagens, ressaltam-se o excelente contraste entre tecidos e a aquisição multiplanar. Contudo, trata-se de um método com limitações, incluindo o alto custo financeiro, o prolongado tempo para a obtenção da imagem, e restrições relacionadas ao seu uso por indivíduos que possuam dispositivos metálicos implantados. Ainda assim, os benefícios diagnósticos proporcionados pelo método superam significativamente tais limitações, reafirmando sua relevância no cenário científico atual.

**Palavras-chave:** *diagnóstico médico; engenharia biomédica; imagem médica; processamento de imagens.*

**Referências**

DENEKE T, KUTYIFA V, HINDRICKS G, SOMMER P, ZEPPENFELD K, CARBUCICCHIO C, PÜRERFELLNER H, HEINZEL F R, TRAYKOV V B, RIVA M D, PONTONE G, LEHMKUHL L, HAUGAA K, SARKOZY A, GIMELLI A, TONDO C, ERNST S, ANTZ M, WESTWOOD M. Pre- and post-procedural cardiac imaging (computed tomography and magnetic resonance imaging) in electrophysiology: a clinical consensus statement of the European Heart Rhythm Association and European Association of Cardiovascular Imaging of the European Society of Cardiology. **Europace**, v. 26, p. euae108, 2024.

SOUSA W R G, GUIMARÂES A F, PARENTE-FILHO L W S. Análise da aplicabilidade da ressonância magnética e dos avanços diagnósticos no manejo terapêutico da esclerose múltipla: uma revisão integrativa da literatura. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 8, p. e78013, 2025.

THOMAS K E, FOTAKI A, BOTNAR R M, FERREIRA V M. Imaging methods: magnetic resonance imaging. **Circulation: Cardiovascular Imaging**, v. 16, p. e014068, 2023.

# Dinâmica de propagação de epidemias entre cidades dispostas em redes complexas

**Vinícius Nunes Leal, Universidade de Pernambuco (vnl@poli.br)**
**Rogério Mendes da Silva, Universidade de Pernambuco (rogerio.mendes@poli.br)**

A compreensão da dinâmica de propagação de epidemias em ambientes urbanos é essencial para orientar políticas de saúde pública. A mobilidade geográfica entre cidades amplia a complexidade da disseminação, tornando insuficientes modelos epidemiológicos que considerem apenas populações isoladas. Nesse contexto, este trabalho analisa a propagação de epidemias em sistemas compostos por múltiplas cidades interconectadas, utilizando como base o modelo epidemiológico SIR (suscetível–infectado–recuperado), formulado por meio de equações diferenciais ordinárias acopladas (KERMACK; Mckendrick, 1927). Cada aglomerado urbano foi representado por um conjunto dessas equações, sendo introduzido o acoplamento entre as cidades por meio de um modelo de mobilidade geográfica (Sattenspiel; Dietz, 1994). O fluxo entre localidades foi modelado com base em um modelo gravitacional, no qual a interação é proporcional ao produto das populações e inversamente proporcional à distância (Liang et al., 2019). As simulações computacionais, implementadas em Python e realizadas sobre redes de Cayley, que são estruturas hierárquicas que se expandem a partir de um nó central, onde cada vértice possui K conexões (Ostilli, 2012), foram resolvidas via integração numérica de forma determinística. Foram analisados diferentes regimes de mobilidade, variando de valores baixos a elevados do parâmetro σ (sigma), responsável pela intensidade do deslocamento, e da taxa de retorno ρ (rho), que mede a probabilidade de um indivíduo regressar à sua cidade de origem. Os resultados mostraram que baixos valores de mobilidade σ (sigma) geram surtos locais com picos assíncronos, inicialmente concentrados em metrópoles e posteriormente disseminados para regiões periféricas. Em regimes intermediários, os surtos tornam-se praticamente sincronizados, enquanto altos valores de mobilidade favorecem rápida disseminação e homogeneidade do contágio. Além disso, a taxa de retorno ρ (rho) demonstrou impactar diretamente a duração e a intensidade dos surtos, diferenciando cenários de migração permanente daqueles caracterizados por deslocamentos cotidianos. Esses achados reforçam que a estrutura da rede de mobilidade urbana e a intensidade dos deslocamentos exercem influência decisiva na evolução de epidemias, oferecendo subsídios para a formulação de políticas públicas de controle de mobilidade em emergências sanitárias.

**Palavras-chave:** M*odelo SIR; mobilidade urbana; redes complexas; epidemiologia matemática.*

**Referências**

KERMACK, W. O.; MCKENDRICK, A. G. A contribution to the mathematical theory of epidemics. **Proceedings of the Royal Society of London. Series A**, v. 115, n. 772, p. 700–721, 1927.

LIANG, M.; HUANG, C.; CRESSMAN, R.; YU, N. Identifying influential spreaders by gravity model. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1–12, 2019.

OSTILLI, M. Cayley trees and Bethe lattices: a concise analysis for mathematicians and physicists. **Physica A**, v. 391, n. 12, p. 3417–3423, 2012.

SATTENSPIEL, L.; DIETZ, K. A structured epidemic model incorporating geographic mobility among regions. **Mathematical Biosciences**, v.120, n.1, p.23–44, 1994.

# Estudo Micromagnético de Nanofios Ferromagnéticos Usando Simulação Computacional

**Luísa Figueiredo Tertuliano, Universidade de Pernambuco (lft1@poli.br)**
**Gilvania Lúcia da Silva Vilela, Universidade de Pernambuco (gilvania.vilela@upe.br)**

A simulação micromagnética tornou-se uma ferramenta essencial para a análise de materiais magnéticos, tanto em pesquisas teóricas quanto experimentais. Isso ocorre porque as propriedades magnéticas macroscópicas são diretamente influenciadas pelas complexas interações entre momentos magnéticos individuais. Por meio de simulações micromagnéticas, é possível investigar novos materiais magnéticos na forma de nanoestruturas e filmes finos, otimizar dispositivos magnéticos como sensores e memórias, além de obter entendimento sobre fenômenos fundamentais do magnetismo, incluindo o alinhamento dos domínios magnéticos e a propagação de paredes de domínio. Entre as diversas nanoestruturas estudadas, os nanofios ferromagnéticos se destacam devido ao seu comportamento magnético fortemente dependente da geometria. Esses sistemas são candidatos promissores para aplicações em armazenamento de dados de alta densidade, dispositivos lógicos spintrônicos e até mesmo em aplicações biomédicas, como agentes de contraste em imagens por ressonância magnética (MRI) (Valpreda, 2020). No entanto, apesar dos avanços experimentais significativos, a compreensão de como parâmetros geométricos, por exemplo o comprimento, a largura e a espessura, afetam seu comportamento micromagnético ainda permanece incompleta. Em particular, persistem questões em aberto sobre como esses fatores influenciam a dinâmica das paredes de domínio e as características do ciclo de histerese (Bogdanov, 1999). Materiais ferromagnéticos (FM) exibem magnetização espontânea devido ao alinhamento paralelo dos momentos magnéticos, resultando em um momento magnético líquido mesmo sem a presença de um campo magnético externo. Em contraste, materiais antiferromagnéticos (AFM) apresentam momentos magnéticos alinhados antiparalelamente, levando a uma magnetização líquida próxima de zero. Quando materiais FM e AFM são acoplados, tipicamente em uma interface em nanoestruturas do tipo núcleo–casca (core-shell), essa interação pode produzir fenômenos como o viés de troca (exchange bias) (Maurer, 2009), que afeta o comportamento de histerese magnética e a estabilidade do sistema (O'handley, 2000). Em materiais ferromagnéticos, os momentos magnéticos tendem a se alinhar paralelamente em pequenas regiões conhecidas como domínios magnéticos. Entre dois domínios vizinhos com direções de magnetização distintas, forma-se uma região de transição chamada parede de domínio. Dentro dessa região estreita, a magnetização rotaciona gradualmente da direção de um domínio para o outro, minimizando os custos energéticos de troca e de anisotropia. A estrutura e a dinâmica das paredes de domínio são fortemente influenciadas pelas propriedades do material e pela geometria, especialmente em sistemas na escala nanométrica, como os nanofios. Diferentes tipos de paredes de domínio podem emergir dependendo das dimensões da seção transversal e da anisotropia magnética, por exemplo, paredes transversais são tipicamente observadas em fios mais finos, enquanto paredes em vórtice são mais comuns em fios mais espessos. Compreender o comportamento das paredes de domínio é essencial para estudar processos de reversão de magnetização e desempenha um papel fundamental no funcionamento de dispositivos spintrônicos e tecnologias de memória magnética. Diante disso, este trabalho apresenta um estudo micromagnético de nanofios ferromagnéticos (FM) e nanofios com núcleo FM e casca antiferromagnética (AFM), focando na influência da geometria e das interações interfaciais nas propriedades magnéticas, por meio de simulação computacional. As simulações micromagnéticas foram feitas no OOMMF (Object Oriented MicroMagnetic Framework) (Donahue; Porter, 2024) e os resultados comparados diretamente com a dissertação de mestrado de Adele Valpreda (Valpreda, 2020). As variáveis investigadas foram os parâmetros geométricos, como o diâmetro dos nanofios, e propriedades

do material, incluindo anisotropia e campos magnéticos aplicados. A análise considerou mapas de magnetização e curvas de histerese para diferentes condições. Os resultados mostraram que a geometria dos nanofios afeta diretamente os mecanismos de reversão da magnetização, que passam de rotação coerente para movimentação de paredes de domínio conforme o diâmetro aumenta. Em nanofios de níquel, identificaram-se paredes de domínio transversais ou em vórtex, dependendo do diâmetro (40 nm, 60 nm, 80 nm). Já em nanofios de cobalto, a resposta magnética variou conforme o ângulo entre o eixo de fácil magnetização e o campo aplicado, devido à anisotropia cristalina. Também foram estudados o efeito da orientação do campo magnético e o tamanho da célula de discretização na magnetização e nas curvas de histerese. Para estruturas núcleo-casca (core-shell) de cobalto (Co) e óxido de cobalto (CoO), o deslocamento por troca (exchange bias) (Nogués, 1999) foi caracterizado detalhadamente. Constatou-se que a força do acoplamento na interface e as dimensões dos nanofios influenciam o deslocamento do ciclo de histerese, confirmando que o exchange bias é um efeito de superfície ligado à razão interface/volume. Além disso, demonstrou-se que uma casca ferromagnética com magnetização de saturação típica pode reduzir esse deslocamento em comparação com uma casca antiferromagnética. Conclui-se que os achados deste estudo contribuem para a compreensão das interações magnéticas em escala nanométrica, oferecendo percepções valiosas para o desenvolvimento de dispositivos spintrônicos avançados e memórias magnéticas.

**Palavras-chave:** *Simulação Micromagnética; Nanofios ferromagnéticos; Deslocamento por troca; Reversão magnética.*

**Referências**

BOGDANOV, A. N. Magnetic domains: the analysis of magnetic microstructures. **Low Temperature Physics**, v. 25, n. 2, p. 89-97, 1999.

DONAHUE, Michael J.; PORTER, Donald G. **OOMMF: Object Oriented MicroMagnetic Framework.** Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2024. Disponível em: https://math.nist.gov/oommf/. Acesso em: 8 jul. 2025.

MAURER, Thomas; ZIGHEM, Fatih; OTT, Frédéric; CHABOUSSANT, Grégory; ANDRÉ, Gilles; SOUMARE, Yaghoub; PIQUEMAL, Jean-Yves; VIAU, Guillaume; GATEL, Christophe. Exchange bias in Co/CoO core-shell nanowires: Role of the antiferromagnetic superparamagnetic fluctuations**. Physical Review B**, v. 80, n. 6, p. 064427, 31 ago. 2009.

NOGUÉS, J.; SCHULLER, I. K**.** Exchange bias. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials,** Amsterdam, v. 192, n. 2, p. 203–232, fev. 1999.

O'HANDLEY, Robert. **Modern magnetic materials: principles and applications**. Hoboken: Wiley-Interscience, 2000.

VALPREDA, Adele. **Micromagnetic Simulation of Ferromagnetic Nanowires**. 2020. Tese (Mestrado em Engenharia) — Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Torino, 2020.

# Simulação Micromagnética de Paredes de domínio magnético para memórias computacionais

**Hugo Antonio Domingos Correia, Universidade de Pernambuco (hadc@poli.br)**
**Gilvânia Lúcia da Silva Vilela, Universidade de Pernambuco (gilvania.vilela@upe.br)**

Este trabalho tem como objetivo investigar o movimento de paredes de domínio magnético em materiais ferromagnéticos na forma de filmes finos nanoestruturados, nos quais os domínios magnéticos formados em nanofios representam bits em dispositivos de memória (Parkin; Hayashi; Thomas, 2008). A análise desses sistemas, de grande relevância para a spintrônica, foi conduzida por meio de simulações micromagnéticas realizadas em softwares como OOMMF, MuMax3 e FastMag (Hua; Wu; Yu, 2024; Kuteifan, 2018), capazes de modelar a dinâmica da magnetização sob distintas condições físicas e geométricas. As simulações foram baseadas na equação de Landau–Lifshitz–Gilbert (LLG) (Hua; Wu; Yu, 2024), considerando estruturas unidimensionais com magnetização oposta nas extremidades, originando uma parede de domínio intermediária cuja propagação é induzida pela aplicação de campos magnéticos elevados (Parkin; Thomas; Yang, 2014; Bläsing et al., 2020). Para o caso de um nanofio simples, foram analisadas estruturas com largura de 20 μm, altura de 20 nm e espessura de 4 nm, adotando magnetizações de saturação de 1,0 T e 0,7 T, combinadas com constantes de amortecimento de 0,02 e 0,06. Já para a configuração com acoplamento antiferromagnético (AFC), os nanofios foram mantidos com as mesmas dimensões, variando-se, entretanto, as magnetizações de saturação para 1,2 T, 1,4 T, 1,5 T, 0,5 T e 0,4 T, também com constantes de amortecimento de 0,02 e 0,06. Para cada configuração, foram observados o deslocamento da parede e as respectivas velocidades de propagação, possibilitando a construção de curvas de desempenho em função do valor do campo magnético aplicado no nanofio. Os resultados evidenciaram que o amortecimento exerce papel limitante na velocidade da parede, enquanto a magnetização de saturação favorece sua dinâmica, e que as estruturas AFC apresentam comportamento diferenciado, com maior estabilidade e controle em relação às variações de campo magnetico externo. Tais características tornam essas paredes promissoras para aplicações tecnológicas, uma vez que o aumento da velocidade de propagação está diretamente associado ao controle da taxa de bits e ao armazenamento mais rápido de informações em dispositivos de memória, especialmente em arquiteturas do tipo racetrack memory (Parkin; Hayashi; Thomas, 2008; Kuteifan, 2018). Os resultados obtidos mostraram-se consistentes com trabalhos da literatura, reforçando a confiabilidade dos modelos empregados e apontando perspectivas para o avanço de dispositivos spintrônicos de alta eficiência.

**Palavras-chave:** *paredes de domínio; simulações micromagnéticas; ferromagnetismo; acoplamento antiferromagnético.*

**Referências**

BLÄSING, R. et al. Magnetic racetrack memory: From physics to applications. **Proceedings of the IEEE**, v. 108, n. 8, p. 1303–1321, 2020.

HIROHATA, A. et al. Review on spintronics: Principles and device applications. **Journal of Magnetism and Magnetic Materials**, v. 509, 166711, 2020.

HUA, C.; WU, K.; YU, W. Micromagnetic simulation tools: OOMMF, Mumax3, and COMSOL Multiphysics. In: WU, K.; WANG, J.-P. (ed.). **Magnetic nanoparticles in nanomedicine**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2024. p. 37–80.

KUTEIFAN, M. **Micromagnetic modeling of spintronic devices for memory and recording applications.** 2018. Tese (Doutorado) – University of California, San Diego.
MALOZEMOFF, A.; SLONCZEWSKI, J. **Magnetic domain walls in bubble materials.** New York: Academic Press, 1979.

PARKIN, S.; THOMAS, L.; YANG, S.-H. **Domain wall motion in magnetized wires with AFC multilayers.** US Patente 8,687,415 B2, 2014.

PARKIN, S. S. P.; HAYASHI, M.; THOMAS, L. Magnetic domain-wall racetrack memory. **Science**, v. 320, p. 190, 2008.

YAN, M. et al. Domain wall dynamics in magnetic wires. **Applied Physics Letters**, v. 99, 122505, 2011.

# Estrutura de Consenso Rápido para Aplicações Blockchain

**Caio Bruno de Lima e Silva, Universidade de Pernambuco (caio.bruno@upe.br)**
**Prof. Dr. André Luis da Mota Vilela, Universidade de Pernambuco (andre.vilela@upe.br)**

A tecnologia blockchain representa um dos avanços mais significativos em sistemas distribuídos ao possibilitar um registro imutável e compartilhado de transações sem a necessidade de autoridade central (Lashkari, 2021). Em tais ambientes, a eficácia de um protocolo de consenso está atrelada à topologia da rede e das regras de compartilhamento dos estados de cada nó (Goles, 2018). Nesse contexto, a modelagem dinâmica de processos de votação em grafos fornece uma base sólida para compreender fenômenos como a velocidade de convergência e a robustez contra falhas de comunicação ou ataques maliciosos (Jayabalasamy, 2024). Para representar os validadores do processo de consenso em blockchains, adotamos redes aleatórias, garantindo aleatoriedade no número de conexões e rapidez na propagação de mensagens (Pereira, 2005). A dinâmica de decisão segue o modelo de voto da maioria (Oliveira et al., 2024; Vilela, 2019) com ruído nulo, em que cada agente atualiza seu estado segundo o predomínio local em sua vizinhança. Apresentamos o algoritmo Swift Consensus, inspirado nessa regra majoritária, mas otimizado para acelerar a convergência sem comprometer a integridade do resultado. Estudamos o comportamento do sistema frente a variações no tamanho da rede, no grau médio de conexão e na configuração inicial, sob esquemas de atualização síncrono e assíncrono. Observamos que redes maiores demandam maior número de iterações para atingir a unanimidade de opiniões, porém tornam o consenso mais robusto. Por sua vez, o aumento da conectividade reduz significativamente o tempo de consenso. Além disso, quanto maior a proporção inicial de nós compartilhando a mesma opinião sobre uma transação, menor é o tempo médio para alcançar o consenso. Vimos ainda que valores da conectividade média acima de 15 não apresentam ganhos expressivos de velocidade no processo de decisão da rede, enquanto valores muito baixos comprometem a capacidade do sistema de atingir uma decisão. Mostramos, em particular, que, em redes com 10.000 validadores e grau médio de 10, a unanimidade é atingida sempre que 52% dos validadores compartilham a mesma opinião inicial. Esses resultados ressaltam a importância de balancear a expansão do conjunto de validadores e a densidade de ligações ao projetar protocolos descentralizados que almejem, simultaneamente, alta velocidade e robustez na difusão de decisões.

**Palavras-chave:** *Sistemas complexos; dinâmica de consenso; blockchain; ciência de redes*;

**Referências**

GOLES, E.; MEDINA, P.; SANTIVÁÑEZ, J. Majority networks and local consensus algorithm. **Scientific Reports**, v.13, n.1858, 2018.

JAYABALASAMY, G. PUJOL, C.; LATHA BHASKARAN, K. Application of Graph Theory for Blockchain Technologies. **Mathematics**, v.12, n.8, p. 1133, 2024.

LASHKARI, B.; MUSILEK, P. A comprehensive review of blockchain consensus mechanisms. **IEEE Access**, v.9, p. 43620-43652, 2021.

OLIVEIRA, IGOR V. G. et al. Entropy production on cooperative opinion dynamics. **Chaos, Solitons & Fractals**. v.181, p.114694, 2024.

PEREIRA, LUIZ FELIPE CAVALCANTI; MOREIRA, FRANCISCO GEORGE BRADY. **Diagrama de fases e expoentes críticos do modelo do voto da maioria em grafos aleatórios**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Física, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

VILELA, ANDRÉ L. M. et al. Majority-vote model for financial markets. **Physica A**. V.515, p.762-770, 2019.

# Modelagem em ressonância magnética para diagnóstico médico

**Anne Gabrielle Barbosa Câmara, Universidade de Pernambuco (anne.gabrielle@upe.br)**
**Rafael Willian Costa Pereira, Universidade de Pernambuco (rafael.wcpereira@upe.br)**
**Rita Cassia-Moura, Universidade de Pernambuco (cassia.moura@upe.br)**

Ressonância Magnética (RM) é atualmente o método de formação de imagem que possibilita excelente visualização de detalhes anatômicos de estruturas internas do corpo humano. Este estudo teve por objetivo analisar a modelagem na formação de imagens por RM e suas aplicações médicas. Foi realizada uma revisão integrativa da literatura científica nas bases de dados *MEDLINE* e *LILACS*, com o uso dos descritores: *MRI, diagnostic imaging, image processing, clinical application*, com o operador booleano AND. Foi adotado como critério de inclusão o uso de artigos científicos com foco em imagem médica, publicados nos últimos 5 anos. Na RM, imagens tomográficas têm sido obtidas quando o indivíduo é submetido a intenso campo magnético estático e, para emprego clínico, usualmente a intensidade de campo magnético tem sido de 1,5T ou 3,0T, tendo sido evidenciado que quanto maior é a intensidade do campo magnético estático, melhor o detalhamento na imagem, sendo insatisfatória a qualidade da imagem obtida com campo abaixo de 1,5T (Azhar & Chong, 2022). Com o campo magnético aberto tem sido inferior a qualidade da imagem, sendo comumente empregado o campo magnético fechado. O diagnóstico médico realizado com a RM tem possibilitado análises anátomo-funcionais, e o modelo que é visualizado na imagem tem sido associado ao comportamento do próton de Hidrogênio, presente em moléculas de água móvel (Rakhimov et al., 2025). Cada próton tem um momento magnético intrínseco, realiza movimento de precessão cuja frequência é chamada frequência de Larmor, e devido sua natureza de dipolo magnético, se alinha ao campo magnético aplicado, gerando uma magnetização resultante. Para a obtenção da imagem é necessário aplicar pulsos de radiofrequência, que desviam a magnetização para o plano transverso. Após o término do pulso, os prótons retornam ao estado de equilíbrio por meio do processo de relaxação, em T1 (tempo de relaxação longitudinal, *spin*-rede) e em T2 (tempo de relaxação transversal, *spin-spin*). As ponderações em T1 e em T2 têm possibilitado que nas imagens sejam diferenciados tecidos saudáveis de patológicos, conforme suas propriedades físico-químicas (Azhar & Chong, 2022). Sequências de pulso como *Spin Echo* e *Gradient Echo* podem gerar outras ponderações no contraste das imagens. Os sinais de radiofrequência emitidos pelo corpo do paciente, durante o processo de relaxação, são captados por bobinas e submetidos à codificação espacial, via gradientes de campo magnético. Esses dados são armazenados no *k-space* e processados por algoritmos que constroem a imagem final, a qual resulta da modelagem computacional (Jahng et al., 2020). A Ressonância Magnética *Fingerprinting* (RMF) representou um recente avanço na obtenção de imagens médicas, ao empregar subamostragem do *k-space*, reconstruir por comparação com um dicionário simulado, otimizando o tempo de obtenção da imagem e a acurácia quantitativa do diagnóstico (Monga et al., 2024). A RM tem sido aplicada para o diagnóstico e monitoramento de neoplasias, doenças degenerativas, lesões musculoesqueléticas, na análise da função cardíaca e do encéfalo, dentre outras indicações clínicas (Azhar & Chong, 2022; Jahng et al., 2020). Tem possibilitado a avaliação multiplanar do corpo humano com alta qualidade de imagem, sem uso de radiação ionizante, e com caráter não invasivo. Além do alto custo dos equipamentos de RM e disparidade logístico-social no acesso de pacientes ao método, na obtenção da imagem há alta sensibilidade a movimentos do paciente, intenso e desconfortável ruído gerado pelo equipamento, contraindicação para seu uso por pacientes com dispositivos metálicos implantados e em pacientes claustrofóbicos (Rakhimov et al., 2025). Apesar destas limitações técnico-estruturais, conclui-se que a RM possibilita a obtenção de imagens de alta resolução, desempenhando um papel essencial em diagnósticos e na tomada de decisões médicas.

**Palavras-chave:** *diagnóstico médico; engenharia biomédica; imagem médica; processamento de imagens.*

**Referências**

AZHAR, S.; CHONG, L. R. Clinician's guide to the basic principles of MRI. **Postgraduate Medical Journal**, v. 99, n. 1174, p. postgradmedj-2022-141998, 2022.

JAHNG, G.-H. et al. Magnetic Resonance Imaging: Historical Overview, Technical Developments, and Clinical Applications. **Progress in Medical Physics**, v. 31, n. 3, p. 35–53, 2020.

MONGA, A. et al. Emerging Trends in Magnetic Resonance Fingerprinting for Quantitative Biomedical Imaging Applications: A Review. **Bioengineering**, v. 11, n. 3, p. 236, 2024.

RAKHIMOV, B. et al. Physical Principles of Magnetic Resonance Imaging (MRI). **Modern American Journal of Medical and Health Sciences**, v. 1, n. 2, p. 56–61, 2025.

# Modelagem da termografia em biofísica clínica

**Irinaldo dos Santos Pereira, Universidade de Pernambuco (irinaldo.spereira@upe.br)**
**Natália Alencar Carvalho Alves, Universidade de Pernambuco (natalia.carvalhoalves@upe.br)**
**Rita Cassia-Moura, Universidade de Pernambuco (cassia.moura@upe.br)**

A termografia constitui um método em diagnóstico médico por imagem, em que há o registro da radiação infravermelha emitida pelo corpo humano. O objetivo deste trabalho foi discutir os fundamentos biofísicos da termografia e suas aplicações clínicas. Foi realizada revisão integrativa da literatura científica nas bases de dados *PubMed* e *Scielo*, com os descritores *thermography, medical images, infrared images,* usando o operador booleano *AND*. Foi adotado como critério de inclusão o uso de artigos científicos com foco em imagem médica, publicados nos últimos 5 anos. A termografia é um método biofísico não destrutivo e não invasivo, que tem possibilitado o diagnóstico médico através da medida de variações da temperatura na superfície do corpo humano, sem o uso de radiação ionizante, sem necessidade de contato entre o equipamento e o corpo do paciente. A temperatura corporal é um indicativo do estado fisiológico do ser humano, sendo essencial na prática médica para detectar alterações metabólicas e inflamatórias. A termografia infravermelha baseia-se no fato de que todo corpo com temperatura acima do zero absoluto (-273,15 °C) emite radiação infravermelha. A distribuição espectral da radiação emitida é descrita pela Lei de Planck (Tipler; Llewellyn, 2009), e a potência total irradiada por um corpo é determinada pela Lei de Stefan-Boltzmann, resultante da integração da Lei de Planck (Halliday et al., 2016). Radiação infravermelha tem comprimento de onda entre 1μm ($1x10^{-6}$m) e 1mm ($1x10^{-3}$m), no espectro eletromagnético a frequência da radiação infravermelha ocupa a faixa entre luz visível e micro-ondas, e embora não seja visível pelos seres humanos, através da pele pode ser percebida como calor. Tem sido evidenciado que a radiação infravermelha emitida pelo corpo humano tem comprimento de onda de 8 a 14 μm (Liu et al., 2025). Com o uso de câmera termográfica infravermelha, na termografia esta radiação é captada e convertida em uma imagem, que é o termograma. Termogramas têm possibilitado a análise quantitativa do quadro clínico do paciente, através do registro da atividade metabólica, a microcirculação e a função vasomotora, e têm sido utilizados como uma forma de modelagem biológica. Os padrões de calor detectados pela termografia em processos inflamatórios nas articulações têm evidenciado sua importância como ferramenta diagnóstica (Schiavon et al., 2021). Tem possibilitado identificar alterações térmicas em áreas dolorosas, inclusive quando outros métodos são inconclusivos no diagnóstico. Tem sido evidenciado que a termografia é sensível a fatores externos como a temperatura do local de realização do procedimento, uso de roupas, estado emocional do paciente, sendo exigido um ambiente controlado para garantir a precisão do método. Além disso, por registrar apenas a radiação emitida pela superfície do corpo humano, não detecta alterações em tecidos mais profundos (Abdulkareem; Hashim, 2024). Conclui-se que apesar de incipiente o emprego da termografia na prática clínica, tem sido aplicada com sucesso em diagnósticos médicos, oferecendo uma alternativa complementar aos métodos tradicionais de imagem. A imagem termográfica tem possibilitado a identificação e monitoramento de doenças, oferecendo uma perspectiva fisiológica importante para o entendimento de diversas condições patológicas.

**Palavras-chave:** *diagnóstico médico; engenharia biomédica; imagem médica; processamento de imagens.*

**Referências**

ABDULKAREEM, A. F. et al. Infrared medical thermography, medical applications, and its basic principles: a review. **BIO Web of Conferences**, v. 97, n. 12, p. 00140, 2024.

HALLIDAY, D. et al. **Fundamentos de Física**: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. v. 2. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

LIU, Q. et al. Infrared thermography in clinical practice: a literature review. **European Journal of Medical Research**, v. 30, n. 33, 2025.

SCHIAVON, G. et al. Infrared thermography for the evaluation of inflammatory and degenerative joint diseases: a systematic review. **Cartilage**, v. 13, supl. 2, p. 1790S–1801S, 2021.

TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Física Moderna**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

# Termografia infravermelha: imagem diagnóstica na prática médica

**Natália Alencar Carvalho Alves, Universidade de Pernambuco (natalia.carvalhoalves@upe.br)**
**Irinaldo dos Santos Pereira, Universidade de Pernambuco (irinaldo.spereira@upe.br)**
**Rita Cassia-Moura, Universidade de Pernambuco (cassia.moura@upe.br)**

A termografia infravermelha (TIV) é um método diagnóstico baseado na obtenção de imagens médicas, com o uso da radiação infravermelha emitida pela superfície cutânea de seres humanos. O objetivo deste estudo foi analisar os princípios biofísicos da TIV, destacando seu potencial de emprego na detecção precoce e no monitoramento de patologias em pacientes. Foi realizada revisão integrativa da literatura publicada nos últimos 5 anos, utilizando as bibliotecas virtuais *Pubmed* e *Scielo*, com os descritores *infrared, thermography, medicine*, com o operador booleano *AND*. Foi verificado que a TIV tem sido uma ferramenta diagnóstica não invasiva, que capta radiação infravermelha emitida pela pele do paciente, na faixa de 8 a 14 µm, gerando imagens que refletem variações da temperatura superficial, que estão associadas a processos metabólicos. Essas variações são influenciadas pelo fluxo sanguíneo, por mecanismos como vasodilatação e vasoconstrição, por exemplo. Foi também verificado que a TIV requer condições controladas para que resultados confiáveis sejam obtidos, como temperatura ambiente entre 18 e 25 °C e umidade relativa de 35 a 60%. Além disso, o paciente deve permanecer em repouso durante 10 a 15 minutos, visando minimizar as interferências de fatores externos, como sudorese e contato físico (Viegas et al., 2020). Foi evidenciado que a análise para emissão do laudo médico do termograma da área afetada, tem consistido na comparação com regiões simétricas ou basais, identificando assimetrias térmicas, indicativas de alterações fisiológicas. A TIV destaca-se por sua versatilidade em aplicações clínicas. Em oncologia, tem possibilitado a identificação precoce de tumores, podendo vir a complementar a mamografia no diagnóstico do câncer de mama; na avaliação de processos inflamatórios, tem possibilitado a identificação de quadros clínicos como celulite e infecções pós-cirúrgicas; em doenças reumáticas, tem possibilitado o monitoramento da artrite reumatoide (Liu et al., 2025; Stanley et al., 2024). Além disso, através da detecção de gradientes ou assimetrias térmicas, a TIV tem sido utilizada em distúrbios relacionados à dor, como neuralgia pós-herpética; doenças do sistema circulatório; triagem de lesões pulmonares causadas por COVID-19; monitoramento de gravidez; choque e lesões musculares em atletas. Ademais, foi identificado que o uso de novas tecnologias, como algoritmo de *machine learning*, tem aprimorado a precisão diagnóstica na TIV (Stanley et al., 2024). Entre as vantagens da TIV, têm sido destacadas a portabilidade, baixo custo relativo, resultados em tempo real, e a capacidade de detecção precoce de alterações fisiológicas antes da identificação de lesões anatômicas (Liu et al., 2025). Contudo, limitações no método têm sido identificadas, como: i) ausência de protocolos padronizados no cotidiano, ii) baixa especificidade para lesões de pequena magnitude, iii) influência de fatores fisiológicos, no ritmo circadiano e no ciclo menstrual, iv) fatores ambientais, na umidade e fluxo de ar, e v) em resultados, a sensibilidade limitada a tecidos superficiais e a subjetividade na interpretação dos termogramas (Viegas et al., 2020). Outrossim, mostrou-se de suma importância que a TIV deva vir a ser utilizada rotineiramente na prática médica, não como método isolado, mas como complementar a exames clínicos, e integrada a outros métodos biofísicos, como radiografia, ultrassonografia e tomografia computadorizada, por exemplo. Por ser um método seguro, acessível, sem uso de radiação ionizante, a TIV mostrou-se promissora especialmente em contextos com recursos financeiros limitados, devendo vir a se consolidar como imagem diagnóstica na medicina contemporânea, como uma ferramenta com grande potencial na identificação precoce e no monitoramento de diversas patologias, reforçando sua relevância para a prática médica.

**Palavras-chave:** *diagnóstico médico; engenharia biomédica; imagem médica; processamento de imagens.*

**Referências**

LIU, Q. et al. Infrared thermography in clinical practice: a literature review. **European Journal of Medical Research**, v. 30, n. 1, p. 33, 2025.

STANLEY, S. A. et al. Uses of infrared thermography in acute illness: a systematic review. **Frontiers in Medicine**, v. 11, p. 1412854, 2024.

VIEGAS, F. et al. The use of thermography and its control variables: a systematic review. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 26, n. 1, p. 82-86, 2020.

# Localização Fraca no Transporte Eletrônico em Sistemas Mesoscópicos

**Davi Barbosa de Medeiros, Universidade de Pernambuco (davi.barbosa@upe.br)**
**Marcone Isidorio de Sena Junior, Universidade de Pernambuco (marcone.sena@upe.br)**

A pesquisa científica e tecnológica em sistemas nanoestruturados enfrenta grandes desafios na compreensão das propriedades de transporte eletrônico. Os fundamentos da teoria de transporte quântico envolvem desde tópicos de física de não-equilíbrio (DE GROOT, 2013) até teoria quântica de muitos corpos (STEFANUCCI, 2013). Embora essas ferramentas teóri-cas tenham esclarecido muitos aspectos de transporte em sistemas de baixa dimensionalidade, o aperfeiçoamento de sua descrição continua em desenvolvimento. Além disso fenômenos de transporte em nanoestruturas também podem ser descritos por técnicas semiclássicas utiliza-das em escala mesoscópica (DATTA, 1997). Esse regime inclui processos de transporte coe-rente a baixas temperaturas em heteroestruturas semicondutoras GaAs/AlGaAs, nas quais a descrição como gás bidimensional de elétrons, modelados como sistemas quantum-caóticos, é válida. O presente trabalho tem como propósito: desenvolver uma modelagem semi-clássica para cumulantes de transporte eletrônico em redes balísticas; investigar a influência da topologia da rede nos cumulantes de ordem superior; propor uma abordagem mais simples e eficiente, com base em uma matriz de adjacência ponderada reduzida, para a determinação das correções quânticas. A pesquisa combina técnicas analíticas e métodos nu-méricos, apoiados em ferramentas de computação algébrica. Foi desenvolvido um programa no software Wolfram Mathematica para explorar diferentes topologias de redes descritas na literatura. A análise utiliza a Teoria Quântica de Circuitos de Y. Nazarov (2009), na qual os cumulantes da estatística de contagem de carga são obtidos a partir de uma função geratriz definida por uma pseudocorrente não-ôhmica. Essa função obedece a um conjunto análogo às "leis de Kirchhoff", expressas em equações algébricas não lineares. O estudo aplica correções quânticas ao regime semiclássico de transporte, suficiente para descrever a maioria dos fenô-menos em física mesoscópica. A construção da matriz de adjacência ponderada reduzida, de acordo com as conexões da rede, constitui a base do tratamento formal adotado. Com base nas correções de localização fraca obtidas por Sena-Junior (SENA, 2014), foram construídas as correções quânticas para os cumulantes de transporte. Essas correções foram aplicadas a uma rede linear homogênea, permitindo determinar as expressões da correção quântica para os quatro primeiros cumulantes, estabelecidas por recorrência das correções antecedentes. Durante esse processo, observou-se a existência de polinômios que governam as correções, o que evidencia uma estrutura matemática subjacente. A abordagem mostrou-se mais eficiente do que técnicas descritas anteriormente na literatura, especialmente pela utiliza-ção da matriz de adjacência ponderada reduzida. Os resultados obtidos demons-tram que a modelagem proposta é capaz de descrever cumulantes de transporte eletrônico em redes balísticas de forma mais simples e eficiente. A utilização da matriz de adjacência ponde-rada reduzida permite capturar as correções quânticas com clareza e generalidade, destacan-do a relevância da topologia da rede e das simetrias envolvidas. Como perspectiva futura, o desenvolvimento dessas correções de localização fraca poderá ser estendido para redes de grafos aleatórios com transparência arbitrária, ampliando o escopo da teoria semiclássica apli-cada a fenômenos de transporte em sistemas mesoscópicos.

**Palavras-chave:** *Correções Quânticas; Cumulantes; Rede de Grafos; Matriz de adjacências.*

**Referências**

DATTA, S. **Electronic Transport in Mesoscopic Systems**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

DE GROOT, S. R.; MAZUR, P. **Non-equilibrium thermodynamics**. New York: Courier Corporation, 2013.

MEHTA, M. L. **Random Matrices**, v. 142. London: Academic Press, 2004.

NAZAROV, Y. V.; BLANTER, Y. M. **Quantum Transport: Introduction to Nanoscience**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

SENA-JUNIOR, M. I.; ALMEIDA, F. A. G.; MACEDO, A. M. S. **Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical**, v. 47, 235101, 2014.

STEFANUCCI, G.; VAN LEEUWEN, R. **Nonequilibrium Many-Body Theory of Quantum Systems: A Modern Introduction**. Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

# Realização de Experimentos de Baixo Custo no Ensino de Física

**Irinaldo dos Santos Pereira, Universidade de Pernambuco (irinaldo.spereira@upe.br)**
**Marcone Isidorio de Sena Junior, Universidade de Pernambuco (marcone.sena@upe.br)**

Este projeto visa desenvolver, implementar e apresentar experimentos de baixo custo no ensino de Física como suporte para o ensino de conceitos de Física Geral nos primeiros semestres de cursos do Ensino Superior, o que pode ser aproveitado para o ensino de Física no ensino médio. Os experimentos foram concebidos para demonstrar conceitos fundamentais de Física, especialmente da disciplina de Fundamentos da Ondulatória e da Termodinâmica inicialmente realizados para a turma do curso de graduação de Física de Materiais da UPE. Ao permitir que os alunos observem diretamente os comportamentos físicos abordados em sala, espera-se promover uma aprendizagem mais significativa articulada com o ensino de Física Geral. Usando recursos acessíveis para todos, foi elaborado experimentos acompanhado do roteiro do kit de experimentos na forma de materiais confeccionados por impressão 3D de uma máquina térmica, da modificação de experimentos da Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas - OBFEP, e também de experimentos selecionados do livro de Jucimar Peruzzo com experimentos de coeficiente de restituição, deformação elástica, a fumaça que desce, chamas em rotação, dilatação térmica dos líquidos, máquina de Stirling e entre outros foram adicionados. Esses experimentos utilizam um aspecto didático que o aluno pode fazer individualmente, junto ao kit acompanha um Guia para que o aluno possa compreender o passo a passo, alguns dos experimentos obtêm um modelo onde é preciso tirar medidas e responder questões. Neste contexto, será abordado um pouco de alguns experimentos que estão incluídos no kit, começando pelo experimento de coeficiente de restituição que tem como objetivo determinar o coeficiente de restituição a partir da colisão entre um corpo e uma mola fixa. A atividade permite revisar conceitos fundamentais de mecânica, como energia cinética, energia potencial e momento linear, além de introduzir a ideia de perdas de energia em colisões. Já a deformação elástica das molas tem como objetivo verificar a validade da Lei de Hooke, que descreve o comportamento da força elástica em molas. Utilizando arruelas como massas e uma régua para medir a elongação, os estudantes investigam a relação entre a força aplicada e a deformação da mola (SBF, s.d.). Em chamas e rotação observa-se o movimento rotacional de chamas causado pela combinação de convecção térmica e da força centrífuga. O ar aquecido pela chama perde densidade e sobe, enquanto a rotação do sistema faz com que esse fluxo seja desviado lateralmente, criando um movimento espiralado. A explicação se baseia na equação dos gases ideais para densidade do ar e na taxa de transferência de calor por convecção, evidenciando como fatores térmicos e dinâmicos influenciam os fluxos de ar. No experimento a fumaça que desce demonstra o comportamento da fumaça em uma garrafa PET aquecida com papel em combustão. Ao queimar o papel, o ar dentro da garrafa aquece, dilata-se e sobe, sendo substituído por ar mais frio e denso que entra pela lateral. Isso cria uma circulação que, curiosamente, faz com que a fumaça desça por convecção forçada. A análise se apoia nas leis dos gases ideais e na variação da densidade com a temperatura, explicando o fenômeno pelo princípio de Arquimedes (Peruzzo, 2006). Então o experimento com a máquina de Stirling tem como objetivo demonstrar, de forma prática, os princípios da termodinâmica aplicados à conversão de calor em trabalho mecânico. A máquina utiliza a expansão e compressão cíclica de um gás (como o ar) ao ser aquecido e resfriado entre dois compartimentos. Esse processo movimenta um pistão, gerando energia mecânica. Construída com materiais simples como tubo de ensaio, bolinhas de gude, seringa e mangueira e base 3D, a montagem permite visualizar conceitos como ciclo termodinâmico, eficiência térmica, transferência de calor, trabalho realizado por um gás. O experimento também reforça a importância da diferença de temperatura entre os reservatórios quente e frio para o funcionamento do sistema. A elaboração e utilização do Kit de Experimentos de Física mostrou-se uma ferramenta pedagógica eficaz para o ensino de conteúdos de Termologia e Oscilações. Por meio da realização prática dos experimentos, os estudantes podem vivenciar

conceitos teóricos de forma concreta, desenvolvendo uma compreensão mais profunda e contextualizada dos fenômenos físicos. Além disso, o caráter acessível dos materiais utilizados permite a democratização do ensino experimental, contribuindo para a formação científica crítica e criativa. Como perspectiva futura, a ampliação do kit com novos experimentos e a aplicação em diferentes níveis de ensino poderão reforçar ainda mais seu impacto educacional.

**Palavras-chave:** *Experimentos; Termodinâmica; Oscilações.*

**Referências**

PERUZZO, Jucimar. **Termodinâmica, ondulatória e óptica**. 1.ed. São Paulo: Moderna, 2006.

SBF. **Provas – Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas**. Disponível em: https://www1.fisica.org.br/~obfep/provas/. Acesso em: 18 jul. 2025

# Simulação Computacional de Sistema com Poucos Graus de Liberdade - Uma Visita ao Problema de Três Corpos

**Lucas Marcone Bernardino da Silva, Universidade de Pernambuco (lmbs1@poli.br)**
**Cauê Nogueira da Silva, Universidade de Pernambuco (cns@poli.br)**
**Marcone Isidorio de Sena Junior, Universidade de Pernambuco (marconesena@poli.br)**

A investigação de muitos fenômenos físicos se dá pela modelagem por meio de sistemas denominados conservativos, que são caracterizados por ausência de dissipação. A modelagem de sistemas conservativos pode ser utilizada para o estudo da propagação de energia por sistemas elástico-mecânicos para a compreensão das características elásticas e de transmissão calor dos materiais envolvidos a partir da modelagem das vibrações harmônicas, que envolve muitos graus de liberdade. Ao passo que a modelagem de sistemas conservativos com poucos graus de liberdade, permite um estudo com menor dificuldade de sistemas não-lineares, como se dá com a modelagem do problema de dois corpos que é perfeitamente resolvida de forma exata, tradicionalmente desenvolvida nos cursos de Mecânica Clássica. Outros sistemas auto-gravitantes, a exemplo do tradicional problema dos três corpos, como o sistema Sol-Terra-Lua, para o qual pode-se obter soluções analíticas aproximadas. O presente trabalho tem como foco o estudo do problema dos três corpos, um sistema clássico da mecânica celeste que não possui solução analítica geral e apresenta comportamento caótico, sendo altamente sensível às condições iniciais. A proposta inseriu-se em um projeto de ensino voltado à formação do aluno pesquisador, com o objetivo de promover a autonomia investigativa, o raciocínio lógico e o domínio de ferramentas computacionais aplicadas à Física. Embora o problema estudado tenha sido amplamente tratado na literatura (Marchal, 1990), a abordagem voltada para o ensino permite ao estudante enfrentar desafios reais de modelagem e interpretação de resultados. Devido à sua complexidade, o problema dos três corpos torna-se um excelente objeto de investigação para o desenvolvimento de habilidades em métodos numéricos e modelagem computacional **(**Bate; Mueller; White, 1971). A metodologia adotada consistiu na implementação do método de Runge-Kutta de quarta ordem (RK4) utilizando a linguagem de programação Python. O método RK4 é destacado como um método robusto e de precisão razoável, ideal para problemas em que a solução analítica não está disponível (Burden; Faires, 2011). Obteve-se a solução numérica do sistema e foram desenvolvidas as primeiras animações, representando graficamente as trajetórias dos corpos em interação gravitacional, permitindo visualizar as trajetórias complexas dos corpos em interação. A visualização das órbitas simuladas contribuiu para a compreensão qualitativa do sistema dinâmico e caótico, reforçando o papel das simulações como ferramenta de apoio ao ensino de Física (Silva; Mortimer, 2004). O modelo adotado auxilia no desenvolvimento de habilidades científicas importantes, como o raciocínio analítico, o uso de ferramentas computacionais e a autonomia discente. O projeto, contribui para consolidar conhecimentos em mecânica clássica e métodos numéricos, ao mesmo tempo em que promove uma aproximação concreta com práticas de pesquisa científica, destacando a importância da pesquisa no ensino como um meio de formação.

**Palavras-chave:** *Problema dos três corpos; Runge-Kutta; simulação computacional; ensino de física.*

**Referências**

BATE, R. R.; MUELLER, D. D.; WHITE, J. E. **Fundamentals of Astrodynamics**. New York: Dover Publications, 1971.

BURDEN, R. L.; FAIRES, J. D. **Numerical Analysis**. 9. ed. Boston: Brooks Cole, 2011.

MARCHAL, C. **The Three-Body Problem**. Amsterdam: Elsevier, 1990

SILVA, C. C.; MORTIMER, E. F**.** Computadores e ensino de ciências: possibilidades e limitações das simulações computacionais. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 10, n. 3, p. 375–390, 2004.

# Terinha, um seguidor de linha para competições

**Matheus Henrique Carlini Buarque de Gusmão, Universidade de Pernambuco mhcbg@poli.br**
**Andre Luís da Mota Vilela, Universidade de Pernambuco andre.vilela@upe.br**
**Davi Barbosa de Medeiros, Universidade de Pernambuco davi.barbosa@upe.br**
**João Vitor Gomes de França Paz, Universidade de Pernambuco jvgfp@poli.br**
**Bruna Letícia da Costa Crespo, Universidade de Pernambuco blcc@poli.br**

A robótica é uma área que tem se desenvolvido rapidamente e se consolidado como parte integral dos processos industriais modernos. Entre os robôs que vêm experimentando uma popularização recente devido à sua capacidade de agilizar operações e reduzir custos logísticos estão os seguidores de linha, aplicados desde o transporte de materiais radioativos, que seriam perigosos para humanos, até funções de atendimento em restaurantes (PATHAK et al., 2017, p. 10). Esses robôs funcionam a partir de sensores, comumente infravermelho (IR), capazes de distinguir uma linha de cor diferente da superfície sobre a qual se deslocam e segui-la. Nesse contexto, a equipe Byte Benders da Escola Politécnica de Pernambuco, especializada em competições na categoria de robôs seguidores de linha, desenvolveu a segunda geração de seus robôs. O objetivo principal deste trabalho foi testar os limites do robô principal dessa geração, denominado “Teralf”, durante a competição RCX-CPBR16, realizada em São Paulo no ano de 2024, avaliando principalmente seu tempo no trajeto e sua capacidade de parada após a chegada. O robô foi construído utilizando a placa Robocore Vespa baseada no microcontrolador ESP32 DevKit — uma melhoria em relação à placa Arduino Uno e à Ponte H L298N —, motores de corrente contínua N20 e sensores IR Pololu QTR-8A e QTR-8RC, que representam um avanço em comparação ao array de cinco sensores TCRT5000L usado anteriormente. O controle do robô foi implementado de forma autônoma por meio de um loop de controle Proportional-Integral-Derivative (PID), desenvolvido por Minorsky (1922, p. XX) e amplamente utilizado em robôs desse tipo (ANG; CHONG; LI, 2005; BAJESTANI; VOSOUGHINIA, 2010; SELLERS, [s. d.]; SOUZA et al., 2015). O método consiste em processar o sinal dos sensores por três funções: uma proporcional ao sinal, uma integral numérica e uma pseudo-derivada para garantir o controle estável dos motores. Durante a competição, o robô conquistou o 19º lugar entre 78 inscritos, sendo o primeiro colocado entre as equipes das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, com tempo de 32,0 s. Entretanto, apenas uma das nove tentativas resultou em conclusão da pista, tendo havido saída de linha nas demais. O desempenho alcançado foi considerado satisfatório em relação ao tempo e à colocação, resultado atribuído principalmente ao bom ajuste dos parâmetros do PID (Kp = 28,0; Ki = 0,0; Kd = 217,3). Contudo, observaram-se problemas recorrentes de saída de linha, atribuídos tanto às limitações da linguagem de programação Arduino quanto a picos de tensão na placa, confirmados em testes posteriores. Como trabalhos futuros, propõe-se a adoção de uma linguagem de programação de mais baixo nível, visando maior desempenho e controle sobre as funções do robô, além do desenvolvimento de uma placa própria para otimizar a regulação da energia no sistema.

**Palavras-chave:** *robótica, controle PID, sistemas embarcados, robô seguidor de linha.*

**Referências**

ANG, Kiam Heong; CHONG, Gregory; LI, Yun. PID control system analysis, design, and technology. **IEEE Transactions on Control Systems Technology**, v. 13, n. 4, p. 559–576, 2005.

BAJESTANI, S. E. M.; VOSOUGHINIA, A. Line follower robot using fuzzy logic controller optimized by genetic algorithm. **International Journal of Computer Applications**, v. 6, n. 4, p. 1–6, 2010.

MINORSKY, Nicolas. Directional stability of automatically steered bodies. **Journal of the American Society for Naval Engineers**, v. 34, n. 2, p. 280–309, 1922.

PATHAK, Nishant et al. Line following robot for library management system. **International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology**, v. 3, n. 2, p. 9–12, 2017.

SELLERS, Eric. Arduino PID library. [**S.l.: s.n.**], [s.d.]. Disponível em: <https://github.com/br3ttb/Arduino-PID-Library>. Acesso em: 22 set. 2025.

SOUZA, C. R. et al. Controle de robô seguidor de linha utilizando controlador PID. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA MECÂNICA, 23., 2015, Uberlândia. **Anais** [...]. Uberlândia: ABCM, 2015.

# Tecnologia preditiva para conservação de recifes de coral: desenvolvimento de aplicativo móvel com base em análise multivariada

**Carlos Henrique de Siqueira Maia, Universidade de Pernambuco (chsm@poli.br)**
**Marcone Isidório de Sena Junior, Universidade de Pernambuco (marconesena@poli.br)**
**Denise Valente dos Santos, Universidade de Pernambuco (denise.valente@poli.br)**
**Davi Barbosa de Medeiros, Universidade de Pernambuco (dbm2@poli.br)**
**Kawan de Brito Bezerra, Universidade de Pernambuco (kbb@poli.br)**

A presente pesquisa tem como objeto o desenvolvimento da Corallysis, uma startup com uma proposta tecnológica voltada à conservação de recifes de coral por meio da integração de sensores locais, dados de satélite e modelos de inteligência artificial. O projeto busca propor um sistema inovador de monitoramento capaz de prever e identificar, em tempo real, os eventos de branqueamento coralíneo, fornecendo subsídios para estratégias de mitigação e preservação ambiental. O avanço das mudanças climáticas tem impactado de forma crítica os recifes de coral em escala global, inclusive no litoral de Pernambuco, ameaçando a biodiversidade e a subsistência de comunidades costeiras (HUGHES et al., 2017). Um dos principais fenômenos associados a esses impactos é o branqueamento de corais, causado por estresse térmico, acidificação da água e poluição (IPCC, 2023). Como resposta a esse desafio, propõe-se o desenvolvimento de uma plataforma digital composta por aplicativo móvel e sistema de análise ambiental preditiva, com o objetivo de monitorar variáveis como temperatura da superfície do mar e pH, e gerar alertas antecipados de risco para o coral bleaching, nome dado ao início do processo de separação da alga e coral e início do branqueamento do coral. A metodologia do projeto está estruturada em três fases principais. A primeira corresponde ao desenvolvimento de um protótipo web com aplicação da métrica científica Degree Heating Weeks (DHW), usada para mapear estresse térmico com base em dados históricos fornecidos por satélites da NOAA (NOAA CORAL REEF WATCH, 2024) e pela plataforma SimCosta (SIMCOSTA, 2024). A segunda fase abrange a criação de um MVP funcional, incorporando sensores locais de temperatura e pH, e fornecendo dados em tempo real para os modelos de análise preditiva. O projeto almeja na sua fase final a integração de um sistema de inteligência artificial com aprendizado supervisionado, utilizando algoritmos como Random Forest e LSTM para previsão de eventos de branqueamento com maior precisão (ALAMI et al., 2023). A solução também contará com um sistema de autenticação e área colaborativa, promovendo ciência cidadã por meio da inclusão de dados fornecidos por pescadores, mergulhadores e demais usuários locais. O resultado esperado é uma ferramenta tecnológica acessível, de caráter ativo e preditivo, capaz de apoiar decisões técnicas e políticas voltadas à conservação marinha. A principal inovação da proposta está associada ao monitoramento em tempo real com uso de sensores locais, aliado ao envio automatizado de alertas diretamente para o celular dos usuários, permitindo resposta imediata e coordenada às condições críticas observadas. Isso se soma ao uso de inteligência artificial para previsão e ao engajamento comunitário por meio da ciência cidadã. Alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 13 e 14), o projeto contribui para ações proativas, fortalecendo estratégias existentes e promovendo a sustentabilidade ambiental em regiões recifais vulneráveis.

**Palavras-chave:** *coral bleaching; inteligência artificial; sensores ambientais.*

## Referências

ALAMI, D. et al. Machine learning models for predicting coral bleaching events. **Marine Pollution Bulletin**, v. 186, p. 114425, 2023.

HUGHES, T. P. et al. Coral reefs in the Anthropocene. **Nature**, v. 546, n. 7656, p. 82–90, 2017.
IPCC. **Sixth Assessment Report – Impacts on Oceans**. Geneva: IPCC, 2023. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6. Acesso em: 20 ago. 2025.

NOAA Coral Reef Watch. Degree Heating Week Data. **National Oceanic and Atmospheric Administration**, 2024. Disponível em: https://coralreefwatch.noaa.gov. Acesso em 20 set. 2025.

SIMCOSTA. **Sistema Nacional de Monitoramento Costeiro**. 2024. Disponível em: http://www.simcosta.furg.br. Acesso em: 20 set. 2025

# ENGENHARIA MECÂNICA/ DE AUTOMAÇÃO

# Os Efeitos do Endplate como Dispositivo Aerodinâmico para Uma Aeronave Rádio Controlada

**Luiz Gustavo Calheiros Alves Vieira, Universidade de Pernambuco (lgcav@poli.br)**
**Franciso Gilfran Alves Milfont, Universidade de Pernambuco (gilfran.milfont@poli.br)**
**Miguel Luiz Alves da Silva, Universidade de Pernambuco (mlas2@poli.br)**

A equipe Tenpest Aerodesign, da Universidade de Pernambuco, tem como objetivo projetar aeronaves rádio-controladas para a competição SAE Brasil Aerodesign, visando cumprir as missões propostas e atender às restrições impostas pelo regulamento. As missões deste ano envolvem o alijamento de carga e o transporte de carga líquida durante o voo, fatores que alteraram a posição do centro de gravidade e, consequentemente, as condições de estabilidade da aeronave. Com o intuito de executar essas missões de forma eficiente, a equipe optou pela utilização de um dispositivo de ponta de asa denominado *endplate*, que, segundo Anderson (2015), pode aumentar a eficiência aerodinâmica da asa ao melhorar a distribuição de sustentação, a força responsável pelo voo da aeronave, ao longo da envergadura, isto é, extensão de uma ponta a outra. Esse efeito nivela a diferença de pressão entre o intradorso (região inferior da asa) e o extradorso (região superior da asa), reduzindo o arrasto de ponta, um dos tipos de arrastos mais prejudiciais ao aerodesign. Diversas equipes e organizações estudam maneiras de melhorar a relação de razão sustentação-arrasto de uma aeronave, considerada por Anderson (2015) uma das métricas mais relevantes de desempenho aerodinâmico, pois determina diretamente a eficiência de voo. De forma complementar, Raymer (2012) afirma que a condição de L/D máximo (*Lift/Drag*), representa o ponto de maior eficiência aerodinâmica, sendo crucial para otimizar o alcance e a autonomia das aeronaves. Assim, a inserção do *endplate* visa reduzir as forças de arrasto na asa, especialmente a turbulência de ponta, aumentando a capacidade de carga e contribuindo para uma maior pontuação na competição. Para a definição da geometria do *endplate*, utilizaram-se os estudos da equipe Nivus AeroDesign (2021), apresentados por Tumelero (2021) e fundamentados em Roberts (1966), que propôs o método de contorno isobárico. Nesse método, o *endplate* é projetado a partir das linhas de pressão constantes do perfil, com o objetivo de reduzir o arrasto induzido, surgido pela própria geração de sustentação, sem aumentar excessivamente o arrasto parasita, que não está associado à sustentação. No estudo, foram analisados diferentes tipos de contornos com a finalidade de abranger a maior área de pressão do perfil, utilizando o software Inventor (versão estudante 2025), foi elaborado o seu modelo digital. Para o estudo aerodinâmico do *endplate*, utilizou-se o software ANSYS Fluent (versão 2025), que aplica métodos numéricos para resolver equações de dinâmica dos fluidos computacional (CFD), incluindo os métodos dos volumes finitos e dos elementos finitos. Em outras palavras, o ANSYS simula um túnel de vento, em condições ideais, possibilitando a obtenção de dados de arrasto e sustentação da asa, o que permite verificar a eficiência da implementação do dispositivo. Os resultados obtidos por meio da simulação, demonstraram elevada efetividade em termos de ganhos de sustentação ao longo da envergadura, com aumento entre 7% a 12% na eficiência aerodinâmica. Para validar os resultados computacionais, deveriam ser realizados ensaios experimentais com o protótipo da aeronave, ou mesmo ensaios em túnel de vento. No entanto, a equipe não tem acesso a este equipamento ou a instrumentos que possam ser utilizados na aeronave, o que força a aceitar os resultados simulados. Esses resultados evidenciam que a utilização do *endplate* na aeronave da Tenpest Aerodesign é vantajosa, promovendo melhorias significativas no desempenho.

**Palavras-chave:** *aerodinâmica; aerodesign; endplate; arrasto.*

**Referências**

ANDERSON, John D. **Introduction to flight.** New York: McGraw-Hill, 2015.

RAYMER, Daniel. **Aircraft design:** a conceptual approach. American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., 2012.

TUMELERO, B. L.; COSTA, S. F.; SILVA, L. H. D.; SILVA, F. D. Estudo de metodologia para dimensionamento de endplates em aeronaves de baixas velocidades. In: CONGRESSO NACIONAL DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA MECÂNICA, 27., 2021, Curitiba. **Anais [...].** Curitiba: [s. n.], 2021.

Roberts, S. C. An Investigation of End Plates to Reduce the Drag of Planar Wings. USAAVLABS Technical Report 65-79, Aerophysics Research Report No. 58, Mississippi State University, State College, Mississippi, January 1966.

# Modelagem de um Sistema de Transmissão 4x4 para Veículos do Tipo Mini Baja

**João Marcos da Silva Lourenço, Universidade de Pernambuco (joao.marcosloureco@upe.br)**
**Rogério Pontes de Araújo, Universidade de Pernambuco (rogeriopontes@poli.br)**

O Projeto BAJA SAE (Society of Automotive Engineers) é um desafio lançado aos estudantes de engenharia que oferece a chance de aplicar na prática os conhecimentos adquiridos em sala de aula, pois possibilita uma relação entre os futuros engenheiros com profissionais da área. Ao participar do Projeto Baja SAE, o aluno se envolve com um caso real de desenvolvimento de projeto, desde a concepção, projeto detalhado, até a construção de um pequeno veículo para uso fora de estrada, respeitando as normas da SAE Brasil para competições entre os veículos do tipo Mini Baja. Este trabalho apresenta a modelagem de um sistema de transmissão 4x4 para o protótipo da equipe Corisco, desenvolvido no âmbito do projeto de extensão Baja, tendo como objetivos principais a redução de massa, o aumento da capacidade trativa e a garantia de robustez estrutural. A metodologia iniciou-se com uma pesquisa teórica e uma análise de mercado (benchmarking) das principais soluções empregadas por outras equipes nacionais, o que permitiu identificar requisitos críticos como a compatibilidade com a geometria da suspensão e a minimização da massa inercial do protótipo. Partindo dessa análise, optou-se por um sistema de correntes e um diferencial aberto na dianteira, selecionado por combinar leveza e adaptabilidade, além de eliminar perdas associadas a juntas universais convencionais. Definido o sistema, deu-se início ao dimensionamento dos componentes, realizado com base nos dados do modelo matemático longitudinal do protótipo atual e especificações do novo motor Honda GX390, apoiado por fundamentos de elementos de máquinas (NORTON, 2013; BUDYNAS; NISBETT, 2016) e conceitos apresentados na monografia (SILVEIRA, 2023). Com base nessa metodologia, o sistema foi projetado de forma personalizada, utilizando a caixa de engrenagens satélites e planetárias de um diferencial modelo FIAT, integrando-a a semi-eixos e juntas homocinéticas Honda Fourtrax 420 e coroas dentadas de autoria própria para assegurar uma maior confiabilidade. Os resultados indicam que a solução proposta alcança uma significativa redução da massa e ampliação de eficiência mecânica pela eliminação de múltiplas juntas, e uma solução inovadora de uma coroa dentada acoplada diretamente no semi-eixo traseiro, permitindo otimizar o espaço ao combinar duas peças em um único componente. Além disso, a escolha por uma transmissão por corrente mostrou-se vantajosa para superar a diferença de altura entre o suporte do motor e o assoalho, facilitando a adaptação à geometria de suspensão traseira e evitando as perdas inerentes a eixos cardan. Conclui-se que o sistema desenvolvido atende aos critérios mínimos de desempenho estabelecidos, representando uma solução viável para o protótipo, conciliando desempenho e leveza em comparação com sistemas convencionais. Para estudos futuros, uma modelagem dinâmica completa do veículo será necessária, utilizando os dados finais dos componentes para simular o desempenho teórico do protótipo, baseada nos fundamentos de dinâmica veicular (GILLESPIE, 1992; NICOLAZZI et al., 2012) e modelagem de sistemas de trem de força (MASHADI; CROLLA, 2012).

**Palavras-chave:** *Transmissão 4x4; mini baja; sistema de correntes.*

**Referências**

BUDYNAS, R. G.; NISBETT, J. K. **Elementos de máquina de Shigley**. 10. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

GILLESPIE, T. D. **Fundamentals of vehicle dynamics**. Warrendale: Society of Automotive Engineers, 1992.

MASHADI, Behrooz; CROLLA, David. **Vehicle powertrain systems**. 1. ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2012.

NICOLAZZI, L. C. et al. **Uma introdução à modelagem quase estática de veículos automotores de rodas**. Florianópolis: GRANTE/UFSC, 2012.

NORTON, R. L. **Projeto de máquinas: uma abordagem integrada**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

SILVEIRA, Eduardo Wallau. **Projeto conceitual para a adaptação de uma transmissão 4×4 em um protótipo Mini Baja**. 15 f. Monografia (Engenharia Mecânica) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023.

# Monitoramento Térmico da Proteção da CVT em Veículos do Tipo Mini Baja

**Guilherme Medino da Silva, Universidade de Pernambuco (gms12poli.br)**
**Rogério Pontes de Araújo, Universidade de Pernambuco (rogeriopontes@poli.br)**

Para veículos do tipo mini baja, a otimização do desempenho no sistema de transmissão é um fator essencial para a dinâmica veicular (GILLESPIE, 1992). Com foco nos protótipos da competição BAJA SAE Brasil, este trabalho visa o desenvolvimento de um sistema de monitoramento térmico em tempo real para a proteção da Transmissão Continuamente Variável (CVT). A gestão térmica é crítica, pois o aumento da temperatura afeta diretamente a vida útil e a eficiência da correia (GATES, 2021), e a simples adição de ventilação forçada, sem um estudo prévio do fluxo de ar, pode ser prejudicial ao arrefecimento do sistema (ALMEIDA, 2019). A metodologia compreendeu a pesquisa sobre os pontos críticos de aquecimento; a prospecção de sensores; a elaboração de um sistema eletrônico embarcado; e a análise teórica dos dados. Como resultados, a seleção do sensor foi uma etapa crítica. Optou-se pelo termômetro infravermelho MLX90614, que possui Compensação de Gradiente Térmico (TGC) de fábrica. Foi especificado o modelo de grau automotivo (faixa de -40°C a 125°C) com campo de visão (FOV) estreito de 10° (MELEXIS, 2021). A escolha do grau automotivo garante a integridade do sensor no ambiente de alta temperatura do compartimento do motor, enquanto o FOV de 10° assegura uma medição precisa e focada exclusivamente na correia. Ainda que este modelo ideal seja de acesso restrito, sua especificação é indispensável para a validade dos dados em um protótipo de competição. Conclui-se que a arquitetura do sistema, baseada nesta escolha criteriosa de componentes, oferece uma solução robusta para a aquisição de dados térmicos. Tais dados são fundamentais não apenas para o design de futuros sistemas de arrefecimento, mas também podem ser correlacionados com a otimização de performance, que, conforme Kumar et al. (2015), é alcançada através do ajuste fino dos componentes da CVT com o auxílio de um sistema de aquisição de dados (DAQ).

**Palavras-chave:** *Mini Baja; CVT; Correia; Monitoramento térmico.*

## Referências

GILLESPIE, Thomas D. **Fundamentals of Vehicle Dynamics**. Warrendale: SAE International, 1992.

GATES BRASIL. **Catálogo de Correias Industriais**. São Paulo: Gates, 2021. Disponível em: <https://www.gatesbrasil.com.br/content/dam/gates/brasil/downloads/gates-catalogo-correias-industriais-2021.pdf.> Acesso em: 20 jul. 2025.

ALMEIDA, Bruno Cristian. **Análise de um sistema de resfriamento de uma CVT para um veículo Baja SAE**. 2019. 51 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caraúbas, 2019.

MELEXIS. **MLX90614: Single and Dual Zone Infra Red Thermometer**. [S. l.], 2021. Disponível em <https://www.melexis.com/-/media/files/documents/datasheets/mlx90614-datasheet-melexis.pdf.> Acesso em: 20 jul. 2025.

KUMAR, Akshay et al. Performance Optimization of Continuously Variable Transmission (CVT) using Data Acquisition Systems (DAQ). **International Journal of Engineering and Technology (IJET)**, v. 7, n. 6, p. 2144-2155, dez. 2015/jan. 2016.

## ProgramAuto

**Ricardo Timoteo Wanderley, Universidade de Pernambuco (rtw@poli.br)**
**Ruben Carlo Benante, Universidade de Pernambuco (rcb@upe.br)**
**Gabriel Nobrega Toscano, Universidade de Pernambuco (gnt@poli.br)**
**Isabela Caxias Seabra Albuquerque, Universidade de Pernambuco (icsa@poli.br)**
**Leticia Mirella Lemos Raposo, Universidade de Pernambuco (lmlr@poli.br)**

O projeto de extensão ProgramAuto da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI/UPE) objetiva democratizar o acesso ao ensino de programação, oferecendo minicursos intensivos e gratuitos do nível básico ao avançado, tendo impactado cerca de 50 alunos por semestre. A metodologia utilizada é composta por aulas presenciais em laboratórios de informática da POLI com conteúdo e aulas ministradas por discentes da própria universidade, além da divulgação em instituições de ensino médio e superior parceiras, como a Escola Técnica Estadual (ETE) Mariano Teixeira e a Faculdade de Ciências da Administração de Pernambuco (FCAP), e a disponibilização das aulas, que ficam gravadas e publicadas no canal Audiovisuais Educativos POLI-UPE do YouTube (AUDIOVISUAIS EDUCATIVOS POLI-UPE, 2024). Um dos cursos oferecidos é o de introdução à lógica de programação por meio da linguagem C, reconhecida por sua grande influência, direta ou indiretamente, em muitas linguagens desenvolvidas posteriormente, como C++, Java, C# e PHP (BACKES, 2013). Recentemente, o projeto expandiu suas atividades para a área da programação competitiva, apoiando e instruindo estudantes para participação em competições como a Olimpíada Brasileira de Informática (OBI), que foi sediada na universidade dois anos consecutivos, em 2024 e 2025. Os resultados obtidos após as aulas incluem uma média de 8,5 na satisfação dos participantes, avaliada por meio de formulários anônimos. Além disso, observa-se um impacto direto na trajetória dos egressos, com relatos de ingresso em cursos de graduação na área e a conquista de primeiras oportunidades profissionais (estágios e empregos). Os alunos também desenvolvem e fortalecem habilidades como resolução de problemas, pensamento lógico e disciplina. Por fim, conclui-se que o ProgramAuto não apenas promove a “alfabetização” digital e o acesso à educação de qualidade em programação, mas também estimula o desenvolvimento de competências cognitivas e valores essenciais para a formação profissional e pessoal dos participantes, atraindo novos alunos para a área de informática, que está evoluindo cada dia mais.

**Palavras-chave:** *ProgramAuto; Informática; Competição; Ensino.*

**Referências**

BACKES, A. **Linguagem C**: completa e descomplicada, Rio de Janeiro, 2013.

AUDIOVISUAIS EDUCATIVOS POLI-UPE. **Youtube do Audiovisuais Educativos POLI-UPE**. Disponível em: https://www.youtube.com/@audiovisuaiseducativos/videos. Acesso em: 14 jul. 2025.

# A Importância da Robótica Competitiva para a Formação Profissional dos Jovens

**Giovani Maciel Filho, Universidade de Pernambuco (gmf1@poli.br)**
**Emmanuel Andrade de Barros Santos, Universidade de Pernambuco (emmanuel.andrade@poli.br)**
**Gabriella Toscano De Morais Menezes, Universidade de Pernambuco (gtmm@poli.br)**
**Michelly Darquia Da Silva, Universidade de Pernambuco (mds1@poli.br)**
**Felipe Campêlo De Barros, Universidade de Pernambuco (fcb@poli.br)**

Um dos principais desafios enfrentados pelos estudantes do ensino médio é compreender a utilidade prática dos conteúdos ensinados em sala de aula. Segundo dados do IBGE, em 2019, mais de um terço dos jovens brasileiros entre 14 e 29 anos disseram ter deixado os estudos por falta de interesse. Esse dado apresentado é extremamente preocupante e evidencia que as atividades tradicionais das escolas estão falhando em reter a atenção dos estudantes e estimulá-los a continuar buscando conhecimento. Em contrapartida, surgem as metodologias ativas, que posicionam o aluno como protagonista do seu processo de aprendizagem. Dentre elas, destaca-se a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), que engaja os estudantes na resolução de problemas do mundo real, promovendo um aprendizado mais significativo (Pires, 2018). Nesse cenário, atividades práticas surgem como uma possibilidade de aplicação dos conhecimentos teóricos e desenvolvimento de habilidades cruciais que vão além do técnico. Como ponto central deste artigo, será abordada a forma como a robótica torna o aprendizado significativo, aproximando a teoria da prática. Essa abordagem é especialmente relevante diante dos dados da PNAD Contínua (IBGE, 2019) que indicam o desinteresse escolar como um dos principais desafios entre os jovens. O objetivo é enfatizar a robótica como uma forte ferramenta pedagógica, atuando como facilitadora do entendimento teórico e apresentando aplicações práticas de conceitos da área STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática), além de compreender a influência das competições no desenvolvimento de habilidades socioemocionais, como trabalho em equipe e resiliência. Este artigo foi elaborado por meio de uma pesquisa qualitativa, de caráter exploratório e análise de experiências práticas. Foram utilizadas fontes como entrevistas, textos jornalísticos, artigos e dados estatísticos. Em uma entrevista realizada para este artigo, Rafael Cavalcanti, diretor do Clube de Robótica da Robolivre, destacou que, durante as competições, os alunos enfrentam prazos e metas semelhantes aos de empresas, desenvolvendo competências como liderança, trabalho sob pressão, gestão de projetos e responsabilidades. A participação em competições de robótica vai além das conquistas de medalhas e troféus, abrangendo também o desenvolvimento de habilidades técnicas e socioemocionais entre os jovens, que contribuem para o autoconhecimento e a regulação emocional. Segundo Milena Seabra, diretora executiva da Faculdade Belavista, os estudantes têm ingressado nas faculdades com conhecimentos técnicos, mas enfrentam dificuldades para lidar com as exigências emocionais e sociais do mercado de trabalho (Estadão, 2025). Nesse contexto, o incentivo à robótica e à participação em competições se mostra fundamental para a aquisição de competências como empatia, tomada de decisão, comunicação e controle emocional, todas indispensáveis para a formação integral do profissional. Em paralelo a isso, participar dessas competições também oferece oportunidade de construir redes de contato (networking) com profissionais da área, mentores, avaliadores, estudantes universitários que atuam na área e colegas de diferentes regiões. “Após a minha participação na Robocore, muitos jovens me procuraram para participar de projetos na área da robótica.”, afirma Rafael Cavalcanti. Esse relato evidencia como o ambiente competitivo estimula o engajamento e o intercâmbio de experiências entre os participantes, além de evidenciar que a visualização de aplicações práticas dos conceitos aprendidos desperta nos jovens o interesse em se aprofundar no tema. Outro ponto importante é o fortalecimento do portfólio, jovens que se envolvem em competições costumam acumular

projetos práticos, prêmios e experiências que os destacam em processos seletivos. Quanto à parte técnica, durante a montagem de um robô, os alunos precisam lidar com temas importantes da física, desenvolver conhecimento de lógica de programação, e aprender a eletrônica necessária para a execução dos movimentos, integrando assim múltiplas áreas do conhecimento de forma prática e aplicada. Diante dos pontos apresentados, conclui-se que a participação em competições ensina os jovens a verem propósito nos conteúdos aprendidos, fazendo com que haja um maior engajamento e interesse em continuar os estudos. Além disso, é possível observar que as competições ajudam no controle emocional, sendo de extrema importância, para a formação de um profissional mais completo e que saiba lidar com as dificuldades do mercado. Dessa forma, percebe-se que o incentivo à robótica nas escolas, bem como o desenvolvimento e a participação em competições da área, é de extrema importância para o avanço da educação em tecnologia e robótica no Brasil. Ao promover o aprendizado prático e o desenvolvimento de competências emocionais, a robótica se consolida como uma ferramenta pedagógica eficaz e inovadora.

**Palavras-chave:** *Robótica; competição; habilidade; prática.*

**Referências**

AGÊNCIA DE NOTÍCIAS. **Necessidade de trabalhar e desinteresse são os principais motivos para abandono escolar.** Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/28286-necessidade-de-trabalhar-e-desinteresse-sao-principais-motivos-para-abandono-escolar . Acesso em: 20 jul. 2025.

CAVALCANTI, Rafael. Em entrevista realizada por Michelly Darquia em 20 jul. 2025.

FACULDADE BELAVISTA; ESTADÃO BLUE STUDIO**. Habilidades socioemocionais:** o novo diferencial no mercado de trabalho**.** São Paulo: Estadão Blue Studio, 10 fev. 2025. Disponível em: https://publicacoes.estadao.com.br/guia-da-faculdade/habilidades-socioemocionais-o-novo-diferencial-no-mercado-de-trabalho. Acesso em: 20 jul. 2025.

PIRES, Francismara Neves**. APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS:** a importância das metodologias ativas para o processo ensino-aprendizagem. 2018. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Coordenação Pedagógica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

# Análise do resfriamento de uma bateria de íons de lítio por materiais de mudança de fase: uma aplicação para veículos elétricos

**Lúcio Mário Barbosa da Silva Filho, Universidade de Pernambuco (lmbsf@poli.br)**
**Jornandes Dias da Silva, Universidade de Pernambuco (jornandesdias@poli.br)**

O avanço e a viabilidade dos veículos elétricos estão diretamente relacionados ao desempenho e à durabilidade de seus sistemas de armazenamento de energia, compostos majoritariamente por baterias de íons de lítio. Essas baterias apresentam elevada densidade energética, o que possibilita maior autonomia veicular e projetos mais compactos. Entretanto, seu desempenho é fortemente condicionado à faixa de temperatura de operação: em condições elevadas, intensificam-se reações químicas indesejáveis no interior das células, acelerando a degradação, reduzindo a capacidade de armazenamento e ampliando os riscos de segurança, incluindo a ocorrência de descontrole térmico. Qin et al. (2019) relataram que o gerenciamento térmico inadequado pode resultar em temperaturas elevadas, desencadeando reações químicas indesejáveis e acelerando a degradação dos componentes da célula, o que compromete tanto a capacidade de armazenamento quanto a segurança do sistema. Nesse contexto, a busca por soluções de resfriamento eficientes torna-se essencial. Entre as alternativas propostas, os Materiais de Mudança de Fase (MMFs) destacam-se como opção promissora, pois conseguem absorver grandes quantidades de calor latente a uma temperatura praticamente constante durante o processo de fusão. O objetivo central deste trabalho é investigar o comportamento térmico de uma bateria de íons de lítio resfriada com auxílio de Materiais de Mudança de Fase (MMFs), avaliando sua viabilidade técnica e segurança em aplicações veiculares. Para isso, serão realizados uma revisão bibliográfica sobre armazenamento de energia e transferência de calor em sistemas de baterias, o desenvolvimento de um modelo matemático para descrever a dinâmica térmica do conjunto bateria–MMF, simulações numéricas para analisar os perfis de temperatura e o impacto do material na mitigação de picos térmicos, além da validação dos resultados com dados da literatura e da divulgação científica dos achados, de modo a contribuir para o avanço das estratégias de gerenciamento térmico em veículos elétricos. Simulações numéricas foram conduzidas para analisar o comportamento térmico sob diferentes condições, variando materiais de mudança de fase, geometrias e a presença ou ausência de convecção forçada de ar. O modelo incorporou as equações de conservação de energia, massa e momento, além do processo de mudança de fase do MMF. As condições de contorno e as propriedades dos materiais foram definidas com base em dados da literatura especializada, garantindo consistência e confiabilidade nos resultados obtidos. Por fim, foram avaliados parâmetros como temperatura máxima, uniformidade térmica e eficiência de resfriamento para cada configuração. A análise revelou que o sistema de gerenciamento térmico baseado em MMF reduziu de forma significativa a temperatura máxima no conjunto de baterias, composto por células conectadas em série ou paralelo, mesmo sob altas taxas de descarga, contribuindo assim para a mitigação do risco de superaquecimento. Comparações entre o sistema convencional, baseado apenas em MMF, e o sistema híbrido, que combina MMF com convecção forçada de ar, mostraram que a abordagem híbrida foi mais eficaz, reduzindo a temperatura de pico em aproximadamente 8 a 12 °C. Esses resultados indicam que o sistema híbrido de gerenciamento térmico constitui uma estratégia altamente eficiente e viável para controlar a temperatura de baterias de íons de lítio (Khan et al., 2024; Panchal et al., 2018). A abordagem proposta demonstrou a capacidade de manter as temperaturas das células dentro de limites seguros e assegurar uniformidade em toda a embalagem, mitigando picos térmicos que contribuem para a degradação. Esses achados corroboram estudos anteriores (Khan et al., 2024; Panchal et al., 2018), que apontam os sistemas híbridos como soluções superiores para o gerenciamento térmico de baterias de íons de lítio.

**Palavras-chave:** *Baterias de Íons de Lítio; Gerenciamento Térmico; Materiais de Mudança de Fase; Simulação Numérica.*

**Referências**

KHAN, A. *et al*. A state-of-the-art review on heating and cooling of lithium-ion batteries for electric vehicles. **Journal of Energy Storage**, v. 76, p. 109852, 2024.

PANCHAL, S. *et al*. Electrochemical thermal modeling and experimental measurements of 18650 cylindrical lithium-ion battery during discharge cycle for an EV. **Applied Thermal Engineering**, v. 135, p. 123-132, 2018.

QIN, P. *et al*. Experimental and numerical study on a novel hybrid battery thermal management system integrated forced-air convection and phase change material. **Energy Conversion and Management**, v. 195, p. 1371-1381, 2019.

# Tecnologias Habilitadoras Aplicadas a Segurança Industrial – Aplicação de Realidade Virtual e Aumentada no Bloqueio de Energias Perigosas

**Maria Vitória de Queiroz Cabral, Universidade de Pernambuco (mvqc@poli.br)**
**Felipe Mendes da Cruz, Universidade de Pernambuco (felipemendeslsht@poli.br)**

Este projeto de iniciação científica tem como objetivo desenvolver e avaliar a aplicação de tecnologias de Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV) nos treinamentos de bloqueio de energias perigosas no ambiente industrial, como alternativa aos métodos tradicionais utilizados. A pesquisa, continuidade do Projeto de Extensão Tecnológica financiado pela FACEPE, foi conduzida por meio de uma abordagem aplicada, com a construção de um ambiente de simulação imersivo que permite ao trabalhador vivenciar, em ambiente controlado, os procedimentos exigidos pelo método LOTO (Lockout/Tagout), conforme previsto na NR-10. A metodologia consistiu na realização de testes com dois grupos: o primeiro utilizou instruções impressas para execução do bloqueio em um modelo industrial simulado, enquanto o segundo recebeu o mesmo conteúdo por meio de uma aplicação em RA/RV. Foram coletados dados quantitativos, como tempo de execução e taxa de erros, além da aplicação de um questionário (Pesquisa do DOJÔ) a fim de medir a percepção de aprendizado. Os resultados apontam para maior eficiência do treinamento baseado em RA/RV, com melhor desempenho prático, menor tempo de execução das tarefas e maior compreensão do conteúdo. A visualização dos dados foi realizada com o auxílio do Power BI, permitindo comparações claras entre os métodos. Os participantes relataram maior engajamento com a tecnologia, destacando a interatividade, a repetibilidade do conteúdo e a redução da exposição ao risco. Conclui-se que o uso de RA/RV para treinamentos de segurança industrial é uma alternativa promissora e eficaz, com potencial de transformar a capacitação em ambientes de risco, promover maior retenção do conteúdo e contribuir para a redução de acidentes envolvendo energias perigosas. A continuidade da pesquisa prevê ajustes na aplicação com base nos feedbacks coletados e validação em contextos industriais reais. A pesquisa, realizada com 16 voluntários da Escola Politécnica de Pernambuco, divididos entre treinamento tradicional (instruções impressas) e em realidade virtual (aplicativo desenvolvido no projeto), revelou diferenças marcantes entre os métodos. No grupo tradicional, a maioria relatou compreensão apenas moderada, dificuldades de execução, baixa confiança, clareza limitada das informações, percepção negativa do formato, maior tempo de realização (em média acima de 5 minutos), baixa sensação de segurança e retenção de conhecimento apenas moderada, com 25% sem concluir o módulo. Já no grupo da realidade virtual, todos avaliaram a compreensão como alta ou muito alta, a execução foi considerada fácil, a confiança elevada, a clareza plenamente reconhecida, a interface bem recebida, o tempo de execução inferior a 5 minutos, a sensação de segurança elevada e a retenção de conhecimento alta ou muito alta, com 100% concluindo o módulo. Esses resultados demonstram que a realidade virtual oferece um treinamento mais eficaz, engajador, rápido e seguro, destacando-se como alternativa superior ao método convencional para capacitação em segurança industrial.

**Palavras-chave:** *Realidade aumentada; segurança industrial; energias perigosas; treinamento imersivo.*

## Referências

ALMEIDA, Carlos Eduardo Candido de. **Projeto de implementação de um programa de controle de energias perigosas LOTO em uma subestação**. 2016. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016. Disponível em:

https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/156887/000905450.pdf?sequence=1&isAl. Acesso em: 14 abr. 2024.

GOMES, Gélio L.; IGNÁCIO GIOCONDO CÉSAR, F. **Utilização da realidade aumentada na manutenção industrial.** Revista Científica ACERTTE, [S.l.], v. 2, n. 2, p. e2262, 2022. DOI: 10.47820/acertte. v2i2.62. Disponível em: https://acertte.org/index.php/acertte/article/view/62. Acesso em: 14 abr. 2024.

POTTO, Cleverson Paulo Barrena; RODOLPHO, Daniela. **Procedimento de segurança utilizado na manutenção elétrica industrial: bloqueio de energias perigosas (LOTO)**. Revista Científica Interface Tecnológica. Disponível em: https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/download/1148/653. Acesso em: 14 abr. 2024.

ARENDT, Haroldo. **Implantando um PCEP: programa de controle de energias perigosas na fase de concepção e planejamento de uma nova indústria**. 2013. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Acesso em: 20 abr. 2024.

MAAS, Larissa; GRILLO, Luciane Peter; SANDRI, Juliana**. A saúde e a segurança do trabalhador sob competência de normas regulamentadoras frágeis**. Revista Brasileira de Tecnologias Sociais. Disponível em: https://periodicos.univali.br/index.php/rbts/article/view/13399. Acesso em: 11 jun. 2024.

BRIGHENTI, Josiane; BIAVATTI, Vania; SOUZA, Taciana de**. Metodologias de ensino-aprendizagem: uma abordagem sob a percepção dos alunos. Revista Gestão Universitária na América Latina** - GUAL. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/gual/article/view/1983-4535.2015v8n3p281. Acesso em: 11 jun. 2024.

OMAIA, Derzu; MACHADO, Liliane**. Realidade aumentada com Vuforia e Unity**. In: TUTORIAIS - Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada (SVR), 22., 2020, Evento Online. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2020. p. 61-64. Disponível em: https://doi.org/10.5753/svr_estendido.2020.12958. Acesso em: 10 jun. 2024.

VASCONCELLOS, Marly; PIGNATTI, Marta; PIGNATTI, Wanderley**. Emprego e acidentes de trabalho na indústria frigorífica em áreas de expansão do agronegócio,** Mato Grosso, Brasil. Disponível em: https://www.scielosp.org/pdf/sausoc/2009.v18n4/662-672/pt. Acesso em: 8 jun. 2024.

# Desenvolvimento e avaliação de nanocompósitos híbridos baseados em grafeno e óxidos metálicos para conversão de energia solar

**Arthur Souza Claudino Da Silva Filho, Universidade de Pernambuco (arthur.souzasilva@gmail.com)**
**Lilian Kássia Cavalcante da Silva de Assis, Universidade de Pernambuco (lilian.assis@upe.br)**
**Pedro Henrique Pessoa, Universidade Federal de Pernambuco (pedro.hpessoa@ufpe.br)**
**Eduardo Padrón Hernández, Universidade Federal de Pernambuco (eduardo.hernandez@ufpe.br)**
**Adriana Soares de Carvalho, Universidade Federal de Pernambuco (adriana.soarescarvalho@ufpe.br)**

A crescente demanda por fontes de energia sustentáveis tem impulsionado o avanço de tecnologias baseadas em recursos limpos e renováveis [1,2]. Nesse cenário, a energia solar se destaca por ser abundante, de baixo impacto ambiental e viável em diversas regiões. *E*m Pernambuco, especialmente no Sertão, a alta incidência solar confere ao estado um grande potencial para o uso de tecnologias fotovoltaicas em larga escala [2,3]. Dentre as abordagens emergentes nesse campo, as células solares sensibilizadas por corantes (DSSCs, do inglês, *Dye-Sensitized Solar Cells*) representam uma alternativa promissora às células solares tradicionais. Estas, se destacam pela simplicidade de fabricação, menor custo e pela possibilidade de utilizar materiais ambientalmente amigáveis, como corantes naturais extraídos de fontes renováveis, como frutas e cascas de árvores, o que contribui para a sustentabilidade ambiental e redução do custo do produto final [1,3]. Neste contexto, o objetivo do trabalho é sintetizar e caracterizar nanocompósitos híbridos à base de grafeno e corantes orgânicos, a fim de avaliar suas propriedades fotovoltaicas e eletrônicas para uso em DSSCs. Para isso, foi realizada uma análise bibliográfica para entendimento do funcionamento das DSSCs, compreendendo a função de cada uma de suas partes, individualmente. Para viabilizar economicamente o projeto, foram utilizadas lâminas de vidro como substrato, revestidas com o polímero condutor PEDOT:PSS (Poli(3,4-etilenodioxitiofeno) poliestireno sulfonato), depositado por *spin coating* e gotejamento. A condutividade do filme foi otimizada por tratamento DMSO (dimetilsulfóxido) para a remoção do PSS (poliestireno sulfonato)) [4]. A espessura da camada de PEDOT e o tratamento com DMSO estão entre os principais parâmetros de interferência no aumento da condutividade dos filmes estudados. Entre os semicondutores avaliados, o óxido de zinco (ZnO) com morfologia de nanopartículas foi selecionado. Isto porque este material reúne propriedades relevantes para aplicações fotovoltaicas, como boa estabilidade térmica, elevada área superficial específica, baixo custo e banda de energia (~ 3,3 eV) [5]. As nanopartículas de ZnO foram obtidas por síntese química, a partir do método de coprecipitação [6]. Estas tiveram sua estrutura caracterizada por difração de raios-X (DRX), que confirmou a formação da fase cristalina desejada. A morfologia e a distribuição de tamanho das partículas foram analisadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV), que evidenciou partículas com morfologia de nanobastões e nanopartículas, de dimensão média de 250 nm. A partir da repetição do processo de síntese, foi possível notar a interferência de certos fatores, como o pH, que tem influência direta na morfologia do material estudado. O óxido de grafeno (GO) foi sintetizado pelo método de *Hummers* modificado e pretende-se reduzilo posteriormente por via química, obtendo o óxido de grafeno reduzido (rGO) [7,8]. O material a ser obtido será utilizado para compor o nanocompósito rGO/ZnO, que será incorporado como camada ativa na célula, desempenhando a função de transporte de elétrons entre o corante e o substrato condutor. O extrato de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*) foi selecionado como um possível corante sensibilizador. Este foi testado por espectroscopia ultravioleta-visível (UV – Vis) para verificação do espectro de absorção eletromagnética do material. Os resultados mostraram uma grande absorção de luz na região do ultravioleta, sendo um resultado promissor para

testes. Em especial, para formação de misturas com corantes orgânicos com maior absorção do espectro na região do visível, tendo por perspectiva a melhoria da eficiência da célula.

**Palavras-chave:** *células solares; corantes orgânicos; polímero condutor; nanocompósito.*

**Referências**

BAGHDADI, N.; SALAH, N.; ALSHAHRIE, A.; ANSARI, A. R.; KOUMOTO, K**. The effect of morphological modification on the thermoelectric properties of ZnO nanomaterials.** Ceramics International, v. 47, p. 6169–6178, 2021. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.10.195
. Acesso em: 9 set. 2025.

CARVALHO, A. S. **Estruturas baseadas em N-grafeno: síntese, caracterização e aplicação em eletrodos para supercapacitores**. 2021. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Química Fundamental, Recife, 2021.

DE SILVA, K. K.; HUANG, H.-H.; YOSHIMURA, M. **Progress of reduction of graphene oxide by ascorbic acid. Applied Surface Science**, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2018.03.243
. Acesso em: 9 set. 2025.

FEITOSA, A. V.; SAMPAIO, S. G. **A educação ambiental através de montagem e simulação de células solares sensibilizadas com corante orgânico**. Ciência e Natura, v. 38, n. 3, p. 1626–1635, 2016. DOI: https://doi.org/10.5902/2179460X23433
. Acesso em: 9 set. 2025.

HORTA, M. K. S. **Síntese e caracterização de nanoestruturas de óxido de zinco por via úmida**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Nanotecnologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

PETRY, P. M.; RAMOS, K. N.; COSTA, H. K. M. **A expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil e o desenvolvimento local: uma proposição de abordagem. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, n. esp., p. 22–43, maio 2020. DOI: https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e0202022-43
. Acesso em: 9 set. 2025.

RICHHARIYA, G.; MEIKAP, B. C.; KUMAR, A. **Review on fabrication methodologies and its impacts on performance of dye-sensitized solar cells**. Environmental Science and Pollution Research, 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/s11356-021-18049-2
. Acesso em: 9 set. 2025.

SACCARDO, M. C. **Desenvolvimento de filmes transparentes condutores baseados em PEDOT**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Materiais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

# Produção de Etanol a partir da Biomassa da *Eichhornia crassipes*: Uma Alternativa Sustentável para o Controle de Plantas Invasoras e Geração de Energia Renovável

**Jeferson José da Silva, Universidade de Pernambuco (jjs3@poli.br)**
**Adalberto Freire do Nascimento Júnior, Universidade de Pernambuco (afnj@poli.br)**
**Alexandre Nunes da Silva, Universidade de Pernambuco (ans2@poli.br)**
**Deivson Cesar Silva Sales, Universidade de Pernambuco (deivsonsales@poli.br)**
**Sérgio Peres Ramos da Silva, Universidade de Pernambuco (speres@poli.br)**

A proliferação descontrolada da baronesa (*Eichhornia crassipes)*, planta aquática invasora comum em regiões tropicais, tem causado sérios impactos ambientais em corpos hídricos brasileiros, como no Canal da Malária, em Olinda (PE), onde compromete a biodiversidade, dificulta o escoamento pluvial e favorece a propagação de doenças. Paradoxalmente, as mesmas características que tornam a espécie um problema ambiental — como o rápido crescimento e a elevada produção de biomassa — também a destacam como uma alternativa promissora para a produção de biocombustíveis. Diversos estudos evidenciam o potencial energético da planta, especialmente devido ao seu alto teor de celulose e hemicelulose, componentes que permitem sua conversão em etanol por meio de processos de hidrólise e fermentação (HIRPHAYE et al., 2022; RUAN et al., 2016; DAS et al., 2013). O presente trabalho propõe avaliar a viabilidade técnica e econômica da utilização da baronesa como matéria-prima na produção de etanol, unindo o controle ambiental à promoção de uma matriz energética mais limpa. O processo produtivo se inicia com um pré-tratamento físico-químico da biomassa, com o objetivo de romper a estrutura das fibras vegetais e expor os carboidratos estruturais. Em seguida, realiza-se a hidrólise enzimática, utilizando enzimas como celulases e hemicelulases, responsáveis por converter os polissacarídeos em açúcares fermentáveis. A etapa subsequente envolve a fermentação alcoólica conduzida por levedura, sob condições específicas de temperatura e pH, promovendo a conversão dos açúcares em etanol e dióxido de carbono. Por fim, o etanol obtido é separado por destilação fracionada e pode ser purificado de acordo com sua aplicação final. Os resultados preliminares apontam para um cenário promissor: com poder calorifico de 14,32 MJ/kg, quando comparamos com a casca de arroz de 13,15 MJ/kg (MELEGARI, 2020) e bagaço de cana 16,71 MJ/kg (MACEDO, 2017) ;custos reduzidos por se encontrar em um canal, onde não há necessidade de plantio ou cuidados rigorosos e indícios de impacto ambiental positivo por se tratar de uma planta invasora que será removida do meio aquático urbano, reforçando a possibilidade de que a utilização da *Eichhornia crassipes* na produção de biocombustíveis seja tecnicamente viável e ambientalmente sustentável (HIRPHAYE et al., 2022; RUAN et al., 2016). Ainda que os desdobramentos práticos da implementação em larga escala permaneçam incertos, observa-se um potencial concreto para que a biomassa dessa espécie, tradicionalmente associada a problemas ecológicos, se transforme em solução energética. Nesse sentido, a iniciativa poderá representar uma estratégia eficaz para fomentar o desenvolvimento sustentável em regiões impactadas por sua proliferação, integrando inovação tecnológica, economia circular e preservação ambiental.

**Palavras-chave:** *Eichhornia crassipes; etanol; fermentação; energia renovável.*

**Referências**

DAS, S. P. et al. Efficient pretreatment for bioethanol production from water hyacinth (Eichhornia crassipes) involving naturally isolated and recombinant enzymes and its recovery.

**Environmental Progress & Sustainable Energy**, [S. l.], 2013. DOI: 10.1002/ep.11885. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/. Acesso em: 31 jul. 2025.

HIRPHAYE, B. Y. et al. Bio-ethanol production potential of water hyacinth (Eichhornia crassipes) as alternative energy feedstocks. **Research Square**, [S. l.], 2022. Disponível em: https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2356408/v1. Acesso em: 31 jul. 2025.

MACEDO, L. C. N. de. **Estudo térmico da combustão de biomassa**. 2017. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em [Nome do Curso não especificado]) – [Nome da Instituição não especificada], Itapeva, SP, 2017.

MELEGARI, S. N. et al. Potencial de geração de bioeletricidade com casca de arroz no Brasil. **Revista Cultivando o Saber**, v. 5, n. 1, p. 1–8, 2020. Disponível em: https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/385#:~:text=Com%20dados%20de%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de,kg%2D1. Acesso em: 15 set. 2025.

RUAN, T. et al. Water hyacinth (Eichhornia crassipes) biomass as a biofuel feedstock by enzymatic hydrolysis. **BioResources**, v. 11, n. 1, p. 2372–2380, 2016. Disponível em: https://bioresources.cnr.ncsu.edu/. Acesso em: 31 jul. 2025.

# Monitoria em Resistência dos Materiais 2: Estratégias para Melhor Compreensão e Desempenho Acadêmico

**Natália Duarte Valença, Universidade de Pernambuco (natalia.valenca@upe.br)**
**Francisco Gilfran Alves Milfont, Universidade de Pernambuco (gilfran.milfont@upe.br)**

A monitoria da disciplina de Resistência dos Materiais 2, oferecida no semestre de 2025.1 na Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (POLI/UPE), foi estrategicamente concebida para atender às necessidades dos alunos do curso de Engenharia Mecânica. Essa disciplina, um pilar essencial na formação dos engenheiros mecânicos, aprofunda-se em conceitos complexos como deflexão de vigas, flambagem de colunas, as transformações de tensões e deformações, e os métodos de energia. Tópicos como esses são amplamente abordados em literaturas clássicas da engenharia, como as obras de Beer et al. (2014) e Hibbeler (2018), que servem de base para a compreensão do comportamento de materiais sob carregamentos diversos e para o projeto de estruturas. A intrínseca complexidade desses temas, aliada às dificuldades frequentemente observadas em disciplinas pré-requisitos, como Mecânica Geral, salientou a necessidade premente de um suporte pedagógico complementar. Diante desse cenário, o principal objetivo da monitoria foi reforçar o processo de ensino-aprendizagem, proporcionando aos alunos as ferramentas e o apoio necessários para superar as barreiras conceituais e operacionais. As atividades ocorreram semanalmente, tanto de forma presencial quanto assíncrona, garantindo flexibilidade e acessibilidade no suporte aos discentes. A metodologia adotada incluiu uma variedade de estratégias pedagógicas: foram promovidas revisões teóricas aprofundadas, sessões de resolução de exercícios no quadro, plantões de dúvidas individualizados, e a elaboração e distribuição de materiais complementares, como resumos, vídeos explicativos, listas de exercícios adicionais e guias de estudo. Adicionalmente, foram realizados aulões de revisão com foco especial em provas de semestres anteriores, preparando os estudantes para as avaliações de forma abrangente. Para otimizar o acompanhamento, a monitora atuou de forma proativa na identificação das necessidades individuais dos discentes, estabelecendo um canal de comunicação aberto e contínuo por meio de conversas diretas, análise das dúvidas mais recorrentes e feedbacks informais que ajudavam a calibrar a abordagem da monitoria. Uma estratégia importante nesse processo foi o registro contínuo da presença dos alunos, por meio de uma ata de monitoria compartilhada com o professor da disciplina, servindo tanto como controle administrativo quanto como termômetro do engajamento. A manutenção de uma relação próxima e de constante alinhamento com o professor orientador foi um pilar essencial para o sucesso da iniciativa, permitindo a sincronização da monitoria com os conteúdos ministrados pelo docente. Com o intuito de avaliar os impactos tangíveis da monitoria, realizou-se uma análise quantitativa comparativa entre os resultados acadêmicos dos períodos 2024.2 e 2025.1. Os dados revelaram um aumento de 8,7% na média do 1º Exercício Escolar e de 7,5% na média geral dos dois primeiros exercícios escolares (1º e 2º EE), além de um aumento de aproximadamente 17% na taxa de aprovação, em relação a semestres onde não havia a atuação de monitoria. Complementarmente, uma avaliação qualitativa foi conduzida por meio de um formulário eletrônico, elaborado no Google Forms, e disponibilizado aos discentes tanto no grupo de WhatsApp da monitoria, o qual era utilizado regularmente para comunicação e compartilhamento de materiais, quanto durante as aulas presenciais. Esse procedimento assegurou que todos os alunos tivessem acesso ao instrumento de avaliação, resultando em ampla participação e permitindo coletar percepções consistentes sobre a relevância da monitoria. A totalidade dos alunos (100%) indicou que recomendaria a monitoria a futuros colegas, enquanto 90% atribuíram a nota máxima à contribuição da monitoria para o seu aprendizado e 80% afirmaram categoricamente que não teriam alcançado a mesma profundidade de compreensão dos conteúdos sem o suporte oferecido. Nos comentários

abertos, os estudantes frequentemente destacaram a clareza das explicações, a paciência da monitora em abordar as dúvidas e a sua postura acessível, elementos que se mostraram diferenciais na construção do conhecimento. Conclui-se que a monitoria se consolidou como uma estratégia pedagógica eficaz, promovendo engajamento, autonomia e aprendizagem ativa. Tal prática está alinhada às metodologias de ensino que valorizam o protagonismo discente no processo educacional, evidenciando seu papel no fortalecimento da formação acadêmica em engenharia mecânica.

**Palavras-chave:** *monitoria; resistência dos materiais; engenharia mecânica; ensino-aprendizagem.*

.

**Referências**

BEER, Ferdinand P.; JOHNSTON JR., E. Russell; DEWOLF, John T.; MAZUREK, David F. Mecânica dos Materiais. 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

HIBBELER, Russell C. Resistência dos Materiais. 10. ed. São Paulo: Pearson, 2018.

# Segurança Cibernética: Uma Breve Introdução

**Luciano José da Silva Junior, Universidade de Pernambuco (ljsj@poli.br)**
**Ruben Carlo Benante, Universidade de Pernambuco (rcb@poli.br)**

‘Segurança Cibernética: Uma Breve Introdução’ é o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) elaborado por Luciano José da Silva Junior, sob orientação do Professor Dr. Ruben Carlo Benante, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro de Controle e Automação pela Escola Politécnica de Pernambuco (POLI/UPE). Este trabalho tem como objetivo principal conscientizar os leitores sobre a importância da segurança cibernética diante de um cenário em que o acesso facilitado a dispositivos digitais, aliado à falta de preparo técnico, torna os usuários vulneráveis a ataques cibernéticos (KESSLER, 2012) (NANANG et al., 2024). Tais ataques já resultaram em prejuízos financeiros expressivos, estimados em US$ 3,5 bilhões apenas em 2019, de acordo com a Central de Reclamações de Crimes na Internet do FBI (CHNG et al., 2022). Além de comprometer a proteção de dados em diversos setores pessoais, empresariais e institucionais da sociedade, a educação — como escolas, universidades e instituições acadêmicas — é um exemplo relevante, pois armazena dados sensíveis de estudantes e seus projetos, tornando-se um alvo frequente (NANANG et al., 2024). Além dos danos diretos à segurança da informação, os ciberataques podem levar a sérios problemas psicológicos, como ansiedade, estresse e frustração, além de lesões físicas, que em alguns casos podem ser graves, e até mesmo à perda de vidas (GULIASHKI; MARINOVA, 2024). Dessa forma, os riscos cibernéticos estão diretamente relacionados à segurança e ao bem-estar dos indivíduos, destacando a importância de estratégias de proteção contra os riscos cibernéticos. Diante dessa perspectiva, o estudo visa apresentar os principais ataques cibernéticos e desenvolver competências técnicas e preventivas no leitor, apresentando estratégias eficazes para identificar e mitigar ameaças virtuais. A metodologia utilizada consistiu em uma revisão teórica de conceitos essenciais e práticas consolidadas da área. Inicialmente, foram discutidas as mudanças nas regulamentações brasileiras sobre o uso da internet e os perfis de hackers — éticos, mal-intencionados e extremistas — bem como os profissionais especializados em segurança da informação. Em seguida, foram examinadas as principais ameaças digitais, como malwares (ex.: *ransomware*, *spyware*, *trojans*), técnicas de engenharia social e ataques cibernéticos diversos, incluindo *DDoS*, *zero-day*, *sniffing*, *backdoor* e injeção SQL. Posteriormente, o trabalho explorou diversas medidas de proteção no contexto da segurança da informação, como rotinas de backup, atualizações regulares de software, uso de criptografia, configuração de firewalls, adoção de senhas fortes e gerenciadores de senhas, além da implementação de ferramentas como antivírus, VPNs e sistemas de detecção de intrusões. Também foi abordado o conceito de desenvolvimento seguro, destacando práticas de programação voltadas à prevenção de vulnerabilidades desde as fases iniciais dos projetos. O principal resultado obtido foi a própria construção do trabalho, fundamentada em uma coletânea de temas e práticas essenciais à segurança digital. Essa organização do conteúdo permitiu reunir e estruturar conhecimentos que contribuem significativamente para a mitigação de riscos cibernéticos, especialmente quando associados a políticas organizacionais voltadas à conscientização e à educação digital. Verificou-se, ainda, que a eficácia dessas estratégias está diretamente ligada ao nível de engajamento dos usuários e à constante atualização dos recursos de proteção utilizados (NANANG et al., 2024). Conclui-se, portanto, que a consolidação de uma cultura de segurança da informação depende tanto da aplicação técnica dessas práticas quanto do investimento contínuo em educação digital. A formação de usuários conscientes e preparados é um pilar essencial para enfrentar os desafios crescentes do cenário digital contemporâneo, tornando o conhecimento um dos principais mecanismos de defesa contra ameaças cibernéticas.

**Palavras-chave:** *Segurança cibernética; hackers; ataques cibernéticos; educação digital.*
**Referências**

KESSLER, G. C. Information Security: New Threats or Familiar Problems? **Computer**, v. 45, n. 2, p. 59-65, 2012. ISSN 0018-9162. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/document/6201309. Acesso em: 24 fev. 2023.

NANANG, H.; HAYADI, B. H.; SUKMANA, H. T.; DURAHMAN, Y.; ARIFIN, V.; AZHARI, M. The importance of Security Risk and Protection in Education Systems: A study of the Extended Detection and Response (XDR) Method in Data Security. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATICS AND COMPUTING (ICIC), 9., 2024, Medan. **Anais [...].** Medan: IEEE, 2024. p. 1-4. DOI: 10.1109/ICIC64337.2024.10957478.

GULIASHKI, V.; MARINOVA, G. Impact of Cyberattacks on Human's Health. In: IEEE INTERNATIONAL WORKSHOP ON TECHNOLOGIES FOR DEFENSE AND SECURITY (TechDefense), 2024, Nápoles. **Anais [...].** Nápoles: IEEE, 2024. p. 31-35. DOI: 10.1109/TechDefense63521.2024.10863627.

CHNG, S.; LU, H. Y.; KUMAR, A.; YAU, D. Hacker types, motivations and strategies: A comprehensive framework. **Computers in Human Behavior Reports**, v. 5, 100167, 2022. ISSN 2451-9588. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chbr.2022.100167. Acesso em: 24 fev. 2023.

# Modelagem preditiva do armazenamento adsortivo de gás natural utilizando aprendizado de máquina

**Emanuel Albuquerque, Universidade de Pernambuco (ersa1@poli.br)**
**Lorena Guimarães, Universidade de Pernambuco (lbg@poli.br)**
**Deivson Cesar Silva Sales, Universidade de Pernambuco (deivsonsales@poli.br)**

O crescente aumento da demanda nacional por gás natural (GN) exige o aprimoramento das técnicas tradicionais de armazenamento, como o Gás Natural Comprimido (CNG) e o Gás Natural Liquefeito (LNG), e dos métodos de transporte, incluindo gasodutos e caminhões-tanque. No entanto, essas abordagens operam sob condições extremas de temperatura e pressão, resultando em altos custos operacionais e limitando a ampla adoção do GN como fonte energética (Sousa; Oliveira; Reis, 2023; Sales, 2009). Nesse cenário, o armazenamento adsortivo de gás natural (Adsorbed Natural Gas – ANG) surge como alternativa promissora, pois permite a estocagem do GN sob pressões mais baixas (30–45 bar) e com menor consumo energético. O processo ocorre pela adsorção física das moléculas de GN em materiais porosos, como carvões ativados (Zhang et al., 2022). Entretanto, a eficiência do ANG depende de fatores complexos, tornando sua modelagem um desafio. Modelos fenomenológicos tradicionais, baseados em equações diferenciais, apresentam limitações na representação precisa do comportamento dinâmico. Nesse contexto, técnicas de Machine Learning (ML), como Fuzzy, Neuro-Fuzzy e Algoritmos Genéticos, surgem como alternativa eficiente para prever a evolução de variáveis do processo de ANG, sem necessidade de simplificações matemáticas rigorosas (Hastie; Tibshirani; Friedman, 2009; James et al., 2013). O presente trabalho propõe um modelo preditivo de aprendizado de máquina para o processo de ANG. Foram empregados modelos de regressão linear e polinomial, ajustados a dados experimentais obtidos em ensaios com metano e carvões ativados (CAQ1 e CAQ2, designações de diferentes amostras de carvão ativado). A metodologia utilizou segmentação temporal, com regressão linear nos regimes iniciais e polinomial nos trechos não lineares, além de validação cruzada e métricas estatísticas de erro (Foo; Hameed, 2010; Kumar et al., 2025). Para análise comparativa, o modelo foi confrontado com o modelo fenomenológico de Wakao-Smith, considerado referência pela literatura (Sales, 2009). Os resultados indicaram que o modelo proposto apresenta menor erro médio e melhor capacidade de previsão em comparação ao modelo clássico, especialmente nas variáveis pressão e adsorvidade. Tais achados evidenciam a viabilidade do uso de técnicas de aprendizado de máquina como ferramenta robusta para a modelagem de sistemas adsortivos, com potencial para superar modelos tradicionais em precisão e adaptabilidade.

**Palavras-chave:** *Aprendizado de Máquina; Armazenamento Adsortivo de Gás Natural (ANG); Modelagem Preditiva; Sistemas Adsortivos;*

## Referências

FOO, K. Y.; HAMEED, B. H. Insights into the modeling of adsorption isotherm systems. **Chemical Engineering Journal**, v.156, n.1, p.2–10, 2010. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cej.2009.09.013.

HASTIE, T.; TIBSHIRANI, R.; FRIEDMAN, J. The elements of statistical learning: data mining, inference, and prediction. New York: Springer, 2009.

JAMES, G. et al. An introduction to statistical learning: with applications in R. New York: Springer, 2013.

KUMAR, S. et al. Machine learning frameworks to accurately estimate the adsorption of organic pollutants. **Scientific Reports**, v.15, n.1, p. 99759, 2025. DOI: 10.1038/s41598-025-99759-2. Disponível em: https://www.nature.com/articles/s41598-025-99759-2. Acesso em: 25 maio 2025.

SALES, D. C. S. **Adsorção e transferência de massa em carvões ativados utilizados para armazenamento de metano em reservatório**. Recife, 2009. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) — Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

SOUSA, Brenda Beatriz; OLIVEIRA, Heleno do Carmo; REIS, Lara Moscardo. **Os desafios do mercado de gás natural no Brasil:** panorama atual e perspectivas. Tempo do Mundo, Brasília, v.32, p.111-142, 2023. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/13401/5/Tempo_Mundo_32_artigo3_os_desafos_do_mercado_de_gas.pdf. Acesso em: 26 fev. 2025.

ZHANG, Y. et al. A systematic and critical review on development of machine learning models for adsorption processes. **Journal of Cleaner Production**, v. 377, p. 132937, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132937.

# ENGENHARIA DE SISTEMAS

# Modelagem de Degradação de Baterias $LiFePO_4$ (LFP) em Aplicações de Armazenamento de Energia

**Maria Cecilia Costa Lima, Universidade de Pernambuco (mccl1@poli.br)**
**Manoel Henrique da Nóbrega Marinho, Universidade de Pernambuco (marinho75@poli.br)**
**Túlio Silva Costa, Universidade de Pernambuco (tsc4@poli.br)**

A crescente demanda global por energia renovável e a necessidade de reduzir a dependência de combustíveis fósseis impulsionaram a implantação de Sistemas de Armazenamento de Energia em Baterias (*Battery Energy Storage System* - BESS). As baterias de íon-lítio (*Lithium-Ion Batteries* - LIBs) são a tecnologia dominante em aplicações BESS, estimuladas por uma redução de 90% nos custos desde 2010, alta densidade de energia e longa vida útil (IEA, 2023). Entre as químicas de LIBs, o fosfato de ferro-lítio ($LiFePO_4$ ou LFP) se destaca por sua alta estabilidade térmica, segurança e taxa de degradação relativamente baixa (Wang et al, 2022; Zheng et al, 2024). A degradação da bateria é a perda gradual de capacidade e eficiência, e ocorre por mecanismos como o crescimento do SEI (*Solid Electrolyte Interphase*) e a deposição de lítio. Em aplicações de serviços ancilares, o BESS passa por ciclos frequentes sob condições térmicas e elétricas variáveis, o que intensifica a degradação tanto por calendário quanto por ciclos. A modelagem precisa da degradação da bateria é essencial para prever o *State of Health* (SoH), otimizar estratégias de despacho e planejar manutenções ou substituições, que são críticos para a viabilidade econômica dos investimentos em BESS. Dessa forma, este estudo propõe uma estrutura híbrida para estimar o SoH de LIBs com base em dados operacionais reais, integrando modelos de degradação baseados em física com técnicas baseadas em dados. Nesse estudo um conjunto de dados de seis meses de um sistema de bateria LFP (24V, 160Ah), operando em aplicações móveis e de backup foi utilizado. Os dados incluem medições de corrente, tensão, temperatura e SOC a cada 5 segundos, totalizando mais de 25.000 ciclos (Schaeffer et al., 2024). O estudo descreve e compara quatro abordagens para estimar o SoH usando dados operacionais reais de um sistema de bateria LiFePO4 implantado em campo: i) Modelo Físico Empírico: Incorpora degradação por tempo acumulado (envelhecimento de calendário), ciclos de carga/descarga (envelhecimento por ciclo) e desvios térmicos em relação a 25°C. Ele garante que o SoH comece em 100% e diminua suavemente, com um limite inferior de 60%. ii) Modelo Proxy de SoH (Sintético): Construído empiricamente a partir de uma combinação linear de tempo, profundidade de descarga e temperatura. Este proxy foi usado como um alvo substituto para treinar modelos supervisionados, especialmente quando o monitoramento direto do SoH não está disponível. iii) Regressor Random Forest (RFR): O principal modelo preditivo, sendo um método de aprendizado de conjunto que constrói múltiplas árvores de decisão. É robusto a overfitting e ruído, capturando relações não lineares. iv) Modelo de Regressão Linear: Usado como linha de base para comparação. Para avaliar e comparar o desempenho dos modelos, três métricas de avaliação foram adotadas: Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Squared Error (RMSE) e o coeficiente de determinação ($R^2$). Um MAE menor indica maior precisão de previsão, enquanto um RMSE abaixo de 1% é geralmente considerado como forte evidência de robustez em tarefas de estimativa de SoH. O coeficiente $R^2$ varia de 0 (sem poder explicativo) a 1 (previsão perfeita). Os resultados obtidos foram: i) Modelo físico empírico: produziu uma curva de SoH suave, com variação mínima e erros muito baixos (MAE < 0,0001%), evidenciando elevada precisão da abordagem baseada em informações físicas. ii) Proxy sintético de SoH: apresentou maior variabilidade em relação ao modelo físico, resultando em erros superiores (MAE < 0,01%). Apesar de heurístico, esse cenário de aprendizado é mais realista, pois incorpora ruídos e flutuações que se aproximam de dados de campo. iii) Random Forest: quando treinado sobre o modelo físico, obteve erros extremamente baixos (MAE ≈ 0,000063% e RMSE ≈ 0,000124%), além de um coeficiente de determinação elevado ($R^2$ até

0,998740). Para o proxy de SoH, os erros foram maiores (MAE ≈ 0,009742%, RMSE ≈ 0,016598%, $R^2$ ≈ 0,997080), mas ainda assim o Random Forest superou de forma consistente a Regressão Linear. A validação cruzada baseada em grupos semanais demonstrou bom desempenho geral ($R^2$ médio ≈ 0,972), embora com alguma variabilidade em diferentes contextos temporais. Uma previsão de SoH de 5 anos com o modelo Random Forest treinado no modelo físico indicou uma degradação leve (até 98,6%), mas com uma faixa de confiança crescente, refletindo o aumento da incerteza preditiva ao longo do tempo. Vale ressaltar que o modelo de regressão linear é utilizado apenas como linha de base para comparação. No geral, a abordagem híbrida oferece um caminho viável para a modelagem de degradação em estágio inicial em contextos com dados limitados. Trabalhos futuros devem estender os testes a múltiplos sistemas de baterias e incorporar dados reais do SoH para aumentar a robustez e a aplicabilidade prática. Este trabalho traz as seguintes contribuições principais para o campo da modelagem de degradação de baterias em aplicações de serviços ancilares: Integração de um modelo empírico baseado em física (capturando envelhecimento por calendário, ciclo e envelhecimento térmico) com um algoritmo de aprendizado de máquina supervisionado (Random Forest) para aprimorar a precisão da previsão de SoH, além do desenvolvimento de uma curva de SoH realista baseada em proxy, derivada de parâmetros operacionais, permitindo o treinamento e a avaliação do modelo em cenários sem acesso a dados reais de SoH.

**Palavras-chave:** *degradação de baterias; baterias de íons de lítio; state of health; machine learning.*

**Referências**

IEA. Executive summary – Batteries and secure energy transitions – Analysis. Paris: International Energy Agency, 2023. Disponível em: https://www.iea.org/reports/batteries-and-secure-energy-transitions/executive-summary. Acesso em: 13 jul. 2025.

WANG, L. et al. Insights for understanding multiscale degradation of $LiFePO_4$ cathodes. eScience, v. 2, p. 125–137, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.esci.2022.03.006.

ZHENG, S. et al. A review of equivalent-circuit model, degradation characteristics and economics of Li-ion battery energy storage system for grid applications. Journal of Energy Storage, v. 101, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.est.2024.113908.

SCHAEFFER, J. et al. Lithium-Ion Battery Field Data: 28 LFP battery systems with 8 cells in series, up to 5 years of operation. Cell Reports Physical Science. Zenodo, p. 102258, 14 set. 2024. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.13715694.

# O Uso de Derivativos Financeiros no Setor de Energia Elétrica Brasileiro: Uma Análise de Risco e Retorno

**Marlos Henrique Carvalho Macedo, Universidade de Pernambuco (mhcm@poli.br)**
**Manoel Henrique da Nóbrega Marinho, Universidade de Pernambuco (marinho75@poli.br)**

O mercado de derivativos tem registrado crescimento expressivo no Brasil e no mundo, impulsionado pelas transformações recorrentes na economia global e pela crescente demanda e diversificação desses instrumentos financeiros. Tal evolução impõe novos desafios ao campo contábil, já que a identificação e mensuração dos derivativos tornam-se mais complexas devido à pluralidade de produtos e à constante inovação financeira (Darós e Borba, 2005). Além de atuarem na mitigação de riscos, os derivativos são frequentemente utilizados como instrumentos de especulação, o que exige uma abordagem criteriosa e o desenvolvimento de políticas eficazes de gestão, dado que sua utilização sem o devido conhecimento pode ocasionar perdas substanciais (Amaral, 2003). O setor de energia elétrica brasileiro, estratégico para o desenvolvimento nacional, estruturou-se em um modelo híbrido, com consumidores regulares, vinculados ao Ambiente de Contratação Regulada (ACR), e grandes consumidores e agentes de mercado, operando no Ambiente de Contratação Livre (ACL). Esse contexto, marcado pela reestruturação do setor e pela diversificação das fontes energéticas, atribui papel central aos derivativos no contexto da gestão dos ativos. Tais instrumentos têm ganhado espaço tanto nos debates especializados quanto no âmbito regulatório, dada sua capacidade de promover a eficiência e a sustentabilidade financeira das empresas do setor (Loiola, 2002). O avanço das regras de mercado, conformadas pelo MAE (Mercado Atacadista de Energia Elétrica) e reguladas pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), trouxe inovações como a implementação de leilões (Lei n.º 10.438/2002) e modernização dos contratos, favorecendo a sofisticação dos arranjos financeiros do setor, incluindo contratos futuros e outros derivativos, que permitem a precificação eficiente das ameaças inerentes ao mercado energético nacional (ANEEL, 2025). Tais contratos, negociados principalmente em ambientes como a BBCE (Balcão Brasileiro de Comercialização de Energia), são liquidados financeiramente e vinculados a indexadores como o Preço de Liquidação das Diferenças (PLD) e o Custo Marginal de Operação (CMO), representando uma ferramenta essencial para proteção (*hedge*), redução de risco de crédito e tomada de decisões estratégicas pelos agentes do setor. Este estudo pretende propor contratos futuros de energia elétrica adaptados à realidade do mercado brasileiro, a partir da análise de PLDs regionais e dos preços médios do MWh (Mega-Watts-hora) para diferentes fontes energéticas, entre 2019 e 2023, bem como sugerir estratégias para aperfeiçoamento das práticas financeiras, políticas de risco, governança e transparência setorial. A metodologia adotada utilizou dados secundários do Sistema de Informações da Geração da ANEEL (2019-2023), período em que a capacidade instalada do país cresceu de 170,026 GW (Giga-Watts) para 197,058 GW, com expansão do número de empreendimentos de 8.795 para 23.552. Este estudo analisa o uso de derivativos financeiros no setor elétrico brasileiro como ferramenta para mitigação de riscos e gestão estratégica diante da volatilidade dos preços do PLD nas diferentes regiões do país. Por meio de contratos futuros adaptados, o trabalho demonstra lucros financeiros consistentes em operações realizadas entre 2021 e 2022, destacando ganhos variados por fonte energética e sub-região, e sugere a expansão do uso desses instrumentos para consumidores e a análise de novos modelos tarifários. Entre 2019 e 2023, a CCEE promoveu quatro leilões, contratando 53.064 MW. O cálculo do PLD é realizado por modelos como o NEWAVE e o DECOMP, considerando o CMO e patamares de carga, estabelecendo limites mínimos e máximos anuais definidos pela ANEEL (CCEE, 2023). O estudo propôs contratos futuros modelados em R$/MWh (Reais por Mega-Watt-hora), considerando os dados de PLD e preços médios das fontes energéticas, seguindo recomendações da literatura (Loiola, 2002). Para avaliação de

risco, adotou-se o desvio padrão dos retornos diários de PLD, anualizado conforme padrão de mercado (multiplicação pela raiz de 252), metodologia usual nos estudos financeiros (FERRAMENTA DO INVESTIDOR, 2017). Os resultados revelam oscilações expressivas do PLD nas sub-regiões do SIN (Sistema Interligado Nacional). Na região Sul, identificou-se a segunda maior volatilidade semanal (136,90%) e de retorno total do período (505,55%), seguida pela região Norte (131,08% semanal e 502,15% total) e Sudeste (81,72% semanal e 456,03% total). Os padrões se mantiveram ao longo dos períodos avaliados (2021-2023), evidenciando acentuadas variações regionais do risco. Na avaliação por fonte de geração (biomassa, gás natural, pequenas centrais hidrelétricas "PCHs"/central geradora hidrelétrica "CGHs", eólica e solar), as fontes renováveis se mostraram menos expostas à volatilidade. O teste que usa dados históricos para simular o desempenho passado de uma estratégia, o chamado *backtest*, em contratos futuros simulados demonstrou mitigação das oscilações negativas, resultando sempre em ganhos financeiros frente ao cenário sem derivativos. Todos os 532 contratos simulados foram lucrativos, com predominância de contratos de compra — o que indica, para 2021-2022, PLDs mais baixos que a média dos leilões. Conclui-se que a eletricidade, recurso indispensável e não armazenável, apresenta grande vulnerabilidade a riscos de preço, especialmente em mercados híbridos como o brasileiro. A alta volatilidade regional do PLD cria oportunidades para o uso de contratos futuros, que permitem proteção financeira em cenários adversos, ainda que limitem ganhos em movimentos favoráveis. A análise por fonte e sub-região mostra que o Norte obteve os melhores retornos em usinas termoelétricas e CGHs, o Sudeste em eólica, hidrelétrica e solar, e o Sul em PCHs. Esta pesquisa contribui para aprimorar a compreensão, a gestão de eventos cíclicos e contracíclicos e a competitividade no mercado brasileiro de energia elétrica. Os resultados reforçam o papel estratégico dos derivativos na redução do risco e na potencialização dos resultados para agentes do ACL, impulsionando eficiência, inovação e competitividade setorial.

**Palavras-chave:** *Derivativos financeiros; energia elétrica; risco; retorno.*

**Referências**

AMARAL, H. H. **O uso de derivativos e os riscos associados**: uma abordagem prática. Revista de Finanças, v. 8, n. 2, p. 99-112, 2003.

DARÓS, M. J.; BORBA, J. A. **Governança corporativa e instrumentos financeiros derivativos**: desafios para a contabilidade. Revista de Contabilidade e Organizações, v. 1, n. 2, p. 53-66, 2005.

LOIOLA, E. O. Mercados futuros e instrumentos derivativos no setor elétrico brasileiro. **Anais do SIMPEQ**, 2002.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES DA GERAÇÃO - SIGA. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Disponível em: www.aneel.gov.br/siga. Acesso em: 10 jul. 2025.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CCEE. Relatório Anual de Mercado, 2023.

FERRAMENTA DO INVESTIDOR. **Cálculo da volatilidade histórica**: conceito e passos. Disponível em: www.ferramentadoinvestidor.com.br. Acesso em: 12 jul. 2025.

# Abordagem inovadora para produção de hidrogênio utilizando torre solar com heliostato e reformador de membrana com armazenamento de energia térmica: análise da reforma a vapor do etanol

**Renato da Silva Pereira, Universidade de Pernambuco (rsp1@poli.br)**
**Jornandes Dias da Silva, Universidade de Pernambuco (jornandesdias@poli.br)**

Com a demanda global por energia crescendo rapidamente e a necessidade de mitigação das mudanças climáticas, as fontes de energia renováveis emergem como soluções eficientes para atingir metas de produção de energia limpa em substituição aos combustíveis fósseis. Dentre elas, o hidrogênio renovável ($H_2$) se destaca como um transportador de energia ideal dada sua alta densidade energética e potencial como combustível limpo para o futuro (SŁOWIK *et al.*, 2021). A produção de $H_2$ pode ser realizada por meio de diversos processos, dentre os quais o processo termoquímico movido a energia solar se destaca como uma opção ecologicamente correta e econômica (CRUZ; DA SILVA, 2017). Dentre as diferentes matérias-primas possíveis para produção de $H_2$, o etanol ($C_2H_5OH$) se apresenta como um excelente candidato devido à sua renovabilidade, facilidade de acesso e transporte, biodegradabilidade, baixa toxicidade, ausência de toxinas catalíticas e facilidade de decomposição (SHARMA *et al.*, 2017). Nesse contexto, a Reforma a Vapor do Etanol (REE) é considerada um dos processos mais promissores para a produção de $H_2$ graças a sua maior produtividade por mol de etanol em comparação a outros processos (BEPARI; KUILA, 2020). Este trabalho teve como objetivo investigar a conversão de $C_2H_5OH$ e a produção de $H_2$ em um sistema inovador que integra uma torre solar assistida por heliostato com um sistema de armazenamento de energia térmica para suportar um reformador de membrana. A abordagem integrada visa alavancar a energia solar e o armazenamento térmico para uma produção eficiente e sustentável de $H_2$, abordando os desafios da disponibilidade solar intermitente e da estabilidade da temperatura em processos industriais de produção de $H_2$. O estudo se tratou de uma simulação computacional, com software desenvolvido pelos autores, e utilizou dados de irradiância solar e temperatura ambiente de três dias no mês de julho de 2023 na cidade de Recife. A modelagem matemática da REE foi formulada como um sistema de Equações Diferenciais Parciais (EDPs) que representam as interações complexas dentro das fases gasosa e sólida no reformador. O sistema de EDP inclui fenômenos significativos como transferência de massa, transferência de calor e reações químicas que ocorrem simultaneamente nessas fases e foi resolvido usando o método das Diferenças Finitas Implícitas (DFI). Esta abordagem numérica discretiza os domínios espacial e temporal contínuos das EDPs em pontos finitos da grade, permitindo a aproximação das derivadas como equações algébricas. Os resultados dos cálculos foram validados junto à literatura (ALIPOUR *et al.*, 2024; SAIDI; JAHANGIRI, 2018) e demonstraram que um aumento na taxa de energia térmica armazenada (ETA) melhora a eficiência do processo de REE, aumentando a conversão de $C_2H_5OH$ e a produção de $H_2$. As principais conclusões foram: (1) a taxa de ETA influencia diretamente a reação de REE, afetando as constantes de reação, adsorção e equilíbrio; (2) o aumento da taxa de ETA aumenta a produção de $H_2$ e a conversão de $C_2H_5OH$, mas diminui a eficiência térmica do sistema de membrana; (3) a conversão de $C_2H_5OH$ atinge 92% com uma taxa de ETA de 1678,09 W e temperatura de 623,87 K; (d) o rendimento de $H_2$ aumenta com o aumento da taxa de ETA, alcançando 2187 a 750 K com uma taxa de ETA de 1678,09 W. Esses resultados indicam um papel importante da energia térmica na otimização da produção de $H_2$ por REE e demonstram a viabilidade de utilizar energia solar para produzir hidrogênio a partir de etanol, com potencial para aplicações em sistemas de energia limpa.

**Palavras-chave:** *Produção de hidrogênio, heliostato, torre solar, reformador de membrana, reforma de etanol.*

**Referências**

ALIPOUR, H. *et al*. The role of various preparation techniques and nickel loadings in ethanol steam reforming over mesoporous nanostructured Ni–Al2O3 catalysts. **Journal of the Energy Institute**, v. 112, n. 101488, p. 101488, 2024.

BEPARI, S.; KUILA, D. Steam reforming of methanol, ethanol and glycerol over nickel-based catalysts-A review. **International journal of hydrogen energy**, v. 45, n. 36, p. 18090–18113, 2020.

CRUZ, B. M.; DA SILVA, J. D. A two-dimensional mathematical model for the catalytic steam reforming of methane in both conventional fixed-bed and fixed-bed membrane reactors for the Production of hydrogen. **International journal of hydrogen energy**, v. 42, n. 37, p. 23670–23690, 2017.

SAIDI, M.; JAHANGIRI, A. Theoretical study of hydrogen production by ethanol steam reforming: Technical evaluation and performance analysis of catalytic membrane reactor. **International journal of hydrogen energy**, v. 43, n. 32, p. 15306–15320, 2018.

SHARMA, Y. C. *et al*. Ethanol steam reforming for hydrogen production: Latest and effective catalyst modification strategies to minimize carbonaceous deactivation. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 74, p. 89–103, 2017.

SŁOWIK, G. *et al*. Influence of composition and morphology of the active phase on the catalytic properties of cobalt-nickel catalysts in the steam reforming of ethanol. **Materials chemistry and physics**, v. 258, n. 123970, p. 123970, 2021.

# Gamificação na Engenharia: Ensino de Energias Renováveis com Apoio de Tecnologias Educacionais Interativas

**Luana Pereira Pontes, Universidade de Pernambuco (lpp@poli.br)**
**Francisco Madeiro Bernardino Junior, Universidade de Pernambuco (madeiro@poli.br)**
**Maria de Lourdes M. Guedes Alcoforado, Universidade de Pernambuco (mlmga@poli.br)**

A formação de profissionais nas áreas de ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM, do inglês, *Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) enfrenta desafios desde o ensino básico, especialmente no que se refere à atratividade de disciplinas como Física e Matemática (Rocha; Lima; Andriola, 2021, p. 6). A pouca familiaridade dos estudantes com esses conteúdos impacta negativamente sua escolha por cursos superiores nas áreas tecnológicas (Pontes *et al*., 2022). Para enfrentar esse cenário, estratégias pedagógicas baseadas em metodologias ativas têm sido incentivadas como forma de tornar o aprendizado mais dinâmico, significativo e acessível (Feitosa *et al*., 2024). Entre essas estratégias, destaca-se a gamificação, que utiliza elementos lúdicos e mecânicas de jogos para engajar os estudantes e favorecer o desenvolvimento de habilidades cognitivas e socioemocionais (Ortiz-Rojas *et al*., 2025). De acordo com Moral-Sánchez, Sánchez-Compaña e Romero (2022), o termo “jogos sérios” se refere a jogos projetados com finalidade educacional, voltados ao desenvolvimento de habilidades específicas e ao ensino de diversas disciplinas por meio de abordagens interativas e gamificadas. O uso de jogos sérios no contexto educacional, especialmente aqueles com foco em sustentabilidade, contribui para o cumprimento de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) anunciados pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2015), como a promoção de uma educação de qualidade (ODS 4) e o acesso à energia limpa e acessível (ODS 7). Nesse sentido, o presente trabalho apresenta o desenvolvimento do jogo STEM Renô, um jogo sério de tabuleiro com foco em energias renováveis e com pedido de patente submetido (BR 10 2024 024807 4), elaborado para o uso em aulas de Ciências do Ensino Fundamental, com aplicação experimental no Ensino Superior. Embora existam outros jogos sérios sobre energia renovável, como o protótipo digital de Nykyri (2024) voltado a comunidades de energia, o STEM Renô diferencia-se por sua aplicação em sala de aula com estudantes reais e por utilizar um formato físico e colaborativo que favorece a interação social e a adaptação a diferentes níveis de ensino. O STEM Renô pode ser jogado individualmente ou em grupo e combina elementos lúdicos e desafios educativos para promover o aprendizado ativo sobre fontes de energia limpa: solar, eólica, hídrica, oceânica, biomassa e hidrogênio verde. Sua mecânica envolve o avanço em um tabuleiro por meio da resolução de desafios e cartas especiais, estimulando o raciocínio lógico, a pesquisa, a colaboração entre os participantes e a compreensão dos conteúdos de forma interativa. Composto por tabuleiro, cartas de perfil, cartas de desafio, cartas especiais, dado, cronômetro e marcadores, o STEM Renô apresenta uma proposta alinhada à educação STEM e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, buscando aproximar os alunos de temas científicos por meio de uma experiência envolvente, criativa e acessível. A metodologia consistiu na aplicação do protótipo do jogo com 12 alunos de Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, divididos em grupos e submetidos a duas sessões de jogo. Ao final, os participantes responderam a um questionário avaliativo. O objetivo da aplicação foi testar a jogabilidade, a abordagem pedagógica e a percepção dos alunos sobre o potencial do jogo como ferramenta de ensino. Os resultados indicaram alta aceitação entre os estudantes, que consideraram o jogo motivador, interativo e relevante para o aprendizado sobre energias renováveis. Embora tenham surgido sugestões de melhoria relacionadas à diversidade de desafios e à estrutura visual do tabuleiro, a maioria dos participantes afirmou que a atividade favoreceu o engajamento e o trabalho em equipe, com destaque para o estímulo à pesquisa e à discussão dos conteúdos. A experiência mostrou que o STEM Renô promove um ambiente

de aprendizagem mais atrativo e colaborativo, capaz de transformar conteúdos técnicos em vivências interativas, auxiliando no desenvolvimento de competências transversais, como pensamento crítico, tomada de decisão e resolução de problemas. Como continuidade deste trabalho, prevê-se a aplicação do jogo com estudantes do sétimo ano do Ensino Fundamental, a fim de validar sua proposta junto ao público-alvo original. A versatilidade do jogo permite sua adaptação para diferentes níveis de ensino e outras áreas do conhecimento, consolidando-o como ferramenta pedagógica para o ensino de ciências com foco na sustentabilidade e na formação integral dos estudantes.

**Palavras-chave:** *Gamificação; educação STEM; energias renováveis; metodologias ativas.*

**Referências**

FEITOSA, Marcílio André Félix *et al*. Atraindo futuros engenheiros: STEM e Eletrônica como ferramentas de motivação no ensino fundamental. **Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 13, p. e12457- e12457, 2024.

MORAL-SÁNCHEZ, Silvia Natividad; SÁNCHEZ-COMPAÑA, M. Teresa; ROMERO, Isabel. Geometry with a STEM and gamification approach: A didactic experience in secondary education. **Mathematics**, v. 10, n. 18, p. 3252, 2022.

NYKYRI, Mikko**. Promoting local renewable energy production with energy communities and serious games. 2024**. Dissertação em Sistemas de Energia. Universidade de Tecnologia de Lappeenranta–Lahti, Lappeenranta, 2024.

ONU. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: https://brasil.un.org/ptbr/sdgs. Acesso em: 19 jul. 2025.

ORTIZ-ROJAS, Margarita *et al*. How gamification boosts learning in STEM higher education: a mixed methods study. **International Journal of STEM Education**, v. 12, n. 1, p. 1, 2025.

PONTES, Luana Pereira *et al*. A Eletrônica no ensino fundamental como meio atrativo à engenharia: Uma abordagem sobre a eletrofisiologia do coração. **Anais: L Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – COBENGE**. Evento online, 2022.

ROCHA, Maria Marcela Ramos da; LIMA, Alberto Sampaio; ANDRIOLA, Wagner Bandeira. Evasão discente e vulnerabilidade socioeconômica: Pesquisa em cursos de engenharia. **Revista Eletrônica Acta Sapientia**, v. 8, n. 1, 2021.

# Ferramentas Preditivas para Diagnóstico e Prognóstico de Falhas em Máquinas de Manufatura: uma Revisão Sistemática da Literatura

**Roberto Revoredo de Almeida Filho, Universidade de Pernambuco (rraf@poli.br)**
**Rogério Pontes de Araújo, Universidade de Pernambuco (rogeriopontes@poli.br)**

A manutenção preditiva, baseada em modelos estatísticos ou algoritmos de aprendizado de máquina, tem se mostrado uma estratégia promissora para antecipar falhas, reduzindo custos de manutenção corretiva e evitando interrupções nos processos produtivos. No entanto, a diversidade de abordagens disponíveis, cada uma com diferentes requisitos de dados, custos e desempenho, exige uma avaliação sistemática que compare sua efetividade em diferentes contextos (ALIYU, MOKHTAR e HUSSIN, 2023). Além disso, a gestão de risco em atividades críticas, como trabalhos em altura em construção e manutenção na área de engenharia, constitui um critério essencial de inclusão na análise, devendo ser considerada desde a etapa introdutória. A manutenção e operação de máquinas em ambientes laboratoriais de engenharia apresentam desafios significativos relacionados à previsibilidade de falhas, segurança operacional e continuidade das atividades didáticas e experimentais. Muitas vezes, esses equipamentos não estão conectados a sistemas modernos de monitoramento preditivo baseados em sensores ou tecnologias de Internet das Coisas (IoT), devido a limitações orçamentárias, infraestrutura ou complexidade técnica. Isso gera dependência de manutenções corretivas, aumentando o tempo de inatividade, os custos operacionais e o risco de acidentes. Nesse contexto, encontrar modelos preditivos viáveis e eficazes mesmo em cenários com poucos recursos se torna essencial (CONVERSO et al., 2023). Este estudo apresenta uma revisão sistemática da literatura sobre modelos estatísticos e algoritmos preditivos aplicados ao diagnóstico e prognóstico de falhas em máquinas de manufatura, considerando como pano de fundo a segurança em atividades de risco e o uso em laboratórios universitários de engenharia. A revisão seguiu o método PRISMA, utilizando bases de dados reconhecidas (Engineering Village, Scopus e Web of Science) e organizando os artigos em planilha do Microsoft Excel, que auxiliou no controle de inclusão, exclusão e análise dos trabalhos. Após a revisão sistemática da literatura utilizando o método PRISMA, foram identificados 10.328 trabalhos. O processo de exclusão ocorreu em quatro etapas. Na primeira etapa, os trabalhos duplicados foram removidos e aqueles que não estavam em inglês, espanhol ou português foram excluídos, reduzindo o número para 2.853 estudos. Na segunda etapa, foram excluídos 371 trabalhos que não atendiam aos critérios de qualidade (revisão por pares e fator de impacto), resultando em 2.482 trabalhos restantes. Na terceira etapa, os títulos dos 2.482 trabalhos foram avaliados quanto à abordagem do tema de segurança do trabalho e controle do risco de queda em atividades de engenharia. Nessa etapa, foram excluídos 2.382 trabalhos, restando 100 estudos. Na última etapa, os resumos dos 100 trabalhos restantes foram analisados quanto à adequação ao tema e organização. Foram excluídos 70 trabalhos, resultando em 30 trabalhos selecionados para análise na próxima etapa da metodologia. Os 30 artigos restantes após o processo de exclusão foram organizados em uma planilha do Microsoft Excel e analisados detalhadamente. A partir da análise, verificou-se que modelos estatísticos tradicionais são adequados para ambientes com dados limitados e recursos restritos, enquanto modelos de aprendizado de máquina oferecem maior acurácia, mas com custo de implementação superior. Modelos híbridos podem unir o melhor dos dois mundos. Conclui-se que, para laboratórios universitários de engenharia, a adoção de modelos estatísticos e híbridos constitui alternativa viável, equilibrando simplicidade, aplicabilidade prática e segurança em atividades envolvendo máquinas de manufatura.

**Palavras-chave:** *Manutenção preditiva; diagnóstico de falhas; laboratórios de engenharia; modelo estatístico.*

**Referências**

ABIDI, M. H.; MOHAMMED, M. K.; ALKHALEFAH, H. Predictive maintenance planning for Industry 4.0 using machine learning for sustainable manufacturing. **Sustainability**, v. 14, n. 6, p. 3387, 2022.

ALIYU, R.; MOKHTAR, A. A.; HUSSIN, H. A study on comparison of classification algorithms for pump failure prediction. Journal of Advanced Industrial Technology and Application, v. 4, n. 2, p. 48–65, 2023.

CONVERSO, G.; GALLO, M.; MURINO, T.; VESPOLI, S. Predicting failure probability in Industry 4.0 production systems: a workload-based prognostic model for maintenance planning. **Applied Sciences**, v. 13, n. 3, p. 1938, 2023.

HARZING, A.-W.; ALAKANGAS, S. Google Scholar, Scopus and Web of Science: uma comparação longitudinal e interdisciplinar. Cientometrics, v. 106, n. 2, p. 787–804, 2016.

HECTOR, I.; PANJANATHAN, R. Predictive maintenance in Industry 4.0: a survey of planning models and machine learning techniques. **PeerJ Computer Science**, v. 10, e2016, 2024.

LIBERATI, A. et al. The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies that Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. Journal of Clinical Epidemiology, v. 62, p. e1–e34, 2009.

STOLL, C. R.; IZADI, S.; FOWLER, S.; GREEN, P.; SULS, J.; COLDITZ, G. A. The value of a second reviewer for study selection in systematic reviews. Research Synthesis Methods, v. 10, n. 4, p. 539–545, 2019.

# Metodologia STEM no Ensino do Sistema de Conversão de Bases Numéricas Através de um Jogo Educativo

**Flavia Camila Morais de Oliveira, Universidade de Pernambuco (fcmo@poli.br)**
**Francisco Madeiro Bernardino Junior, Universidade de Pernambuco (madeiro@poli.br)**
**Maria de Lourdes Melo Guedes Alcoforado, Universidade de Pernambuco (mlmga@poli.br)**

Na metodologia STEM (um acrônimo em inglês para *Science, Technology, Engineering and Mathematics*), os conteúdos das disciplinas de ciências exatas e tecnologia são integrados. Nessa abordagem, o aluno é protagonista do seu processo de aprendizagem e desenvolve habilidades para a resolução de problemas reais (PUGLIESE, 2020). Essa metodologia inovadora é uma alternativa para a solução de um problema: a elevada evasão em cursos de Engenharia, esse problema sugere que há uma defasagem na metodologia tradicional expositiva de ensino (GARCIA; GOMES, 2022), por haver nessa metodologia expositiva uma falta de conexão entre os conteúdos abordados e a prática, dando uma falsa impressão de que os conteúdos não são utilizados no dia a dia. Assim, a metodologia STEM é uma abordagem que desperta o interesse dos alunos por disciplinas de ciências exatas e, consequentemente, por cursos de Engenharia, ao realizar conexões entre os conteúdos e associações com a prática (LOPES *et al*., 2022). O conteúdo de sistemas de numeração, estudado ao longo dos anos do Ensino Fundamental na disciplina de matemática possui aplicações em diversas áreas, como exemplo o sistema de numeração binário, utilizado em criptografia, ocultação de informações e sistemas digitais (ERNST, 2024). Os conteúdos de aprendizagens importantes para alunos no Ensino Básico são definidos pelo documento BNCC (Base Nacional Comum Curricular) (BRASIL, 2017). Dentre as competências definidas no documento, está a Competência Geral 5 que trata de os alunos utilizarem tecnologia com consciência, para comunicação e resolução de problemas. Dessa maneira, integrando um dos conteúdos de sala de aula com uma das competências da BNCC, é possível ensinar às crianças o sistema de conversão de bases e introduzir o pensamento computacional e lógico, relacionando o conteúdo do Ensino Básico com Engenharia, utilizando a metodologia STEM. Além disso, utilizar jogos para o ensino de um conteúdo auxilia para que seja absorvido pelos alunos de maneira lúdica (ALVES; SILVA, 2020; DE FRANÇA *et al*., 2025). Portanto, foi desenvolvido um jogo para conversão de bases, especificamente entre os sistemas de numeração binário e decimal. O jogo desenvolvido é composto por um dominó convencional com 28 peças e cartas numeradas de 0 a 15. No jogo, o dominó é o elemento que forma os números em binário e as cartas representam as possibilidades dos números correspondentes no sistema de numeração decimal. As peças de dominó e as cartas são divididas de maneira aleatória e igualitária entre os jogadores, que podem ver as próprias cartas e peças. Define-se entre os jogadores a peça de dominó que irá iniciar e qual valor binário era terá (0 ou 1); na sequência, cada jogador deve posicionar uma peça de dominó com o intuito de formar um numeral binário correspondente a um dos numerais em decimal que possui a carta, assim, cada jogador ao conectar a peça de dominó com uma das metades igual à metade da peça anterior, obtém o numeral binário 1, ou ao posicionar a peça de dominó com a metade diferente da peça anterior, obtém o numeral binário 0. A cada 4 jogadas, os jogadores devem observar o numeral binário formado, atribuindo o valor 0 para cada peça de dominó que foi posicionada com uma metade diferente da metade da peça anterior, ou 1 para cada peça posicionada com a metade da peça de dominó igual à metade da peça anterior, e o jogador que possuir a carta com numeral decimal correspondente deve eliminá-la, vencendo o jogador que descartar o maior número de cartas. O jogo foi aplicado em uma turma universitária do curso de Engenharia Elétrica com ênfase em Telecomunicações e de Automação e Controle da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco. O jogo foi apresentado aos alunos e, após jogarem, foram coletadas as impressões dos participantes por meio de um formulário online, e dentre as respostas, dos

participantes, 66,7% concordam totalmente e 16,7% concordam parcialmente que o jogo facilita a compreensão do conteúdo de conversão de bases entre os sistemas decimal e binário, mostrando que a maioria dos participantes acredita que o jogo facilita na compreensão do conteúdo de conversão de bases entre sistema binário e decimal. Assim, o jogo se apresenta como uma ferramenta de apoio ao ensino do conteúdo de conversão de bases. O jogo foi objeto de depósito de patente de Oliveira *et al*. BR 10 2024 024810 4 (2024).

**Palavras-chave:** *STEM; Engenharia; Conversão de Bases.*

**Referências**

ALVES, Dijan Fillippi de Sousa; SILVA, Joaquim Fernando Mendes da. Jogos digitais: uma revisão sobre definições, fundamentos e aplicações no ensino de ciências. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, v. 4, n. 1, p. 80-94, 2020.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2017.

DE FRANÇA, Ervelany Lins et al. Códigos de Resgate: gamificação como estratégia pedagógica para o ensino de criptografia. In: **Simpósio Brasileiro de Computação na Educação Básica (SBC-EB)**. SBC, p. 149-154, 2025.

GARCIA, Léo Manoel Lopes da Silva; GOMES, Raquel Salcedo. Causas da evasão em cursos de ciências exatas: uma revisão da produção acadêmica. **Revista Educar Mais**. Pelotas, RS. v.6 (2022), p. 937-957, 2022.

ERNST, Wolfgang. A caminho do sistema binário: Arquivos clássicos e memória digital. **Revista de Teoria da História**, v. 27, n. 1, p. 134-147, 2024.

LOPES, Andressa Freitas et al. O que significa cada letra da sigla STEM? Uma versão para o contexto educacional brasileiro**. Educitec - Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico**, v. 8, p. e165822-e165822, 2022.

OLIVEIRA, Flávia, et al. Produto e processo para aprendizado de sistemas de contagem em qualquer base. Depósito de patente - Brasil: BR 10 2024 024810 4. 2024.

PUGLIESE, Gustavo. STEM education-um panorama e sua relação com a educação brasileira. **Currículo sem Fronteiras**, v. 20, n. 1, p. 209-232, 2020.

# Estratégia de compressão de modelo de aprendizado profundo aplicada à esteganálise de imagens digitais: Compartilhamento de pesos e quantização

**Gabriel de Assunção Ferreira, Universidade de Pernambuco (gaf@poli.br)**
**Francisco Madeiro Bernardino Junior, Universidade de Pernambuco (madeiro@poli.br)**
**Verusca Severo de Lima, Universidade de Pernambuco (verusca.severo@poli.br)**

A esteganografia é uma subárea da ocultação da informação. Um dos principais objetivos de seu uso consiste em embutir informações secretas a partir de determinada mídia como, por exemplo, uma imagem, áudio, vídeo ou texto (COX *et al.,* 2007). A contramedida da esteganografia é a esteganálise (FRIDRICH, 2009). É muito comum a utilização das técnicas de esteganografia, de forma maliciosa, para promoção de guerras cibernéticas e disseminação de *malwares*, e a utilização de esteganálise, para problemas de caráter forense (KARAMPIDIS; KAVALLIERATOU; PAPADOURAKIS, 2018). Nesse contexto, o desenvolvimento de técnicas de esteganálise é imprescindível para a segurança da informação. Diversas abordagens sugerem a utilização de métodos de inteligência artificial, mais especificamente o uso de algoritmos de aprendizado profundo, com a utilização de redes neurais convolucionais (TABARES-SOTO; RAMOS-POLLÁN; ISAZA, 2019; CROIX; AHMAD; HAN, 2024). Os modelos de aprendizado profundo podem apresentar uma estrutura complexa, com alta quantidade de elementos, característica que acarreta um alto requisito de memória para sua implementação (PINTO; SEVERO; MADEIRO, 2025). Em (FERREIRA *et al.*, 2025), os autores avaliaram a utilização de técnicas de compressão de modelos de aprendizado profundo tais quais poda, quantização, compartilhamento de pesos e a combinação de poda e quantização no modelo de aprendizado profundo proposto em (TABARES-SOTO *et al.*, 2021), o qual faz uso de redes neurais convolucionais aplicadas à esteganálise de imagens digitais. As estratégias de compressão buscam reduzir os requisitos de espaço em memória ocupado de um modelo de aprendizado profundo sem que haja grandes impactos em seu desempenho, com o objetivo, por exemplo, de viabilizar a implementação do modelo em dispositivos com recursos limitados. Motivado pelo cenário exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os resultados de acurácia e de espaço em memória ocupado pelo modelo otimizado a partir da aplicação das estratégias de compartilhamento de pesos e quantização de forma combinada no modelo proposto em (TABARES-SOTO *et al.*, 2021). As simulações foram realizadas no Google Colab Pro, com a utilização do Python na versão 3.10, Tensorflow 2.17.1, keras 3.5.0, Tensorflow Model Optimization Toolkit 0.8.0. A BOSSBase 1.01 foi a base de dados utilizada nas simulações. A base conta com 10.000 imagens originais e 10.000 stego-imagens, ou seja, que contém informação oculta a partir de método de esteganografia. O algoritmo de esteganografia S-UNIWARD com uma taxa de 0,4 bpp (*bits* por *pixel*) foi utilizado para fins de ocultação da informação. Quatro métodos de inicialização do centróide para a estratégia de compartilhamento de pesos foram levados em consideração, a saber: baseada em densidade, *k-means*++, linear e aleatória. As quantizações aplicadas foram as do tipo inteiro de 8 *bits* (INT8) e a de ponto flutuante de 16 *bits* (FP16). Considerando o modelo otimizado por compartilhamento de pesos com inicialização do centróide baseada em densidade, quando aplicada à quantização do tipo INT8, o espaço em memória ocupado pelo modelo otimizado foi reduzido em aproximadamente 78,50% enquanto o valor da acurácia decresceu de 87,16% para 84,49%. Já para a quantização do tipo FP16, a acurácia apresentada foi de 86,11% e o espaço em memória ocupado pelo modelo otimizado foi 75,40%. Considerando a inicialização a partir do método *k-means*++, o espaço em memória ocupado apresentado foi semelhante tanto para a quantização do tipo INT8 quanto FP16, representando uma redução de aproximadamente 77% quando comparado ao modelo original. Para a quantização INT8, a

acurácia apresentada foi de 85,05% e para a quantização FP16 foi de 85,60%. Ambos resultados se apresentaram levemente inferiores aos apresentados ao aplicar apenas a técnica de compartilhamento de pesos com inicialização do tipo *k-means*++. Considerando a inicialização do tipo linear, o espaço em memória ocupado foi de aproximadamente 0,13 MB (redução de 80% em relação ao modelo sem o uso de técnicas de compressão) tanto para quantização INT8 quanto FP16. A acurácia apresentada para a quantização INT8 foi de 84,50% enquanto para a combinação da técnica de compartilhamento de pesos com a quantização FP16 foi de 84,83%. É válido destacar que ambos os valores obtidos foram levemente superiores aos registrados com a aplicação apenas da técnica de compartilhamento de pesos apresentados em (FERREIRA *et al.*, 2025). Considerando a inicialização do tipo aleatória, a acurácia foi de 85,08% para a quantização INT8 e de 85,80% para a quantização FP16 com o espaço em memória ocupado reduzido em aproximadamente 82%. Em resumo, foi possível observar, a partir das simulações realizadas no trabalho, modelos com espaço em memória ocupado reduzidos em mais de 70% e com valores de acurácia levemente inferiores aos apresentados pelos modelos originais. Em alguns cenários verificaram-se modelos mais comprimidos e com valores de acurácia levemente superiores aos apresentados por modelos otimizados exclusivamente pela técnica de compartilhamento de pesos ou a partir da combinação entre poda e quantização.

**Palavras-chave:** *Esteganálise; aprendizado profundo; quantização; compartilhamento de pesos.*

**Referências**

COX, I.; MILLER, M.; BLOOM, J.; FRIDRICH, J.; KALKER, T. Digital watermarking and steganography. 2. ed. **San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers Inc**., 2007.

CROIX, N. J. D. L.; AHMAD, T.; HAN, F. Comprehensive survey on image steganalysis using deep learning. **Array**, [S.l.], v. 22, p. 100353, 2024.

FERREIRA, G. *et al.* Optimization strategies applied to deep learning models for image steganalysis: application of pruning, quantization and weight clustering. **Applied Sciences**, [S.l.], v. 15, n. 9, p. 4632, 2025.

FRIDRICH, J. Steganography in digital media: principles, algorithms, and applications. **Cambridge: Cambridge University Press**, 2009.

KARAMPIDIS, K.; KAVALLIERATOU, E.; PAPADOURAKIS, G. A review of image steganalysis techniques for digital forensics. **Journal of Information Security and Applications**, [S.l.], v. 40, p. 217–235, 2018.

PINTO, V.; SEVERO, V.; MADEIRO, F. Optimizing multi-view CNN for CAD mechanical model classification: an evaluation of pruning and quantization techniques. **Electronics**, [S.l.], v. 14, n. 5, p. 1013, 2025.

TABARES-SOTO, R.; RAMOS-POLLÁN, R.; ISAZA, G. Deep learning applied to steganalysis of digital images: a systematic review. **IEEE Access**, [S.l.], v. 7, p. 68970–68990, 2019.

TABARES-SOTO, R. *et al*. GBRAS-Net: a convolutional neural network architecture for spatial image steganalysis**. IEEE Access**, [S.l.], v. 9, p. 14340–14350, 2021.

# Estudo de Caso de um Sistema Híbrido de Armazenamento com Geração Fotovoltaica em Microrrede para Carga Crítica

**Felipe de Oliveira Ramos, Universidade de Pernambuco (for@poli.br)**
**Manoel Marinho, Universidade de Pernambuco (marinho75@poli.br)**

Com o objetivo de aumentar a confiabilidade dos sistemas auxiliares em subestações, este trabalho investiga a aplicação de um Sistema Híbrido de Armazenamento de Energia com Baterias, integrado à geração fotovoltaica e a um gerador a diesel, operando em configuração de microrrede. O sistema combina duas tecnologias de armazenamento, Chumbo-Carbono e Lítio-Ferro-Fosfato, para assegurar o fornecimento de energia de emergência em subestações com limitações de fonte interna. Ensaios de validação em campo foram realizados em uma subestação de transmissão em alta tensão operada pela Eletrobras Chesf, no estado de Alagoas, Brasil. Além da função de backup, o sistema também contribui para o controle da demanda, regulação de tensão e reativo (Volt-Var) e suavização da geração fotovoltaica. Atualmente em fase de operação assistida, o projeto representa um avanço inédito no setor de armazenamento de energia no Brasil. Os resultados obtidos indicam ganhos na qualidade da energia, maior autonomia operacional e transições estáveis entre os modos conectado à rede e em ilhamento. Este artigo apresenta o desempenho do sistema e sua contribuição para a qualidade energética, consolidando o HBESS como uma solução robusta e replicável para aplicações em infraestrutura crítica. Os testes de validação foram realizados na Subestação de Alta Tensão de Messias (500 kV), operada pela Eletrobras Chesf em Alagoas, uma instalação estratégica que conecta a Usina Hidrelétrica de Xingó à região metropolitana de Maceió. A metodologia adotada envolveu a operação de um Sistema Híbrido de Armazenamento de Energia em dois modos: conectado à rede e em ilhamento. No modo conectado, o sistema segue a referência de tensão e frequência da rede, permitindo aplicações como controle de demanda e suavização da geração solar. No modo isolado, o subsistema de baterias de Chumbo-Carbono atua como formador de rede, enquanto o de Lítio-Ferro-Fosfato complementa o fornecimento de carga conforme necessário, com acionamento automático do gerador a diesel em caso de baixa carga das baterias. Um sistema de gerenciamento de energia coordena todos os elementos da microrrede, otimizando o despacho, realizando transições suaves entre os modos de operação e permitindo supervisão remota via integração com plataformas SCADA. A topologia e os modos operacionais foram representados em diagramas específicos, e as funções distintas dos subsistemas de Chumbo e Lítio estão detalhadas em uma tabela técnica. Os resultados obtidos apresentam ganhos significativos no controle de tensão, permitindo o ajuste preciso de até 15 Vca, positivo ou negativo, com controle dinâmico ajustado com a necessidade do ponto de conexão. Além disso, a performance para redução da variação de geração FV foi relevante, aumentando a o percentual na janela de mínima variação (> - 1 kW e < 1kW) de 25% para 47%. Para a aplicação de arbitragem, a redução de consumo no horário de ponta foi superior a 400 kWh/dia, promovendo reduções de custo e operação para a instalação. Nas transições para a aplicação de backup, foi possível atingir resultados inferiores a 8 ms, para o ilhamento e 16,6 ms para a sincronização, demonstrando a capacidade do equipamento de garantir o suprimento de energia estabilizada. Conclui-se, portanto, que a aplicação do HBESS em subestações representa uma alternativa viável e eficiente para aumentar a resiliência da infraestrutura elétrica. Os ensaios confirmaram sua capacidade de fornecer suporte confiável em condições críticas, além de agregar valor com serviços ancilares e redução de custos

operacionais, reforçando o potencial da solução para sistemas isolados ou com restrições de suprimento.

**Palavras-chave:** *Armazenamento, microrredes, renováveis.*

**Referências**

RAMOS, F. O. Development of operation strategy for battery energy storage system into hybrid AC microgrids. **Sustainability**, v. 14, n. 13765, 2022.

NASCIMENTO, R. Case study of backup application with energy storage in microgrids. **Energies**, v. 15, n. 9514, 2022.

PINHEIRO, A. L. A review and comparison of smoothing methods for solar photovoltaic power fluctuation using battery energy storage systems. In: IEEE PES ISGT LATIN AMERICA, 2021, Lima, Peru, 2021.

RAMOS, F. O. A real case analysis of a battery energy storage system for energy time shift, demand management, and reactive control. In: IEEE PES ISGT LATIN AMERICA, 2021, Lima, Peru, 2021.

# Relação entre Variabilidade Climática e Desempenho Fotovoltaico: Aplicação de Técnicas Estatísticas e Modelos de Regressão

**Mário Cavalcanti Rocha, Universidade de Pernambuco (mcr6@poli.br)**
**Jornandes Dias da Silva, Universidade de Pernambuco (jornandesdias@poli.br)**

Os sistemas de geração de energia renovável, em especial a energia solar fotovoltaica, apresentam elevada sensibilidade aos efeitos das mudanças climáticas, o que torna sua operação e planejamento mais complexos. Essas mudanças, caracterizadas pelo aumento das temperaturas globais e pela maior instabilidade atmosférica, impactam diretamente os processos de geração, transmissão e consumo de energia. Nesse contexto, a incerteza climática configura-se como um dos maiores desafios para a resiliência energética, uma vez que a dependência de fatores ambientais intensifica a variabilidade na produção elétrica. Diversos estudos apontam que a formulação de metodologias capazes de avaliar e mitigar tais impactos é essencial para a consolidação de uma matriz energética sustentável. Conforme discutido por Santos e Lucena (2021), as alterações no regime climático podem reduzir ou modificar o potencial técnico e econômico da energia solar fotovoltaica no setor residencial brasileiro, exigindo maior atenção ao planejamento estratégico da expansão dessa fonte. Da mesma forma, pesquisas recentes têm buscado compreender como variáveis meteorológicas — radiação solar, temperatura do ar e velocidade do vento — afetam o desempenho dos módulos fotovoltaicos, apontando para a necessidade de abordagens estatísticas e modelos de previsão mais robustos. Nesse sentido, Yao *et al*. (2022) exploraram a correlação entre a radiação solar e a luminância do céu a partir do princípio da integração fototérmica, demonstrando que as variações de iluminação atmosférica são determinantes para o desempenho dos sistemas solares. Já Li (2017) destacou, por meio da análise de um protótipo híbrido fotovoltaico-termoquímico, que a integração entre diferentes tecnologias pode contribuir para o aumento da eficiência dos sistemas, reduzindo a vulnerabilidade frente a condições climáticas adversas. O presente estudo, inserido nesse cenário, tem como objetivo avaliar o impacto das variáveis climáticas na geração de energia fotovoltaica no município do Recife durante o ano de 2021. Para tanto, foi adotada uma metodologia que combina medições in loco, análise estatística das variáveis meteorológicas, aplicação de métricas de incerteza e validação de modelos de regressão polinomial de terceira e quarta ordem, além da estimativa da produção mensal de energia. Os resultados obtidos contribuem para a compreensão detalhada da interação entre clima e geração fotovoltaica em contexto urbano, reforçando a importância de se considerar cenários de variabilidade climática crescente no planejamento energético. Ao fornecer subsídios técnicos para políticas públicas e investimentos em energias renováveis, este trabalho avança na direção de maior resiliência e sustentabilidade da matriz energética, alinhando-se às evidências científicas apresentadas por Li (2017), Santos e Lucena (2021) e Yao *et al*. (2022).

**Palavras-chave:** *Energia fotovoltaica; Variáveis climáticas; Análise estatística; Modelos de regressão.*

**Referências**

LI, W. Performance analysis of a photovoltaic-thermochemical hybrid system prototype. Applied Energy, **Applied Energy,** v. 204, p. 939-947, out, 2017.

SANTOS A. J. L., LUCENA A. F. P. Climate change impact on the technical-economic potential for solar photovoltaic energy in the residential sector: a case study for Brazil. Energy and Climate Change**, Energy and Climate Change**, v. 2, p. 100062, dez, 2021.

YAO W., ZHANG K., CAO W., LI X., WANG Y., WANG X. *et al*. Research on the correlation between solar radiation and sky luminance based on the principle of photothermal integration**. Renewable Energy**, v. 194, p. 1326-1342, jul 2022.

# Produção de Hidrogênio Verde a partir do Lodo de Esgoto: Uma Revisão Sistemática da Literatura

**Luis Henrique Pereira da Silva, Universidade de Pernambuco (lhps1@poli.br)**
**Sérgio Peres Ramos da Silva, Universidade de Pernambuco (speres@poli.br)**

Este estudo tem como objetivo realizar uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre a produção de hidrogênio verde a partir do lodo de esgoto, considerando seu potencial energético e papel na transição para fontes renováveis (LI *et al.*, 2022; HASSAN *et al.*, 2020). Inicialmente, foi definida a questão de pesquisa, que orienta todo o processo de seleção e análise: "Quais são as tecnologias utilizadas na produção de hidrogênio verde a partir de resíduos, com ênfase no lodo de esgoto, e quais são seus principais resultados, limitações e tendências?". Com base na questão da pesquisa, foram consideradas as hipóteses fraca e forte. Para a hipótese fraca, que é uma proposição mais aberta, ampla ou exploratória, que não exige forte evidência para ser sustentada, foi considerado o fato de que todo tipo de resíduo pode ser igualmente eficaz na produção de hidrogênio renovável. Já para a hipótese forte, que deve ser uma proposição mais restrita, precisa e testável, que exige maior grau de comprovação, considerou-se que resíduos orgânicos com alta biodegradabilidade, como o lodo de esgoto, produzem hidrogênio renovável com maiores rendimentos. A triagem dos estudos foi realizada em duas etapas: (i) leitura dos títulos e resumos, e (ii) leitura na íntegra dos textos potencialmente relevantes. Ambas as etapas seguiram os critérios de elegibilidade definidos, com atenção especial à presença de dados sobre a produção de hidrogênio a partir de resíduos, com foco no lodo de esgoto. A metodologia foi baseada no modelo SPIDER (COOKE; SMITH; BOOTH, 2012), com busca estruturada em bases de dados, utilização da ferramenta Catchii e seleção final de 31 estudos relevantes. As tecnologias identificadas incluem digestão anaeróbia (GUERRERO *et al.*, 2020), pirólise (PAPADAKIS *et al.*, 2021), gaseificação (CHEN *et al.*, 2021) e rotas emergentes como a liquefação hidrotérmica (SILVA *et al.*, 2022). Os resultados mostram que a digestão anaeróbia com reforma do biogás é a opção mais consolidada, embora processos termoquímicos apresentem maior eficiência energética em alguns contextos (ZHANG *et al.*, 2022). Conclui-se que, apesar do avanço tecnológico, persistem barreiras regulatórias, incertezas econômicas e lacunas na integração com políticas públicas (KUMAR; JHA; SINGH, 2021; CASTRO *et al.*, 2020), o que reforça a necessidade de avaliação mais ampla da sustentabilidade dessas rotas em escala real.

**Palavras-chave:** *Hidrogênio verde; lodo de esgoto; energia renovável; digestão anaeróbia.*

**Referências**

CASTRO, L. S. *et al*. Políticas públicas e transição energética: desafios da sustentabilidade. **Revista Brasileira de Políticas Energéticas**, v. 12, n. 3, p. 45–61, 2020.

CHEN, Y. *et al*. Thermochemical conversion of sewage sludge for hydrogen-rich gas production. **Energy Conversion and Management**, v. 234, p. 113952, 2021.

COOKE, A.; SMITH, D.; BOOTH, A. Beyond PICO: the SPIDER tool for qualitative evidence synthesis. **Qualitative Health Research**, v. 22, n. 10, p. 1435–1443, 2012.

GUERRERO, J. E. *et al.* Anaerobic digestion as a viable technology for hydrogen production from sludge. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 45, n. 12, p. 7890–7903, 2020.

HASSAN, S. Z. *et al.* Energy recovery from sewage sludge: a sustainable approach. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 131, p. 110007, 2020.

KUMAR, A.; JHA, R.; SINGH, R. Barriers to the implementation of hydrogen economy in developing countries. **Energy Policy**, v. 156, p. 112423, 2021.

LI, H. et al. Hydrogen as a clean fuel: current status and future perspective. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 154, p. 111789, 2022.

PAPADAKIS, K. *et al*. Pyrolysis of sewage sludge for hydrogen production: influence of process parameters. **Journal of Cleaner Production**, v. 278, p. 123965, 2021.

RIBEIRO, M. G. *et al*. Reforming biogas from sewage sludge: technical and economic aspects. **Renewable Energy**, v. 181, p. 45–55, 2023.

SILVA, F. J. *et al.* Hydrothermal liquefaction of biosolids: opportunities for hydrogen production. **Bioresource Technology**, v. 344, p. 126221, 2022.

ZHANG, Y. *et al*. Comparative analysis of hydrogen yield from different thermochemical processes. **Energy**, v. 237, p. 121541, 2022.

# Dimensionamento de Soluções Híbridas com BESS: Metodologia Estruturada e Evidências Aplicadas

**Andrea Sarmento Maia Vasconcelos, Universidade de Pernambuco (asmv@poli.br)**
**Manoel Henrique da Nóbrega Marinho, Universidade de Pernambuco (marinho75@poli.br)**

A crescente inserção de fontes renováveis intermitentes e a necessidade de modernização da matriz elétrica nacional tornam o desenvolvimento de metodologias estruturadas para integração de sistemas híbridos com armazenamento em baterias (BESS – Battery Energy Storage Systems) um tema de alta relevância científica e tecnológica. Este trabalho propõe uma abordagem metodológica sistematizada para o dimensionamento ótimo de sistemas híbridos de energia, contemplando critérios técnicos, operacionais e econômicos. O método foi estruturado em sete etapas progressivas: (i) levantamento de premissas e restrições de projeto; (ii) revisão sistemática da literatura sobre dimensionamento ótimo de sistemas híbridos com e sem BESS (FATHIMA; PALANISAMY, 2015; TANT et al., 2013); (iii) definição de técnicas de otimização e indicadores técnico-econômicos; (iv) uso de ferramentas computacionais, como HOMER Pro e MATLAB, para análise comparativa entre dados simulados e experimentais; (v) formulação de fluxograma de decisão; (vi) simulação de cenários reais com base em dados de campo; e (vii) avaliação crítica da aplicabilidade das configurações propostas. A metodologia já resultou em aplicações práticas e publicações indexadas que validam sua consistência, incluindo estudos sobre compensação energética em HBESS (COSTA et al., 2023), integração de BESS a eletropostos fotovoltaicos (ARAUJO et al., 2021), análise de recargas veiculares com sistemas PV-BESS (FILHO et al., 2023), suavização de potência em parques eólicos (DANTAS et al., 2022) e avaliação de barreiras regulatórias e modelos de negócio no setor elétrico brasileiro (VIEIRA et al., 2022). Adicionalmente, aspectos relacionados à economia circular foram explorados por meio de estudos sobre reciclagem de baterias de íon-lítio (LIMA et al., 2022). Os resultados parciais demonstram a robustez e a aplicabilidade do método, consolidado no âmbito da tese de doutorado em Engenharia de Sistemas da Universidade de Pernambuco, configurando-se como contribuição científica e prática para o avanço da transição energética no Brasil (REN21, 2020; EPE, 2020).

**Palavras-chave:** *armazenamento de energia; sistemas híbridos; dimensionamento ótimo; transição energética.*

## Referências

ARAUJO, D. N. et al. Optimum design of on-grid PV-BESS for fast electric vehicle charging station in Brazil. **IEEE PES INNOVATIVE SMART GRID TECHNOLOGIES CONFERENCE – LATIN AMERICA (ISGT LATIN AMERICA),** 2021, Lima. Anais.... [S.l.]: IEEE, 2021. p. 1-5. DOI: https://doi.org/10.1109/ISGTLatinAmerica52371.2021.9543071.

COSTA, T. et al. Development of a method for sizing a hybrid battery energy storage system for application in AC microgrid. **Energies**, Basel, v. 16, n. 3, e1175, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/en16031175.

DANTAS, N. K. L. et al. Impact analysis of a battery energy storage system connected in parallel to a wind farm. **Energies**, Basel, v. 15, n. 13, p. 4586, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/en15134586.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Plano Nacional de Energia – PNE 2050**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2020.

FATHIMA, A. H.; PALANISAMY, K. Optimization in microgrids with hybrid energy systems – a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 45, p. 431-446, 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.01.059.

FILHO, A. V. M. L. et al. Impact analysis and energy quality of photovoltaic, electric vehicle and BESS lead-carbon recharge station in Brazil. **Energies**, Basel, v. 16, n. 12, p. 9167, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/en16129567.

LIMA, M. C. C. et al. Economic aspects for recycling of used lithium-ion batteries from electric vehicles. **Energies**, Basel, v. 15, n. 6, p. 2203, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/en15062203.

REN21. **Renewables 2020: Global Status Report**. Paris: REN21 Secretariat, 2020. Disponível em: https://www.ren21.net/reports/global-status-report/. Acesso em: 12 set. 2025.

TANT, J. et al. Multiobjective battery storage to improve PV integration in residential distribution grids. **IEEE Transactions on Sustainable Energy**, v. 4, n. 1, p. 182-191, 2013. DOI: https://doi.org/10.1109/TSTE.2012.2202827.

VIEIRA, J. C. C. et al. Modelos de negócios e aspectos regulatórios para inserção de sistemas de armazenamento de energia por baterias no setor elétrico brasileiro. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS ELÉTRICOS (SBSE)**, 9., 2022, Fortaleza. Anais.... Fortaleza: Sociedade Brasileira de Automática, 2022. p. 1439-1446. DOI: https://doi.org/10.20906/sbse.v2i1.3072.

# Avaliação de Arcabouço Regulatório Quanto à Inserção de Armazenamento de Energia em Várias Jurisdições: Acertos e Erros

**Aline Leal Pinheiro, Universidade de Pernambuco (alp1@poli.br)**
**Manoel Henrique N. Marinho, Universidade de Pernambuco (marinho75@poli.br)**
**Sérgio Felipe Falcão Lima, Atlas Renewable Energy (sfalcao@atlasren.com)**
**Bruno Canesso Gonçalves, Atlas Renewable Energy (bcanesso@atlasren.com)**
**Priscilla Albuquerque Carvalho, Atlas Renewable Energy (pcarvalho@atlasren.com)**

Com o avanço das energias renováveis, cresce a necessidade de garantir a estabilidade da rede elétrica. No Brasil, o apagão de agosto de 2023 marcou a importância desse desafio. Algumas possíveis consequências foram o aumento da rigorosidade de margem para novos acessos de geração e limitações de geração em usinas em operação devido a restrições de rede (curtailment). Sistemas de armazenamento de energia em baterias (BESS) chamam a atenção do setor elétrico com soluções promissoras. O Brasil tem promovido ações, a exemplo do marco inicial pela busca do conhecimento no tema pela Chamada Estratégica nº 21 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Já em 2021 ocorreu a abertura da Tomada de Subsídios 11/2020 que definiu três ciclos para o tratamento regulatório do tema: regulamentação; ajustes e *sandboxes* regulatórios (ambientes de testes); e desenvolvimento de novos modelos de negócio. Outra importante ação realizada pelo Ministério de Minas e Energia (MME) foi a abertura para discussão com a sociedade pela minuta preliminar da Portaria de Diretrizes para o Leilão de Reserva de Capacidade na forma de Potência, exclusivo para sistemas de armazenamento (ANEEL, 2025). Alguns dos benefícios de utilizar o armazenamento como reserva de capacidade são: diminuição do desperdício da energia renovável cortada; diminuição da ativação de térmicas emergenciais, e seus poluentes; aumento da qualidade energética, através da contribuição com potência reativa, tal qual compensadores síncronos; alívio na diferença entre produção e carga no horário de ponta; e menor custo de energia elétrica para o consumidor final. Apesar dos avanços, subsistem desafios importantes. Os requisitos de licenciamento ambiental ainda estão em aberto e ainda não há subsídio para a elevada carga tributária, de alíquotas que podem chegar a 70%. Soma-se a isso a indefinição regulatória, em especial do terceiro ciclo, com horizonte mais afastado para serviços ancilares. Este artigo busca, como objetivo, trazer um comparativo dos arcabouços regulatórios de alguns dos principais mercados de armazenamento de energia ao redor do mundo: China, Califórnia e Chile. Escolhidos em razão da quantidade de energia de BESS instalada, cada um destes arcabouços regulatórios integram um distinto conjunto de receitas cujas características são abordadas, com o intuito de fomentar possibilidades regulatórias no Brasil. A metodologia perpassa por uma revisão das políticas destes países e os principais pontos são aclarados como consequências positivas e negativas de cada ação, tendo em vista cada contexto. Como exemplo, a China adotou políticas de obrigatoriedade do uso do armazenamento junto aos projetos de geração, o que incentivou sua indústria nacional e reduziu as taxas de *curtailment* (National Energy Administration, 2025). Porém, com o incremento desses sistemas, os investidores chineses passaram a relatar uma redução da necessidade de utilização dos sistemas, o que pode comprometer a estabilidade financeira deste tipo de ativo que, no contexto atual, possui cerca de 20 anos de vida útil. Esta política chinesa foi, portanto, revogada. Analogamente, no Chile, mesmo com um alto spread de preços, a arbitragem de energia não é fator suficiente para bancabilizar projetos de BESS. Lá, o mercado foi impulsionado através do reconhecimento de capacidade (Biblioteca del Congreso Nacional, 2025), que é um mecanismo diferente de leilões de reserva de capacidade, e que se mostra altamente sinérgico com a flexibilidade requerida no Brasil. A exemplo da Califórnia, a remuneração por serviços ancilares também representa um vetor importante

(CALIFORNIA ISO, 2025). Nesses casos, os sistemas de armazenamento desempenham funções que podem levar a substituição de compensadores síncronos, evitando colapsos de tensão na rede (fator latente no Brasil). Dessa forma, seria necessária uma revisão da atual remuneração, em conjunto com a habilitação de empilhamentos de receitas para o agente armazenador. Como visto na experiência internacional, constata-se que a existência de uma estrutura regulatória favorável é fator fundamental para a expansão do uso de novas tecnologias.

**Palavras-chave:** *Mercado de Energia; Regulação; BESS; Brasil.*

**Referências**

ANEEL. Disponível em: https://www.gov.br/aneel/pt-br. Acesso em: 22 abr. 2025.

NATIONAL ENERGY ADMINISTRATION. Disponível em: www.gov.cn/. Acesso em: 22 abr. 2025.

BIBLIOTECA DEL CONGRESO NACIONAL | Ley Chile. Disponível em: https://www.bcn.cl/leychile/navegar?i=1204012. Acesso em: 22 abr. 2025.

CALIFORNIA ISO, 20 Year Transmission Outlook. [S. l.: s. n.], 2022. 2 p.

# Aplicação de sistemas de armazenamento de energia por baterias nos serviços auxiliares de subestações do sistema interligado nacional - SIN

**Washington de Araujo Silva Junior, Universidade de Pernambuco (wasj3@poli.br)**
**Manoel Henrique da Nóbrega Marinho, Universidade de Pernambuco (marinho75@poli.br)**

O presente projeto propõe uma investigação abrangente sobre a implementação de Sistemas de Armazenamento de Energia em Baterias (BESS – Battery Energy StorageSistems) como fonte exclusiva para os serviços auxiliares em subestações de alta tensão no Sistema Interligado Nacional (SIN – Sintema Interligado Nacional) (ALBINO et al., 2019). Com o aumento da demanda por energia elétrica associado a necessidade de soluções renováveis e sustentáveis, esta pesquisa visa explorar os benefícios e desafios dessa abordagem inovadora. A metodologia proposta baseia-se em uma revisão abrangente da literatura relacionada às tecnologias de Sistemas de Armazenamento de Energia em Baterias (BESS) e sua aplicação em sistemas elétricos de alta tensão, selecionar a tecnologia de BESS mais adequada para as necessidades específicas de subestações de alta tensão no SIN e garantir que as conclusões e recomendações derivadas da metodologia sejam sólidas e aplicáveis a diferentes contextos do SIN. Em razão das diferentes aplicações e capacidades de armazenamento, o BESS apresenta grande potencial de utilização nas matrizes elétricas (WU, et al., 2018). Desse modo, buscou-se evidenciar esse tipo de tecnologia descrevendo suas características e suas principais aplicações. Foi constatado que um único BESS pode realizar diversas funções. Dentre essas, pode-se notar maior quantidade de projetos BESS envolvendo funções de suporte na integração de fontes renováveis, time-shift, regulação de frequência e em microrredes. Principais funções de um BESS nos serviços ancilares: regulação de frequência, reserva operacional, controle de tensão, arbitragem de energia e integração de fontes renováveis (EYER et al., 2017). As principais tecnologias de Baterias utilizadas para a aplicação em serviços ancilares: Íon de Lítio, mais utilizada atualmente em aplicações estacionárias e móveis, alta densidade energética e eficiência (acima de 90%), ciclo de vida longo e baixa manutenção, Ideal para respostas rápidas em serviços ancilares como regulação de frequência; chumbo-Ácido, boa para aplicações onde o espaço e o peso não são críticos, vida útil mais curta e necessidade de manutenção periódica; íon de Sódio, alternativa promissora ao lítio: abundante e com menor custo, ainda em fase de desenvolvimento comercial, mas atraente para o futuro; fluxo redox, armazenam energia em soluções líquidas externas à célula, ciclo de vida extremamente longo e alta segurança, ideais para aplicações de longa duração e grande escala; baterias de estado sólido, tecnologia emergente: substitui eletrólitos líquidos por sólidos, potencial para alta densidade energética e segurança, ainda em fase de desenvolvimento, mas pode revolucionar o setor (ZHANG, F. et al., 2017). Com o BESS é possível a operação conectada à rede elétrica de fontes renováveis, em situações de contingência ou de eventos programados, ºe possível operar de forma ilhada, provendo equilíbrio de tensão e frequência na rede isolada formada, estabelecendo suprimento e aumento de confiabilidade para as cargas. Nesse contexto, os resultados consolidam o conceito de microrredes gerenciadas por BESS, tendo em vista que nesta aplicação o BESS pode atuar no suprimento contínuo de cargas críticas em situação de contingência, como por exemplo os serviços auxiliares de subestações. Esse sistema, composto por baterias garante rápida resposta as contingências, quando comparados aos atuais back-up dessas SE's como os GMGs, e permitem a utilização de energia geradas por fontes renováveis de maneira despachável.

**Palavras-chave:** *Armazenamento de Energia; Baterias; Subestações; SIN.*

**Referências**

ALBINO, V. et al. (2019). "Battery Energy Storage Systems for High Voltage Substations: A Review of Technologies and Applications." **IEEE Transactions on Power Delivery**, 34(2), 624-634.

CHEN, Z. et al. (2020). "Integration of Battery Energy Storage Systems in Power Systems: A Comprehensive Review." **IEEE Transactions on Sustainable Energy**, 11(3), 1351-1363.

EYER, J. et al. (2017). "Energy Storage for Grid Services and Support." **IEEE Transactions on Industry Applications**, 53(5), 4266-4273.

WU, D. et al. (2018). "Optimal Sizing and Siting of Battery Energy Storage System for Enhancing Grid Resilience." **IEEE Transactions on Smart Grid**, 9(2), 1057-1067.

ZHANG, F. et al. (2017). "A Review of Battery Technologies for Grid Applications and Trends in the Integration with Renewable Energy." **Energies**, 10(10), 1727.

# Protótipo de Simulador Solar Inteligente Com Fontes Halógena e de LED Para Caracterização de Equipamentos Solares Comerciais

**Gabriel Lima Barreto, Universidade de Pernambuco (glb2@poli.br)**
**Ricardo Ataíde de Lima, Universidade de Pernambuco (Ricardo.lima@poli.br)**

O desenvolvimento de novas pesquisas relacionadas à energia fotovoltaica vem se tornando cada vez mais importante, e para que possam ser realizadas da melhor maneira necessitam do auxílio de certos equipamentos, como simuladores solares, preferencialmente, o mais barato e eficiente possível (Matson et al., 1984). **Objetivo:** Desenvolver um protótipo de um equipamento capaz de simular a intensidade e o espectro da luz solar sobre uma área equivalente à de um painel solar comercial utilizando fontes de luz facilmente acessíveis controladas de forma inteligente. **Metodologia:** Foi feito um arranjo luminoso com uma combinação de pastilhas de LED de potência emitindo radiação em comprimentos de onda de 450 nm (azul), 750 nm (magenta) e 850 nm (infravermelho), e lâmpadas halógenas. Este arranjo foi organizado de forma a se obter uma distribuição homogênea da luz numa superfície de 600 $cm^2$, com cada fonte de luz sendo controlada manualmente. Posteriormente o controle será feito por um computador, de modo que seja possível simular a incidência de luz solar em diferentes condições. Para a caracterização do simulador solar proposto, de acordo com a norma IEC 60904-9:2020 (IEC, 2020), foi analisada a Correspondência Espectral (SM), Não Uniformidade Espacial (SNU) e a Instabilidade Temporal (TIE). **Resultados:** Para os três parâmetros analisados, espera-se que o simulador proposto possa ser classificado no mínimo como AAA, o que indicaria excelente qualidade. Resultados preliminares obtidos para os três parâmetros foram SM = 1,05, SNU = 4,6 e TIE = 0,08, o que leva a uma classificação BAA. Como parâmetros adicionais serão traçadas as curvas potência x tensão ($P - V$) e corrente x tensão ($I - V$) de um painel solar de 5 W e área igual a 600 $cm^2$ através do simulador e de forma outdoor (Meribout et al., 2023), e serão realizados testes com coletor solar. Resultados preliminares verificaram erro relativo inferior a 4% para todos os parâmetros do painel analisados. **Conclusões:** Os resultados preliminares indicados neste trabalho mostram a viabilidade e eficiência do projeto de um simulador solar inteligente com fontes de luz incandescente e semicondutora de baixo custo e com potencialidade para caracterização de equipamentos fotovoltaicos comerciais.

**Palavras-chave:** *Simulador Solar; Luz Solar; Espectro Solar; Controle Inteligente;*

**Referências**

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 60904-9:** Classification of solar simulator characteristics. Genebra: IEC, 2020.

MATSON, R. J.; EMERY, K. A.; BIRD, R. E. Terrestrial solar spectra, solar simulation and solar cell short-circuit current calibration: a review. **Solar cells**, v. 11, n. 2, p. 105–145, 1984.

MERIBOUT, M. *et al.* Solar panel inspection techniques and prospects. **Measurement**,p. 112466, 2023.

# Otimização Energética e Térmica de Fornos de Vidro Float por Meio de CFD

**Elyson Lúcio dos Santos Ramos, Universidade de Pernambuco (elsr@poli.br)**
**Diego José Rátiva Millán, Universidade de Pernambuco (diego.rativa@poli.br)**

A indústria de vidro plano, especialmente a que opera pelo processo *float*, enfrenta desafios críticos relacionados à eficiência térmica, ao controle de emissões e à sustentabilidade energética. Com o aumento dos custos energéticos e exigências ambientais mais rigorosas, torna-se essencial otimizar o desempenho dos fornos industriais (SIEMENS AG, 2017). Este trabalho tem como objetivo principal desenvolver um modelo computacional de um forno industrial de vidro plano, com foco na análise dos perfis de temperatura, velocidade e campos de concentração de espécies químicas, e na proposição de estratégias de otimização (LI et al., 2021). A modelagem é realizada por meio da Dinâmica dos Fluidos Computacional (*CFD*), utilizando o software Star-CCM+, com geometria tridimensional simplificada baseada em dados industriais típicos e malha computacional com refinamento progressivo nas regiões críticas, como zona de combustão e interface vidro-ar (LI et al., 2021). Os modelos físicos empregados incluem *Reynolds-Averaged Navier–Stokes* (*RANS)* para turbulência, radiação térmica pelo *Discrete Ordinates Model (DOM)*, transferência de calor conjugada e combustão, enquanto as condições de contorno são fundamentadas em operação real, contemplando potência térmica, entradas e saídas de material e fluxo de gases (SIEMENS AG, 2018). Simulações paramétricas foram realizadas variando taxas de extração, padrões térmicos, recirculação de gases e fluxos internos, permitindo analisar a sensibilidade do forno a pequenas alterações operacionais. Os resultados preliminares mostram que variações modestas nos parâmetros podem gerar desbalanceamento energético, aumento do consumo de combustível, desgaste acelerado de componentes refratários e modificação do padrão de circulação interna, afetando a qualidade do vidro por formação de bolhas, vórtices indesejados e gradientes térmicos excessivos. Atualmente, é possível estimar quantitativamente características como calor gerado pelas chamas, o calor que atravessa as paredes do forno e outras perdas térmicas, fornecendo uma visão detalhada das fontes de ineficiência e subsidiando decisões de engenharia mais precisas. Portanto, é notório que o uso de *CFD* constitui uma ferramenta robusta e indispensável para análise e otimização de fornos de vidro plano, permitindo ganhos significativos em eficiência energética, redução de emissões e melhoria da qualidade do produto final, sendo estimado que mesmo uma otimização de 1% no processo possa resultar em economias milionárias anualmente. O estudo abre perspectivas para futuras integrações com técnicas de inteligência artificial, como algoritmos genéticos e *machine learning*, além do desenvolvimento de um gêmeo digital industrial (*digital twins*) para monitoramento e controle em tempo real.

**Palavras-chave:** *dinâmica dos fluidos computacional (CFD); eficiência energética; transferência de calor; fornos de vidro plano.*

## Referências

LI, L.; et al. Three-dimensional glass furnace model of combustion space and glass tank with electric boosting**. International Journal of Applied Glass Science**, v. 12, n. 4, p. 550–566, 2021.

SIEMENS AG. **Float glass industry: energy-efficient automation solutions**. [S.l.], 2017. Disponível em: https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:3c1237c2-4767-4eab-856f-c2405ae3809c/float-glass-industry-brochure.pdf. Acesso em: 15 jul. 2025.

SIEMENS AG. **Energy-efficient automation solutions for the glass industry**. [S.l.], 2018. Disponível em: https://support.industry.siemens.com/cs/document/109479443/. Acesso em: 15 jul. 2025.

# Modelagem e Simulação dos Processos Acoplados de Reforma Seca do Biogás a partir de Biomassa e Síntese de Fischer-Tropsch

**Denys Haluli Kabbaz, Universidade de Pernambuco (dhk@poli.br)**
**Deivson Cesar Silva Sales, Universidade de Pernambuco (deivson.sales@upe.br)**
**Sergio Peres Ramos da Silva, Universidade de Pernambuco (sergio.peres@upe.br)**

A crescente demanda por fontes alternativas de energia renováveis tem impulsionado o desenvolvimento de rotas tecnológicas baseadas no aproveitamento do biogás, uma fonte renovável obtida da digestão anaeróbia de resíduos orgânicos. Dentre essas rotas, destaca-se a Reforma Seca do Biogás (RSB) oriundo de biomassas e a subsequente aplicação da Síntese de Fischer-Tropsch (SFT). A RSB converte metano ($CH_4$) e dióxido de carbono ($CO_2$) - produzidos da gaseificação da biomassa - em gás de síntese ($H_2$ + CO) enquanto que a SFT transforma esse gás de síntese em hidrocarbonetos líquidos de alto valor agregado (Jia *et al*., 2024). Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo realizar a modelagem matemática e simulação acoplada dos processos de RSB e SFT. A biomassa tomada como referência foram oriundas de resíduos orgânicos residenciais. O foco foi maximizar a conversão dos reagentes e os rendimentos em combustíveis líquidos sintéticos, principalmente hidrocarbonetos $C_{5+}$. A etapa RSB foi modelada como um processo isotérmico, em regime permanente e em reator de leito fixo multitubular. Foram consideradas reações simultâneas de reforma, deslocamento gás-água e reação reversa de Boudouard. As taxas de reação foram baseadas na cinética do tipo Langmuir-Hinshelwood-Hougen-Watson. O catalisador adotado na RSB foi do tipo $Ni/Al_2O_3$, conforme os estudos de Wang *et al*. (2024). Foram investigados os efeitos da temperatura (973 a 1173 K) e da vazão molar dos reagentes (500 mol/h a 1000 mol/h). A etapa de SFT foi investigada a partir das condições otimizadas obtidas na RSB. Para isso, utilizou-se um reator de leito fixo catalítico contendo catalisador do tipo $Co/Al_2O_3$, no qual foram investigados os efeitos da temperatura (473 a 573 K) e da pressão (10 a 30 bar), conforme os estudos de Mehrbod *et al*. (2021). A modelagem foi implementada com auxílio do simulador DWSIM, que oferece uma interface aberta e capacidade de customização de modelos termodinâmicos e reacionais. Os resultados da simulação acoplada indicaram elevadas conversões de $CH_4$ e $CO_2$, atingindo valores significativos ($\geq$ 90%) nas condições investigadas, em que as razões $H_2$/CO obtidas aproximaram-se de 1, condição considerada ideal para a SFT. Esse resultado foi semelhante ao observado por Liang, Chen e Tsai (2020), que operaram a reforma seca do metano usando o mesmo catalisador em condições. Na etapa da SFT, a conversão de CO foi superior a 50%, enquanto que a seletividade a $C_{5+}$ foi superior a 45%, acompanhado de grande produção de água. Resultados semelhantes de conversão de CO foram observados por Guo *et al*. (2021), operando o processo usando o mesmo catalisador em condições semelhantes, contudo, os autores alcançaram seletividades superiores a 67% para $C_{5+}$. A integração desses processos e a adoção do biogás como matéria-prima promovem uma abordagem sustentável. Essa estratégia tem um potencial significativo para reduzir as emissões de gases de efeito estufa, alinhar-se às metas do Acordo de Paris e impulsionar a economia circular no setor energético. As limitações do estudo estão relacionadas à falta de dados experimentais completos sobre as propriedades intrínsecas e o desempenho de catalisadores, o que pode introduzir incertezas nos parâmetros cinéticos e termodinâmicos utilizados no modelo. Como próximos passos, recomenda-se a realização de experimentos visando a determinação de parâmetros cinéticos e de equilíbrio do processo combinado, verificando a acurácia das previsões de conversão e seletividade.

**Palavras-chave:** *biogás; reforma seca; Fischer-Tropsch; modelagem.*

**Referências**

GUO, S. *et al*. A novel and facile strategy to decorate $Al_2O_3$ as an effective support for Co-based catalyst in Fischer-Tropsch synthesis. **Fuel**, v. 289, p. 119780, 2021.

JIA, J. *et al*. Review of Iron-Based Catalysts for Carbon Dioxide Fischer–Tropsch Synthesis. **Trans. Tianjin Univ,** v. 30, p. 178–197, 2024.

LIANG, T.; CHEN, H.; TSAI, D. Nickel hybrid nanoparticle decorating on alumina nanoparticle cluster for synergistic catalysis of methane dry reforming. **Fuel Processing Technology**, v. 201, p. 106335, 2020.

MEHRBOD, M. et al. Fischer-Tropsch synthesis: Direct cobalt nitrate reduction of promoted Co/Al2O3 catalysts. **Catalysis Today**, v. 369, p. 129-143, 2021.

WANG, Z. *et al*. Insight into the activity of Ni-based thermal catalysts for dry reforming of methane. **Journal of Materials Chemistry A**, v. 12, p. 24802-24838, 2024.

# Estratégias de arbitragem no mercado de energia com BESS

**Heitor Araújo Nunes, Universidade de Pernambuco (han4@poli.br)**
**Eduardo de Aguiar Sodré, Universidade de Pernambuco (easodre@gmail.com)**
**Roberto Feliciano Dias Filho, Universidade de Pernambuco (roberto.dias@upe.br)**

Usinas fotovoltaicas e parques eólicos têm crescido no cenário elétrico brasileiro e viabilizado uma maior geração energia elétrica sustentável. Entretanto, a inclusão dessas fontes de energia traz consigo alguns desafios operacionais, dos quais a sua natureza intermitente se destaca por impedir que tais fontes geradoras sejam despacháveis, a menos que estejam acopladas a um sistema de armazenamento de energia (NGE *et al.*, 2018). Esses sistemas, conhecidos como BESS (*Battery Energy Storage System*), geralmente são a base de baterias de íon-lítio, mas apesar dos benefícios que oferecem, estão sujeitos à degradação pelo uso e pelo tempo. Além de proporcionar uma maior participação de energias limpas no sistema elétrico brasileiro, as usinas híbridas aliadas a um BESS têm se mostrado uma solução eficiente contra cortes de geração (*curtailment*), garantindo um despacho mais eficiente dessas usinas e beneficiando tanto o setor de operação do sistema elétrico como o setor econômico (YAGI e TAKEUCHI, 2024). Somado a esses benefícios, o BESS pode realizar serviços ancilares, aumentando a confiabilidade e a robustez do Sistema Interligado Nacional (SIN). O BESS é uma tecnologia promissora, cuja viabilidade econômica ainda é um desafio, mesmo estando cada vez mais próxima. Ele traz consigo a possibilidade de armazenar energia em momentos de alta geração e baixo consumo (quando o preço de energia está baixo) e liberá-la quando a demanda cresce e a geração passa a ser insuficiente para atendê-la (momento em que o preço da energia está mais caro), procedimento conhecido como arbitragem de energia. Assim, este trabalho busca maximizar a receita que o BESS obterá realizando arbitragem de energia nesta usina híbrida, bem como racionalizar o despacho do BESS (despacho otimizado), a fim de prolongar sua vida útil. Planeja-se: (i) modelar estocasticamente as incertezas envolvidas (geração eólica, fotovoltaica e preço do PLD [Preço de Liquidação das Diferenças]); (ii) modelar a perda de vida útil do BESS usando a curva DoD (*Depth of Discharge*); (iii) testar diferentes técnicas de Reinforcement Learning (RL) para minimizar os riscos de exposição ao Mercado de Curto Prazo (MCP) e comparar com a operação sem o uso de tais técnicas, a fim de verificar se alguma apresenta vantagem sobre outra; (iv) planejar a tomada de decisão do BESS com um dia de antecedência. Este trabalho segue a configuração empregada no trabalho de N. G. Rocha *et al.* (2023), no qual o complexo híbrido é formado por uma usina eólica e uma fotovoltaica de 15 MWinst cada e um BESS de 5 MW / 20 MWh, cuja eficiência é de 97% para carga e descarga. Adicionalmente, foi considerada a vida útil do BESS de 3000 ciclos de 20 MWh de acordo com a curva DoD. Deste modo, após modelar as incertezas envolvidas (geração eólica e fotovoltaica e PLD) e a curva DoD, a simulação estocástica de 5000 cenários é executada para um horizonte de 24h e obtém resultados para três métodos de otimização: (i) operação fixa com carregamento e descarga do BESS ocorrendo em horários específicos do dia (técnica que não usa RL); (ii) usando a técnica de RL Epsilon-Greedy com relação fixa de explotação-exploração 70%-30%; (iii) usando o Epsilon-Greedy com relação explotação-exploração variável via lógica Fuzzy. As simulações revelaram que a operação fixa oferece retornos melhores com um risco menor que as demais técnicas. Em contrapartida, ao se observar o despacho do BESS, constatou-se que as técnicas de RL proporcionaram um uso mais racional da bateria, o que pode permitir que o BESS opere por mais tempo. Tal evidência permite concluir que nenhuma das técnicas sobrepõe outra, ou seja, nenhuma técnica se mostrou melhor que a outra, e que a otimização do processo depende do perfil do proprietário do complexo híbrido, conforme teoria do portfólio de Markowitz (ELTON *et al.*, 2021), uma vez que a otimização da receita diária do BESS foi obtida com a operação fixa

(a curto prazo), enquanto que a otimização da operação do BESS foi atingida com o Epsilon-Greedy; e numa terceira via, aparece o Epsilon-Greedy Fuzzy, responsável por ponderar as duas abordagens. Assim, a operação fixa é a mais conservadora, garantindo maiores lucros diários a um risco menor, porém, diminuindo mais a vida útil do BESS. Ao utilizar o Epsilon-Greedy, percebe-se que a receita diária é inferior ao da operação fixa e o risco mais elevado, em contrapartida, garante um despacho mais inteligente do BESS, o que otimiza a sua vida útil, podendo torná-lo mais atrativo numa futura análise a longo prazo; portanto, trata-se de uma escolha mais arrojada. Por fim, ao utilizar o Epsilon-Greedy Fuzzy, fica assegurada uma opção intermediária entre as duas anteriores, já que promete um retorno imediato intermediário a um risco superior à técnica (i) e inferior à técnica (ii) e assegura uma vida útil da bateria superior que a operação fixa e menor que a operação com Epsilon-Greedy. Deste modo, é interessante para trabalhos futuros a realização de uma análise de longo prazo, a fim de verificar se o fato de poupar a vida útil da bateria compensa a receita diária que as técnicas que usaram RL deixaram de ganhar.

**Palavras-chave:** *Usinas híbridas; BESS; Reinforcement Learning; Fuzzy.*

**Referências**

ELTON, E. J. *et al.* **Modern Portfolio Theory and Investment Analysis**. 9. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2014.

NGE, C. L. *et al.* A real-time energy management system for smart grid integrated photovoltaic generation with battery storage. **Renewable Energy**, v.130, p. 774–785, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.06.073. Acesso em: 10 set. 2025.

ROCHA, N. G. *et al.* Metodologia para Operação em Tempo Real de Plantas Híbridas com Sistemas de Armazenamento Baseada em Programação Dinâmica Dual Estocástica. *In:* SNPTEE – SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 27., 2023, Brasília, DF. **Anais** [...]. Brasília: CIGRÉ-Brasil, 2023.

YAGI, C.; TAKEUCHI, K. Electricity storage or transmission? Comparing social welfare between electricity arbitrages. **Energy Economics**, v. 140, p. 107969, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107969. Acesso em: 10 set. 2025.

# Revisão da Literatura Sobre o Impacto de Diferentes Condições de Operação na Capacidade de Generalização de Modelos de Detecção de Anomalias

**Guilherme Belian F, Universidade de Pernambuco (gbfs@poli.br)**
**Rodrigo de Paula Monteiro, Universidade de Pernambuco (rodrigo.monteiro@poli.br)**

O uso de aprendizado de máquinas na detecção de anomalias em máquinas industriais é uma atividade fundamental, que busca viabilizar estratégias de manutenção preditiva para aumentar a eficiência e a segurança operacional. A abordagem consiste em analisar dados de sensores que monitoram variáveis como vibração e temperatura para identificar desvios do comportamento padrão (JABEEN et al., 2021). No entanto, a eficácia desses sistemas pode ser comprometida pela dificuldade de generalização dos modelos de aprendizado de máquina. Modelos treinados com dados coletados sob um conjunto específico de condições operacionais estáveis podem apresentar uma queda de desempenho acentuada ao serem expostos a dados com distribuições estatísticas diferentes daquelas utilizadas no treinamento, um desafio conhecido como generalização fora de distribuição (OOD, do inglês *Out-of-distribution*) (CUI; WANG, 2022). Este problema é especialmente crítico em ambientes industriais, onde uma detecção de falhas imprecisas pode acarretar consequências severas, desde paradas de produção custosas até falhas catastróficas de equipamentos. As causas para essa variação na distribuição dos dados são múltiplas e inerentes ao processo industrial, incluindo o envelhecimento natural de componentes, mudanças na carga de trabalho, alterações na velocidade de operação e até mesmo a substituição de sensores (HENDRYCKS et al., 2019). Este cenário é agravado pela natural escassez de dados de falhas, o que resulta em conjuntos de dados altamente desbalanceados e limita a capacidade do modelo de aprender um repertório completo de todas as anomalias possíveis. Tendo conhecimento deste problema, este estudo tem como objetivo desenvolver uma revisão sistemática (KITCHENHAM et al., 2009) buscando identificar as principais técnicas utilizadas na generalização de modelos de detecção de anomalia e o real impacto que as diferentes condições de operações causam. Para isso foi feito uma revisão da literatura utilizando as bases de dados da Science Direct, IEEE Xplore e Springer Nature Link, utilizando palavras-chave como “Anomaly Detection”, “Out-of-Distribution”, “Industrial Machines” e “Operating Conditions”, com artigos publicados entre 2020 e 2025, onde foi obtido um total de 464 artigos. Os resultados preliminares destacaram a aplicação de modelos generativos, como GANs, empregados para simular a distribuição de dados normais, contornando os desafios de conjuntos de dados desiguais ou limitados. Duas outras abordagens foram recorrentes na literatura, as Redes Neurais Gráficas (GNNs) mostraram-se eficientes para capturar correlações complexas entre nós de uma série temporal multivariada. Em paralelo, os Transformers foram amplamente utilizados por sua capacidade de identificar padrões e dependências de longa distância ao longo do tempo. A utilização de dados multimodais também se mostra uma estratégia que eleva a robustez e a precisão dos resultados.

**Palavras-chave:** *Detecção de Anomalias; Generalização Fora de Distribuição; Aprendizado de Máquina; Manutenção Preditiva.*

**Referências**

JABEEN, S. et al. Recent advances and trends in multimodal deep learning: A review. **IEEE Access**, v.9, p. 85114-85129, 2021.

HENDRYCKS, D. et al. Deep anomaly detection with outlier exposure. In: **International Conference on Learning Representations (ICLR)**, 2019.

CUI, P.; WANG, J. Out-of-distribution (OOD) detection based on deep learning: A review. **Electronics**, v.11, n.21, p.3500, 2022.

CHANDOLA, V. et al. Anomaly detection: A survey. **ACM Computing Surveys (CSUR)**, v.41, n.3, p.1-58, 2009.

KITCHENHAM, B. et al. Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review. **Information and Software Technology**, v.51, n.1, p. 1-19, 2009.

# Revisão da Literatura Sobre Detecção de Anomalias em Dispositivos Industriais

**Pedro Luiz Sales Guerra Camara, Universidade de Pernambuco (plsgc@poli.br)**
**Rodrigo de Paula Monteiro, Universidade de Pernambuco (rodrigo.monteiro@poli.br)**

Com a automação industrial em alta e a chegada da Indústria 4.0, o setor de manufatura passou por uma transformação. A Inteligência Artificial (IA) desempenha um papel importante, otimizando a performance operacional, desde simples automações até insights e análises que auxiliam as indústrias na otimização de processos. Neste cenário, a detecção de falhas em dispositivos industriais surge como uma área da automação industrial a ser explorada, tendo a IA como uma das peças-chave para essa tarefa (LEITE et al., 2024). Este estudo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática da literatura (KITCHENHAM et al., 2009) para identificar, analisar e sintetizar as principais técnicas baseadas em redes utilizadas na detecção de falhas em dispositivos industriais, e também suas métricas de desempenho e desafios de implementação. Para isso, foi conduzida uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), com buscas feitas nas bases de dados *IEEE Xplore*, *Springer Nature Link*, e *ScienceDirect*, com artigos publicados entre 2020 e 2025. A estratégia de busca utilizou termos como "*fault detection*", "*industrial electromechanical devices*", "*multimodal*" e "*time series*", resultando em 426 estudos. Os resultados dos artigos revelam a predominância de metodologias baseadas em redes neurais profundas para a detecção de falhas e anomalias em equipamentos industriais. Destacam-se o uso de Redes Neurais de Grafos (GNNs, na sigla em inglês *Graph Neural Networks*), incluindo Redes Convolucionais de Grafos (GCNs, *Graph Convolutional Networks*) e Redes de Atenção em Grafos (GATs, *Graph Attention Networks*), utilizadas para capturar correlações espaciais e temporais em séries temporais multivariadas (LANKO; MAKAROV, 2024), e *Transformers* para extrair características temporais e dependências de longo alcance (KIM; KIM; EUOM, 2025). Redes de Cápsulas (CapsNets, *Capsule Networks*) são também aplicadas por sua capacidade de preservar informações hierárquicas e melhorar a interpretabilidade (DALIAN; ZOU; LONG, 2025). A fusão de dados multimodais (vibração, corrente, acústicos, imagens) é uma abordagem primordial para melhorar a precisão e robustez do diagnóstico, utilizando esquemas de fusão precoce ou tardia, ou modelagem de hipergrafos (YU, 2025). Modelos generativos como Redes Adversárias Generativas (GANs, *Generative Adversarial Networks*) e modelos de difusão são utilizados para aprender distribuições de dados normais e combinar amostras anômalas, mitigando problemas de dados desbalanceados e escassos. As metodologias apresentam bons resultados, com vários estudos com altos índices de precisão e robustez em cenários reais e simulados. Concluiu-se que, apesar da alta eficácia demonstrada, os principais desafios residem na interpretabilidade (XAI, do inglês *Explainable Artificial Intelligence*) dos modelos de aprendizado profundo ("problema da caixa-preta"), importante para a confiança e ação dos operadores (KIM; KIM; EUOM, 2025). Outro desafio persistente é a escassez de amostras anômalas rotuladas e o severo desbalanceamento entre classes, o que requer o contínuo desenvolvimento de métodos não supervisionados e semi-supervisionados. A complexidade computacional de algumas arquiteturas também pode dificultar a inferência em tempo real e a implantação em dispositivos com recursos limitados. As direções futuras de pesquisa apontam para aprofundamento em XAI e o desenvolvimento de modelos leves (*lightweight models*) para computação de borda, além de Aprendizado Federado (FL, *Federated Learning*) para ambientes distribuídos (KIM; KIM; EUOM, 2025) (LI et al., 2025) (ZHAO et al., 2025). A utilização de Modelos de Base Industriais (IFMs, *Industrial Foundation Models*), baseados em grandes modelos visuo-linguísticos, também se apresenta como uma abordagem promissora para generalização e detecção de anomalias em ambientes industriais (ZHAO et al., 2025).

**Palavras-chave:** *Detecção de Falhas; Aprendizado Profundo; Fusão de Dados Multimodais; Séries Temporais.*

**Referências**

DALIAN, Yang; JUNJUN, Zou; HUI, Long. Capsule networks for intelligent fault diagnosis: a roadmap of recent advancements and challenges. **Expert Systems with Applications**, p. 128814, 2025.

KIM, Ka-Kyung; KIM, Joon-Seok; EUOM, Ieck-Chae. Explainable Anomaly Detection Based on Operational Sequences in Industrial Control Systems. **IEEE Access**, 2025.

KITCHENHAM, Barbara et al. Systematic literature reviews in software engineering–a systematic literature review. **Information and software technology**, v. 51, n. 1, p. 7-15, 2009.

LANKO, Vadim; MAKAROV, Ilya. Graph Attention Diffusion for Enhanced Multivariate Time Series Anomaly Detection. **IEEE Open Journal of the Industrial Electronics Society**, 2024.

LEITE, Denis et al. Fault detection and diagnosis in industry 4.0: a review on challenges and opportunities. **Sensors (Basel, Switzerland)**, v. 25, n. 1, p. 60, 2024.

LI, Zhuo et al. A survey of deep learning for industrial visual anomaly detection. A**rtificial Intelligence Review**, v. 58, n. 9, p. 279, 2025.

YU, Yue. DMAC: Discovering Multi-Attribute Correlations of Deep Quality Features for Defect Detection in Mechanical Components. **IEEE Access**, 2025.

ZHAO, Shuxuan et al. Industrial Foundation Models (IFMs) for intelligent manufacturing: A systematic review. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 82, p. 420-448, 2025.

# Imputação de Dados Faltantes em Séries Temporais Multivariadas Aplicadas à Detecção de Anomalias

**Jair Guimarães de Araujo Neto, Universidade de Pernambuco (jgdan@poli.br)**
**Rodrigo de Paula Monteiro, Universidade de Pernambuco (rodrigo.monteiro@poli.br)**

Em sistemas complexos e interconectados, a ocorrência de dados faltantes é inevitável devido a falhas de sensores, perdas na transmissão ou problemas de armazenamento. Para superar essas adversidades, técnicas de imputação de dados são imprescindíveis, garantindo que as análises preditivas e diagnósticos de falhas não sejam comprometidas. A imputação de dados faltantes em séries temporais multivariadas permite inferir valores ausentes com base em medições próprias e de sensores correlacionados, sendo essencial para manter a integridade dos dados e o desempenho dos modelos preditivos. Elaborou-se uma revisão sistemática da literatura para corroborar com o desenvolvimento e metodologia do projeto, formulando palavras chaves, *strings* de busca para pesquisa em motores de artigos científicos e critérios de inclusão e exclusão. Além disso, escolher métricas de avaliação mais comumente utilizadas a respeito desse assunto, como o erro médio quadrático, erro médio absoluto e o coeficiente de determinação; aplicar técnicas com os melhores desempenhos de imputação, como os *transformers* e *RNNs*; e analisar como variados métodos de ausência de dados podem influenciar nos resultados dos projetos. As séries temporais multivariadas e a presença de dados ausentes são comuns no contexto de processos e produção em fábricas inteligentes. Essas séries são geradas a partir de medições feitas por diversos sensores que monitoram sistemas, enquanto os dados faltantes geralmente decorrem de falhas nos sensores ou na rede de comunicação. Este estudo busca compreender como diferentes níveis de dados faltantes em sistemas de monitoramento de fábricas inteligentes afetam o aprendizado de características realizadas por modelos de imputação baseados em aprendizado profundo. Os resultados obtidos serão aplicados na otimização da operação de sistemas inteligentes, contribuindo para o aumento de sua eficiência. Além disso, o estudo será direcionado ao projeto de mestrado, com foco na formulação de soluções de imputação de maior destaque na literatura e na análise de como essas técnicas impactam tarefas subsequentes, como a detecção de anomalias.

**Palavras-chave:** *Imputação de dados; valores ausentes; séries temporais multivariadas; detecção de anomalias.*

## Referências

BANSAL, P.; DESHPANDE, P.; SARAWAGI, S. Missing value imputation on multidimensional time series. 2021. Disponível em: http://arxiv.org/abs/2103.01600. Acesso em: 2 jul. 2025.

WOŹNICA, K.; BIECEK, P. Does imputation matter? Benchmark for predictive models. 2020. Disponível em: http://arxiv.org/abs/2007.02837. Acesso em: 2 jul. 2025.

COSTA, J. C. Uma análise sobre o impacto de dados faltantes no desempenho de métodos de aprendizado de máquina. 2019. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — [s.l.]: [s.n.], 2019.

ALMEIDA, M. Imputação de dados faltosos em séries temporais univariadas utilizando meta-aprendizado baseado em Rede Neural LSTM Híbrida. 2023. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2023.

# Transporte de Calor em Dispositivos Baseados em Cristal Líquido Nemático

**Cauê Nogueira da Silva, Universidade de Pernambuco (cns@poli.br)**
**Marcone Isidorio de Sena Junior, Universidade de Pernambuco (marconesena@poli.br)**

Grande parte dos avanços tecnológicos, especialmente a partir da segunda metade do século XX, no período conhecido como Terceira Revolução Industrial (Rifkin, 2021), devem-se ao desenvolvimento da microeletrônica, possibilitado pelos esforços da comunidade científica no estudo de fenômenos de transporte de energia elétrica. Entretanto, desenvolvimentos análogos para o estabelecimento de circuitos térmicos com dispositivos capazes de controlar o fluxo de calor ainda apresentam diversos desafios em aberto (Wong *et al.*, 2021), que ganham acentuada relevância diante dos obstáculos impostos pelas mudanças climáticas e pela crise energética atual. O presente trabalho investiga a retificação térmica para um modelo de diodos térmicos — dispositivos que conduzem calor preferencialmente em uma direção, análogos aos diodos eletrônicos convencionais — à base de cristais líquidos nemáticos (CLN) confinados. Foi estabelecida uma abordagem analítica para resolução das equações de Euler-Lagrange para a densidade de energia elástica (Ball, 2017), permitindo a obtenção de uma classe de soluções para campos diretores com simetria azimutal em diferentes geometrias de confinamento. De tal maneira, foi possível determinar o tensor de condutividade térmica do CLN confinado e investigar os fenômenos de transporte de calor em diodos térmicos por meio da solução numérica da equação do calor, utilizando o método de elementos finitos. Foi estudada a dependência da retificação térmica com os parâmetros de cada geometria, com destaque para a ocorrência da retificação térmica gigante em tais sistemas. Por fim, apresentamos uma interpretação geométrica da retificação térmica ao investigar o análogo da condutividade térmica, abordagem que também abre uma nova possibilidade de estudo de modelos análogos gravitacionais em matéria condensada (Visser *et al.*, 2002). O trabalho contribui para o estado da arte em diodos térmicos baseados em cristais líquidos nemáticos, ampliando a compreensão do funcionamento desses dispositivos ao explorar novos arranjos geométricos e apontar condições favoráveis para a otimização de sua retificação térmica (eficiência), o que potencializa o uso de cristais líquidos em circuitos térmicos para uma ampla gama de aplicações.

**Palavras-chave:** *Diodos térmicos; retificadores térmicos; cristais líquidos; física análoga.*

**Referências**

BALL, John M. Mathematics and liquid crystals. **Molecular Crystals and Liquid Crystals**, v. 647, n. 1, p. 1-27, 2017.

RIFKIN, Jeremy. **A terceira revolução industrial**: como o poder lateral está transformando a energia, a economia e o mundo. M. Books, 2021.

VISSER, Matt et al. Analogue models of and for gravity. **General Relativity and Gravitation**, v. 34, n. 10, p. 1719-1734, 2002.

WONG, M. Y. et al. A review of state of the art thermal diodes and their potential applications. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, v. 164, p. 120607, 2021.

# Aplicação de Sistema de Monitoramento de Baixo Custo para Predição de Desgaste de Ferramentas em Usinagem

**Leandro Pontes de Andrade, Universidade de Pernambuco (lpa@poli.br)**
**Gustavo Rogério da Silva Barbosa, Universidade de Pernambuco (grsb@poli.br)**
**Rogério Pontes de Araújo, Universidade de Pernambuco (rogeriopontes@poli.br)**

A indústria moderna tem exigido soluções cada vez mais eficientes, precisas e inteligentes no controle dos processos de manufatura. Em operações de usinagem, o desgaste de ferramentas de corte é um fator crítico, uma vez que afeta diretamente a qualidade dimensional e superficial do produto, além de aumentar os custos relacionados à substituição prematura de ferramentas e à recorrência de manutenções corretivas (Chacón et al., 2021; Mohanraj et al., 2020). Com a consolidação dos conceitos da Indústria 4.0, a integração de sensores a um sistema de monitoramento da condição de ferramenta (TCM - Tool Condition Monitoring) se torna uma solução viável, por conseguir prever o fim da sua vida útil e permitir a sua substituição no momento adequado, resultando na minimização do tempo de inatividade e no aumento da eficiência operacional (Soori; Arezoo; Dastres, 2023). O monitoramento do estado de ferramentas pode ser realizado através de dois métodos: diretos e indiretos. Os métodos diretos permitem o acompanhamento imediato das alterações geométricas das ferramentas devido ao desgaste. Embora sejam considerados mais confiáveis, apresentam limitações em aplicações industriais, pois exigem a interrupção do processo para que as medições sejam realizadas, aumentando o tempo de inatividade e impactando negativamente a produtividade. Em contraste, os métodos indiretos são baseados na medição de parâmetros relacionados ao processo de usinagem que apresentam correlação com o desgaste de ferramenta, como medições de forças de corte (Cheng et al., 2022), emissões acústicas (Chacón et al., 2021), consumo de corrente elétrica (Muraro, 2020) e vibrações (Navarro-Devia et al. 2023). Apesar de serem úteis por permitirem o monitoramento da ferramenta em tempo real e de forma não intrusiva (Serin et al., 2020), criar uma relação fidedigna entre as medições de sinais e a condição efetiva de deterioração representa um dos principais obstáculos. Isso ocorre porque, além do próprio desgaste, diversos elementos externos também afetam o sinal captado, incluindo os parâmetros operacionais e o estado do equipamento utilizado. Contudo, a acurácia pode ser elevada significativamente com o emprego de sensores distintos, proporcionando dados mais consistentes ainda que intensifique as exigências relacionadas ao tratamento dos sinais obtidos (Cheng et al., 2020; Mohanraj et al., 2020; Navarro-Devia et al., 2023). Este trabalho teve como objetivo desenvolver e validar um sistema de monitoramento do desgaste de ferramentas em fresamento, empregando sensores de baixo custo integrados a um microcontrolador para aquisição de sinais mecânicos e elétricos. O sistema foi desenvolvido com base nos métodos propostos por Vianello et al. (2023), utilizando um acelerômetro triaxial MPU-9250 posicionado próximo à zona de corte para captura das vibrações geradas e um sensor de corrente SCT-013 instalado no motor principal da fresadora para monitoramento do esforço elétrico, ambos operando com taxa de amostragem de 2 kHz. Ensaios experimentais foram realizados em duas máquinas com características distintas: uma router CNC (Controle Numérico Computadorizado), de menor rigidez estrutural, localizada no Instituto de Inovação Tecnológica (IIT-UPE), e uma fresadora ferramenteira, localizada na Escola Politécnica de Pernambuco (POLI-UPE). As ferramentas de corte empregadas foram fresas de topo de aço rápido (High Speed Steel – HSS) de 10 mm, aplicadas na usinagem de corpos de prova em aço SAE 1045 (200×100×20 mm), com parâmetros de corte padronizados. O fim de vida da ferramenta foi definido segundo a ABNT NBR ISO 8688 - parte 2 (2020), considerando desgaste médio de flanco ($V_{BB}$) de 0,3 mm ou máximo individual ($V_{BBmax}$) de 0,5 mm, mensurado por microscopia. Os sinais coletados foram submetidos a pré-processamento, análise espectral através da Transformada Rápida de Fourier e avaliação estatística pelo

coeficiente de correlação de Pearson, visando estabelecer a relação entre as grandezas dinâmicas e o avanço do desgaste. Os resultados demonstraram que, nos ensaios realizados na router CNC, todas as fresas atingiram rapidamente níveis de desgaste superiores aos limites normativos, inviabilizando análises mais detalhadas do comportamento da deterioração das ferramentas. Na fresadora, entretanto, observou-se a evolução progressiva do desgaste e variações significativas na vibração, com coeficientes de correlação elevados entre aceleração RMS (Root Mean Square) e o desgaste ($r \approx 0,7–0,96$; $p < 0,01$), confirmando-a como principal variável preditiva. A corrente elétrica, por sua vez, apresentou baixa sensibilidade a desgastes sutis, mas evidenciou maior consumo e variabilidade na router CNC, refletindo sua menor rigidez estrutural e maior suscetibilidade a vibrações intermitentes. Em síntese, o estudo valida a viabilidade técnica de monitoramento de desgaste com sensores de baixo custo, destacando a vibração como o principal indicador e o sinal de corrente como variável complementar.

**Palavras-chave:** *Tool Condition Monitoring; Desgaste de Ferramentas de Corte; Indústria 4.0.*

**Referências**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 8688-2:2020: Ensaio de vida de ferramentas no fresamento - Parte 2: Fresa de topo**. São Paulo, 2020.

CHACÓN, J. L. F. et al. A novel machine learning-based methodology for tool wear prediction using acoustic emission signals. **Sensors**, v. 21, n. 5984, 2021.

CHENG, M. et al. An intelligent prediction model of the tool wear based on machine learning in turning high strength steel. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture**, v. 234, n. 13, p. 1580–1597, 21 nov. 2020.

MOHANRAJ, T. et al. Tool condition monitoring techniques in milling process - a review. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 9, n. 1, p. 1032–1042, 1 jan. 2020.

MURARO, T. R. **Monitoramento do desgaste da ferramenta no processo de fresamento de aço P20 através da medição da potência do Motor**. Dissertação (Mestrado) - Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul, 25 set. 2020.

NAVARRO-DEVIA, John Henry et al. Chatter detection in milling processes - a review on signal processing and condition classification. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 125, n. 9, p. 3943-3980, 2023.

SERIN, G. et al. Review of tool condition monitoring in machining and opportunities for deep learning. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 109, n. 3 – 4, p. 953–974, 10 jul. 2020.

SOORI, M.; AREZOO, B.; DASTRES, R. Machine learning and artificial intelligence in CNC machine tools, A review. **Sustainable Manufacturing and Service Economics**, v. 2, p. 100009, abr. 2023.

VIANELLO, P. I. A. et al. Tool Life Monitoring in End Milling of AISI H13 Hot Work Die Steel Using a Low-Cost Vibration Sensor Connected to a Wireless System. **Experimental Techniques**, v. 47, n. 6, p. 1149–1159, 1 dez. 2023.

# Construção de conjunto de dados experimental em sistemas de transmissão mecânica para aplicações computacionais em diagnóstico de falhas

**Thiago Silva Cavalcanti, Universidade de Pernambuco (tsc2@poli.br)**
**Carmelo José Albanez Bastos Filho, Universidade de Pernambuco (carmelo.filho@upe.br)**
**Rodrigo de Paula Monteiro, Universidade de Pernambuco (rodrigo.monteiro@poli.br)**

Sistemas de transmissão mecânica desempenham papel essencial em ambientes industriais por viabilizarem a transferência de potência entre componentes e assegurarem o funcionamento contínuo de máquinas e processos. Esses sistemas estão presentes em esteiras transportadoras, compressores, bombas e outros ativos críticos, sendo constituídos por elementos como eixos, engrenagens, rolamentos, polias e acoplamentos. Devido às condições severas de operação, caracterizadas por elevadas cargas, variações térmicas e regimes de lubrificação variáveis, tais componentes tornam-se suscetíveis a falhas, incluindo trincas, desgastes, folgas e desalinhamentos, que podem evoluir para danos catastróficos quando não monitorados adequadamente, elevando custos de manutenção e comprometendo a segurança (Jovanovic; Milinkovic, 2019). O objetivo deste trabalho é construir um conjunto de dados experimental robusto e devidamente documentado para aplicação em modelos previsionais voltados ao diagnóstico de falhas em sistemas de transmissão mecânica, reforçando a manutenção baseada em condição (Jardine; Lin; Banjevic, 2006). A metodologia consiste na utilização de bancada experimental equipada com motor de indução trifásico de 0,37 kW, operando a 40 Hz (2324 rpm), rolamentos autocompensadores NSK 1205K com 12 elementos rolantes de 7,14 mm e sensores *ICP*® industriais de sensibilidade 10,2 mV/(m/s²), faixa de resposta de 0,5 Hz a 10.000 Hz e frequência ressonante de 25 kHz. Pretende-se expandir a base experimental com rotações de 900, 1500 e 2100 rpm e com defeitos como falha no anel interno, falha no anel externo, falha na pista, ausência de lubrificação e cortes nas superfícies externas do rolamento. As técnicas de extração de características considerarão as transformadas *wavelet* e de *Hilbert* (Fan; Zuo, 2006), e os modelos previsionais incluirão *Support Vector Machines (SVM)*, *Convolutional Neural Networks (CNN)* e *Recurrent Neural Networks (RNN)*, além de abordagens de *deep learning* para estimativa de vida útil remanescente (Babu; Zhang; Chetty, 2016; Zhao; He, 2020; Wang; Yan; Gao, 2020). A análise preliminar de sinais obtidos a 2100 rpm evidenciou evolução consistente entre as condições de rolamento íntegro, falha parcial no anel externo e falha completa no anel externo: na falha completa, observou-se RMS entre 3,2 e 3,6 e variância entre 10 e 17, indicando alta energia vibracional e instabilidade acentuada; na falha parcial, RMS variou entre 0,87 e 0,91 e variância entre 0,75 e 0,83, caracterizando condição intermediária; no rolamento íntegro, RMS em torno de 0,65 e variância de 0,41 a 0,44 apontaram regime estável. Até o momento, os testes foram realizados apenas com carga externa de 0 N, mas a proposta metodológica inclui a realização de experimentos futuros com cargas fixas e também com variação de cargas, de forma a enriquecer a base de dados e permitir avaliar a robustez dos algoritmos em diferentes condições operacionais. O conjunto atual já ultrapassa 50 mil registros individuais de séries temporais, configurando uma base significativa para o treinamento e validação dos modelos de diagnóstico. Esses resultados indicam que parâmetros como RMS, variância, curtose, *crest factor* e assimetria discriminam estados de degradação, fornecendo base para classificação automática (Zhao; He, 2020; Wang; Yan; Gao, 2020). Prevê-se, por fim, a adaptação dos modelos a mudanças de comportamento ao longo do tempo (*concept drift*), por meio de

detectores como *Page-Hinkley* e *DDM* (Bifet; Gavaldà, 2007), favorecendo maior aplicabilidade em ambientes industriais reais.

**Palavras-chave:** *vibração; falhas em rolamentos; aprendizado de máquina; diagnóstico preditivo*

**Referências**

BABU, G. S.; ZHANG, Y.; CHETTY, K. Deep convolutional neural network based regression approach for estimation of remaining useful life. **International Journal of Prognostics and Health Management**, v. 6, p. 1–9, 2016.

BIFET, A.; GAVALDÀ, R. Learning from time-changing data with adaptive windowing. In: **Proceedings of the 2007 SIAM International Conference on Data Mining**. Society for Industrial and Applied Mathematics, p. 443–448, 2007.

FAN, X.; ZUO, M. J. Gearbox fault detection using Hilbert and wavelet packet transform. **Mechanical Systems and Signal Processing**, v. 20, n. 4, p. 966–982, 2006.

JARDINE, A. K. S.; LIN, D.; BANJEVIC, D. A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. **Mechanical Systems and Signal Processing**, v. 20, n. 7, p. 1483–1510, 2006. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2005.09.012.

JOVANOVIC, S.; MILINKOVIC, D. Impact of unplanned downtime on manufacturing performance and sustainability. **Procedia CIRP**, v. 81, p. 632–637, 2019.

WANG, T.; YAN, R.; GAO, R. X. Machine fault classification based on imbalanced data using adaptive synthetic sampling and convolutional neural network. **Mechanical Systems and Signal Processing**, v. 138, p. 106550, 2020.

ZHAO, Z.; HE, Q. A hybrid fault diagnosis approach based on CNN and SVM for rotating machinery. **Neurocomputing**, v. 394, p. 312–322, 2020.