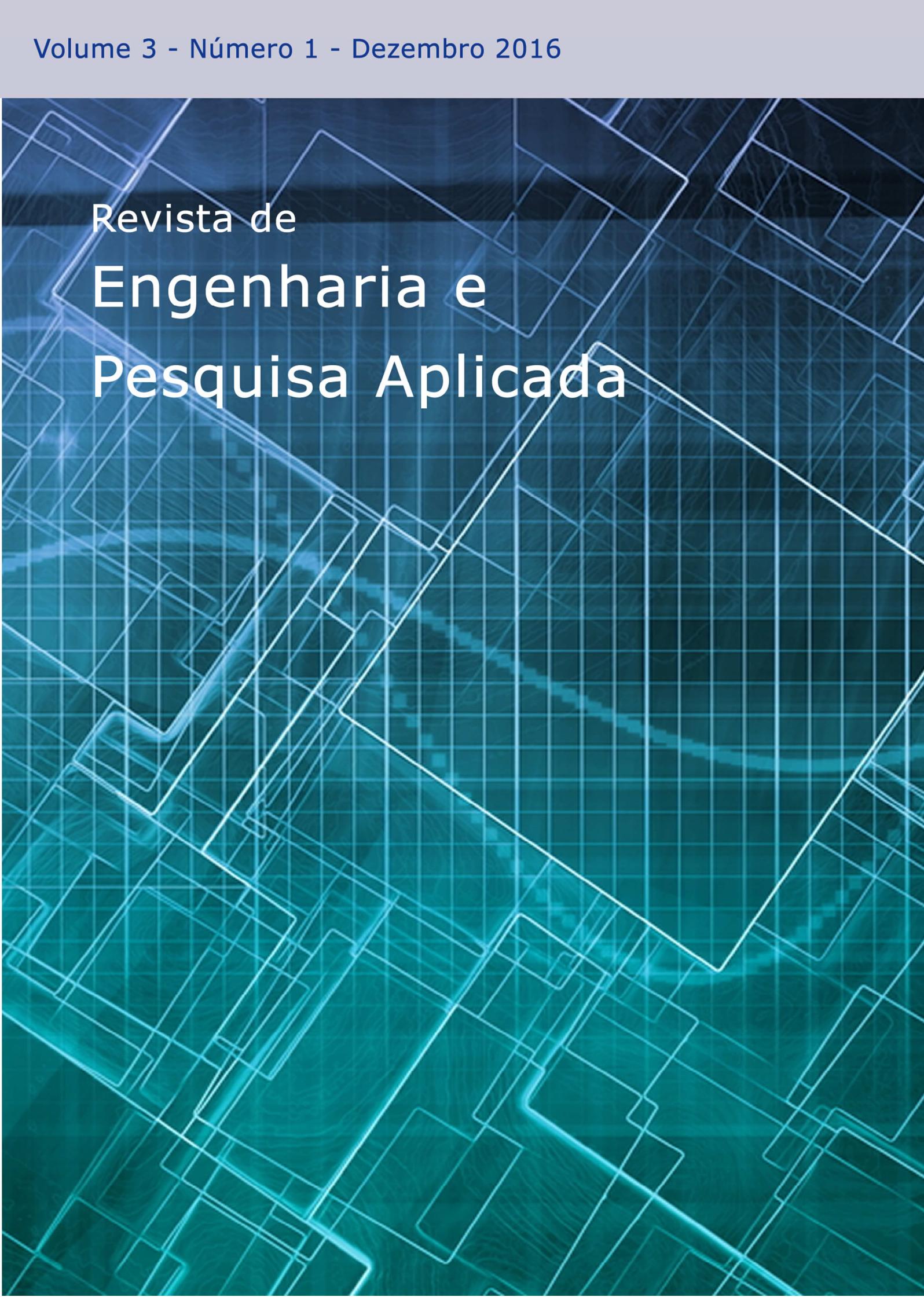


Volume 3 - Número 1 - Dezembro 2016



Revista de
Engenharia e
Pesquisa Aplicada

Revista de
Engenharia e
Pesquisa Aplicada

Volume 3 - Número 1 – Dezembro 2016

ISSN: 2525-4251 (versão on line)

Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada

Volume 3 - Número 1 – Dezembro 2016

Foco e Escopo

A Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada é uma publicação da Universidade de Pernambuco que tem como objetivo ser um canal de divulgação de trabalhos nas áreas de engenharia, computação e áreas tecnológicas convergentes.

Seções

Engenharia Civil
Engenharia da Computação
Engenharia Elétrica
Engenharia Mecânica

Processo de Avaliação

O processo de avaliação da Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada será realizado por no mínimo dois revisores, professores da UPE ou convidados externos, envolvidos na pós-graduação.

Periodicidade

Semestral.

Política de Acesso Livre

Esta revista oferece acesso livre imediato ao seu conteúdo, seguindo o princípio de que disponibilizar gratuitamente o conhecimento científico ao público proporciona maior democratização mundial do conhecimento.

Corpo Editorial:

Luis Arturo Gómez Malagón
lagomezma@poli.br
Alexandre Magno Andrade Maciel
amam@ecomp.poli.br
Diego José Rativa Millan
diego.rativa@ecomp.poli.br

Comitê Editorial:

Alberto Casado Lordsleem Lordsleem Júnior
Francisco Gilfran Alves Milfont
Francisco Ilo Bezerra Cardoso
Maria Lencastre Pinheiro M. Cruz
Sérgio Campello Oliveira

Universidade de Pernambuco

Reitor: Pedro Henrique de Barros Falcão
Vice-Reitor: Maria do Socorro Cavalcanti

Escola Politécnica de Pernambuco

Diretor: José Roberto Cavalcanti
Vice-Diretor: Alexandre Duarte Gusmão

Endereço

Rua Benfica, 455 – Madalena
Recife/PE - CEP: 50/720-001
Telefone: 55 81 3184-7513
Email: cpg@poli.br

CIP Catalogação-na-Publicação
Universidade de Pernambuco Escola Politécnica de Pernambuco
Biblioteca Central

Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada / Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica de Pernambuco - Vol.3, no. 1 (2016) - Recife: UPE, 2016.
Semestral
ISSN 2525-4251 (versão online)
Título abreviado: Rev. Eng. Pesquisa Aplicada.
¹ ENGENHARIA - Periódicos

Catalogação
XXX.YYYY

Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada

Volume 3 – Número 1 – Dezembro 2016

13 anos da Coordenação de Pós-graduação POLI-UPE <i>Alexandre Maciel – Luís Malagón – Alexandre Gusmão</i>	1
Análise de Fluxo de Carga e Energia Gerada no Sistema Isolado da Ilha de Fernando de Noronha <i>Guilherme Napoleão – Alcides Codeceira Neto</i>	3
Plataforma Colaborativa para Auxílio na Identificação de Casos Suspeitos de Doenças da Tríplice Epidemia e Focos do Mosquito Aedes Aegypti <i>André Luz – Danilo Araújo</i>	11
Proposta de Arquitetura Utilizando o Paradigma SOA para o Avatar Educação <i>Marcos Pliveira – Alexandre Maciel</i>	23
A Identificação de um Kaizen no Processo de Evolução dos Para-Choques de Plásticos em Automóveis: Um Estudo Prático-Teórico <i>Ernandes Albuquerque – Ana Barbosa</i>	31
O Programa 5S: Influência nas Organizações <i>Ítalo Silva – Fernando Trigueiro</i>	41
A Demanda de Medição de Vazão e Volumes de Esgotos em Estações de Tratamento de Esgotos do Interior de Pernambuco <i>Alexandre Moreira – Ana Barbosa</i>	45
Modelo de Excelência da Gestão como uma das Bases para a Inovação, Algo Imprescindível para Micro e Pequenas Empresas <i>Paula Brito – Ana Barbosa</i>	53
Diagnóstico da implantação da Metodologia de Gestão Estratégica World Class Manufacturing (WCM) nas indústrias de Pernambuco <i>Isabel Freitas – Luis Barros Filho</i>	63
Fatores Influenciadores da Garantia e Controle da Qualidade em Pesquisas Econômicas <i>Márcio Maia – Luis Barros Filho</i>	73

Patologias em Piso de Concreto Armado Polido: Um Estudo de Caso <i>Maria Portela – Carlos Pires Sobrinho</i>	89
Procedimento e tratamento para Evitar Fissuras nas Ligações entre Alvenaria e Estrutura de Concreto Armado - Um Estudo de Caso <i>Diego Silva – Carlos Pires Sobrinho</i>	97
Um Estudo das Manifestações Patológicas e das Condições Estruturais da Ponte sobre o Rio Igarassu na BR 101/PE <i>Diego Silva – Carlos Pires Sobrinho</i>	105
Análise dos Danos Estruturais e das Condições de Estabilidade da Ponte da Estrada Velha de Água Fria <i>Jonhatha Lopes – José Vitório</i>	115
Análise das Atuais Condições Funcionais e Estruturais da Ponte, Getúlio Vargas, na Rodovia PE-35 <i>Vera Fragoso – José Vitório</i>	123
Um Sistema de Baixo Custo para Monitoramento do Consumo de Energia em Casas Inteligentes <i>Felipe Ferreira – Carmelo Bastos Filho</i>	133
Automação em Máquina Gráfica para Processamento de Chapas de Pré-impressão <i>Augusto Castilho – Sérgio Oliveira</i>	143
Previsão das Dimensões da Zona Termicamente Afetada de Juntas Soldadas com Variação de Parâmetros de Soldagem <i>Leonardo Melo – Francisco Cardoso – Ricardo Ferreira</i>	157
Efeito da Velocidade de Soldagem e Anisotropia no Cálculo de Tensões Residuais em Chapas Soldadas pelo Processo GMAW <i>Catarina Mendes – Francisco Cardoso – Ricardo Ferreira</i>	163

13 anos da Coordenação de Pós-graduação POLI-UPE

Title: 13 years of POLI-UPE Undergraduate Coordination

Alexandre Magno Andrade Maciel
Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
amam@ecomp.poli.br

Luis Arturo Gómez Malagón
Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
lagomezma@poli.br

Alexandre Duarte Gusmão
Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
gusmao.alex@ig.com.br

A Coordenação de Pós-Graduação (CPG) da Escola Politécnica de Pernambuco está cumprindo 13 anos de atuação em 2016. Após uma árdua jornada de trabalho de muitos professores, alunos e funcionários, estamos recolhendo os frutos de uma Coordenação de Pós-Graduação mais madura e com visão de futuro.

Foi assim que, perante os desafios tecnológicos do século XXI e a necessidade de formação de recursos humanos comprometidos com a sociedade, os professores Béda Barbokébas Jr. e Alexandre Gusmão iniciaram as atividades da CPG em 2002. Ao longo deste tempo foram lançados vários cursos de especialização nas áreas das engenharias, e consolidados outros cursos como Engenharia de Segurança do Trabalho que vem sendo ofertado desde 1985.

A estrutura organizacional da CPG conta com a coordenação setorial com as gerências de pós-graduação (*lato sensu*) e de pesquisa. No decorrer destes anos tempo, vários coordenadores setoriais e gerentes de pós-graduação e pesquisa atuaram na CPG. Os professores Alexandre Gusmão (2003-2010), Alberto Casado (2011-2012), Arnaldo Cardim (2013), Carmelo Bastos (2014) e Luis Arturo Malagón (2015-2016) desempenharam o papel de coordenador setorial, direcionando os rumos da pós-graduação e da pesquisa da POLI, enquanto os professores Alberto Casado (2010-2011), Emilia Rabbanni (2011), Daniel Cunha (2012), Yeda Povoas (2013), Luis Arturo Malagón (2014) e Alexandre Maciel (2015-2016) atuaram de maneira a fazer dos cursos de especialização da POLI os mais respeitados no Norte/Nordeste. Cabe ressaltar o papel fundamental dos professores Carmelo Bastos (2007-2014) e Sérgio Campello (2015) e Diego Rativa (2016) na gerência de pesquisa atuando no fortalecimento dos programas de mestrado e de iniciação científica da Escola. Este grupo de professores junto com o apoio técnico de Neusa Galindo e Rita de Cassia fazem parte do sucesso da CPG. A experiência acumulada ao longo destes anos, acompanhando as tendências do mercado local, associada as políticas estruturadoras do país, fizeram da CPG uma pioneira na formação de recursos humanos qualificados para o mercado.

Hoje, passados treze anos, a CPG conta com um portfólio de mais de 20 cursos de especialização fruto dos esforços dos professores da POLI bem como da administração da escola em viabilizá-los. Nossos cursos contam com uma infraestrutura diferenciada com salas de aula equipadas e climatizadas para oferecer à sociedade as melhores condições no processo de ensino aprendizagem.

Acreditamos que muito foi feito, mas muito ainda está por vir. Muitos investimentos têm sido realizados a fim de atingirmos a excelência nos cursos ofertados.

Parabéns, muito sucesso e vida longa à CPG

Um forte abraço,

Corpo Editorial da Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada (REPA).



Alexandre Maciel, doutor em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Pernambuco (2012), bolsista de Produtividade Desen. Tec. e Extensão Inovadora do CNPq - Nível 2, atualmente é professor adjunto da Universidade de Pernambuco, membro permanente do Mestrado em Engenharia da Computação, Gerente da divisão de Pós-graduação da Escola Politécnica e membro da Câmara de Pós-graduação e Pesquisa da Universidade de Pernambuco.



Luis Arturo Gómez Malagón, doutor em Física pela Universidade Federal de Pernambuco (2008), atualmente é professor associado do curso de graduação em Engenharia de Controle e Automação da Universidade de Pernambuco, membro permanente dos cursos de mestrado em Tecnologia da Energia em Engenharia de Sistemas, e coordenador setorial de Pós-Graduação e Pesquisa da Escola Politécnica de Pernambuco.



Alexandre Gusmão, doutor em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1999), atualmente é professor associado do curso de Engenharia Civil da Universidade de Pernambuco, vice-diretor da Escola Politécnica, membro do Conselho Diretor da Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. Tem atuado principalmente nos seguintes temas: resíduos de construção, fundações, estacas, interação solo-estrutura e melhoria de solos.

Análise de Fluxo de Carga e Energia Gerada no Sistema Isolado da Ilha de Fernando de Noronha

Title: Load Flow analysis and energy generated in the isolated system of Fernando de Noronha Island

Guilherme Bruno Napoleão

Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
guilherme.napoleao@gmail.com

Alcides Codeceira Neto

Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
acodeceiraneto@gmail.com

Resumo

Este trabalho tem por objetivo apresentar as mudanças no fornecimento de energia pela CELPE na ilha de Fernando de Noronha, com a inclusão de duas plantas de energia fotovoltaica. Com um período de avaliação de 24 meses, foram utilizadas as medições de energia gerada pelas plantas de energia renovável, o consumo de toda a Ilha de Fernando de Noronha, antes e depois da entrada das novas usinas, e o carregamento por circuito de distribuição da rede CELPE. Também foram coletados dados de consumo de óleo da Usina Tubarão e energia gerada no sistema isolado da ilha e no período que antecede a instalação das duas plantas solares e comparado com o período pós instalação. Para o estudo de fluxo de carga do sistema elétrico, foi utilizado o software Interplan que possibilita o estudo do nível de tensão e carregamento por circuito analisando as melhorias proporcionadas pela geração fotovoltaica (GV), e comparando a possibilidade de máxima de geração com a situação atual. Os resultados mostram o potencial para instalação de fontes de Geração Distribuída bem como as melhorias para o sistema elétrico e ambiental que as mesmas proporcionam.

Palavras-Chave: *Energia Fotovoltaica. Usina Tubarão. Energias Renováveis. Fernando de Noronha. Energia Solar. Fluxo de Carga*

Abstract

The technical paper presents the effect of energy supply in Fernando de Noronha Island when connecting two photovoltaic solar plants to the electric power distribution system. The two photovoltaic solar plants were introduced by CELPE, the local utility. An analysis considering the inclusion of the two photovoltaic solar plants to the distribution grid has been carried out and compared to the former one. The results show the potential of connecting renewable energy sources as photovoltaic solar plants to the distribution grid, considering improvements to the electric power system and also the environmental aspects they provide.

Keywords: *Photovoltaic Energy. Tubarão Power Plant. Renewable Energy. Fernando de Noronha. Solar Energy. Load Flow*

1 Introdução e Objetivos

O aumento do consumo energético no mundo proporcionou um consumo exacerbado das diversas fontes disponíveis. No entanto, a maioria das fontes utilizadas é de origem não renovável (petróleo, carvão, etc.) o que tem resultado em uma degradação do meio ambiente de uma forma quase irreversível. Dentre as fontes de energia alternativa, a energia solar é uma das que recebe destaque. Utilizando uma fonte inesgotável, o Sol, a energia solar pode ser aproveitada pela absorção térmica ou pelo efeito fotovoltaico. Em 2014, segundo estudo da EPIA (*European Photovoltaic Industry Association*), a potência instalada com geração através da energia solar fotovoltaica chegou a 178GW, sendo que é estimado, para os próximos 5 anos, uma capacidade total instalada de 450GW.

No Brasil, a primeira Usina Solar instalada em escala comercial está localizada em Tauá, no estado do Ceará, e produz energia para abastecer 650 casas populares. A maior de todas as Usinas Solar do Brasil está localizada na cidade de Tubarão, Santa Catarina. Em operação desde Agosto de 2014, esta planta fotovoltaica conta com uma capacidade máxima de 3MWp e pode abastecer até 2,5 mil casas por ano. Apesar da pequena quantidade de usinas instaladas, o país começou a avançar na instalação de energias alternativas quando a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) iniciou os estudos para regulamentar as normas técnicas necessárias para instalação dos Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes em 2002. A evolução das normatizações culminou com a publicação da Resolução Normativa nº482, de 17 de Abril de 2012, que regulamenta a geração distribuída de forma micro (até 100kW) e mini (100kW até 1MW). Em 24/11/2015, esta norma sofreu uma modificação com a inclusão de regras que permitem a expansão destes sistemas e passaram a ser válidas a partir de 1º de Março de 2016. Agora, passa a se considerar como microgeradoras as centrais geradoras que apresentem potência instalada até 75kW. A mini geração passará então a englobar a potência entre 75kW até 5MW.

Para Lopes et al. (2014), uma das vantagens do sistema de geração distribuída, cogeração com uso de qualquer fonte renovável de potência limitada, é a sua conexão em paralelo com a rede de distribuição do sistema convencional de fornecimento. Isto permite ao cliente consumir a energia gerada pelo seu sistema próprio de energia renovável e da concessionária quando necessário. No entanto, algumas dificuldades têm se apresentado para a ampliação dos sistemas de geração distribuída. Uma delas está na falta de conhecimento sobre o desempenho do mesmo ao longo dos anos. Segundo Nascimento & Ruther (2014), os módulos fotovoltaicos (FV) apresentam garantias entre 20 e 30 anos e os principais fatores utiliza-

dos em uma simulação do desempenho de um gerador solar a longo prazo são: degradação do módulo FV, indisponibilidade do gerador, inversor e sua vida útil, temperatura de operação, manutenção dos módulos evitando o acúmulo de sujeira e o posicionamento que garanta a máxima distribuição dos raios solares.

Segundo Roberto Schaeffer, professor do Programa de Planejamento estratégico da Coppe e coordenador de um dos capítulos sobre energias renováveis do IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), o Brasil surge como uma mostra de um futuro não muito distante, devido à sua matriz baseada na hidroeletricidade, à crescente participação da energia eólica e aos poucos da energia solar e à possibilidade de uso do etanol como combustível, entre outras avaliações.

Este artigo tem por objetivo realizar estudo sobre o comportamento elétrico do sistema isolado da ilha de Fernando de Noronha antes e depois da conexão das usinas fotovoltaicas, incluindo análise do consumo de óleo diesel da usina termelétrica.

Área de enorme preservação ambiental, a ilha de Fernando de Noronha se torna um ponto excelente para a instalação de plantas de energias renováveis, as quais, segundo o Relatório Especial sobre Fontes Renováveis de Energia e Mitigação Climática divulgado pelo painel da ONU, IPCC, chegarão a suprir 80% da energia do planeta em 2050.

2 Sistema de Abastecimento de Energia Elétrica em Fernando de Noronha

O Arquipélago de Fernando de Noronha, pertencente ao estado de Pernambuco, ocupa uma área total de 26km², sendo 17km² na principal ilha, chamada de Fernando de Noronha também, distante 545km da costa pernambucana e com uma população estimada de 2930 habitantes segundo dados do censo IBGE. A rede elétrica da Ilha de Fernando de Noronha é eletricamente isolada do continente e conseqüentemente de todo o Sistema Interligado Nacional (SIN). Sua alimentação é realizada por uma usina termelétrica a diesel alimentando a SE Fernando de Noronha (FEN) e distribuindo energia aos consumidores por três alimentadores de distribuição em 13,8kV, sendo o alimentador 01F1 de 5,18km, o 01F2 de 4,809km e o 01F3 de 4,227km, dispostos conforme mostrado na Figura 1.

A geração de energia elétrica no Arquipélago é realizada pela usina termelétrica, chamada de Usina Tubarão, tem capacidade de geração instalada de 4,372MW + 1,12MW, com um total de 5 geradores (4 em operação e um em reserva fria), e consome anualmente 4,15mi de

litros de óleo. A geração de energia pela Usina Tubarão é realizada em 380V e por meio de transformadores elevadores, convertida para 13,8kV, padrão da rede de distribuição no estado de Pernambuco.

A energia gerada na Ilha de Fernando de Noronha nos anos de 2013 e 2014 ultrapassou 16GWh, totalizando um consumo de óleo diesel superior a 4,5 milhões de litros. Esse fornecimento de energia é realizado por 4 geradores em sistema de rodízio a cada 8 horas e um quinto gerador permanece em esquema de reserva fria.

Visando promover a eficiência energética, duas plantas de energia solar foram instaladas na Ilha. A Usina Solar Noronha I, com capacidade de geração de 402,78kWp, e a Usina Solar Noronha II, com capacidade de 550,8kWp, que estão conectadas ao sistema isolado e juntas produzem aproximadamente 10% de toda a energia gerada na Ilha.

A carga máxima mensal na Ilha não ultrapassa 2,7MW, sendo o mês de Dezembro o responsável pelo maior carregamento do ano. O alimentador 01F1 apresenta o maior carregamento, cerca de 1,5MW.

Técnica e financeira em um prazo não muito longo. No lado financeiro, os ganhos ainda poderão ser maiores com uma maior oferta no número de fornecedores de equipa-

mentos e com o domínio da tecnologia, enquanto os ganhos para o meio ambiente são incontestáveis (LOPES et al., 2014).

O custo com operação e manutenção destas usinas é cerca de R\$216.000,00 (duzentos e dezesseis mil reais)/ano, equivalente a 2% do investimento. Avaliando a viabilidade econômica do projeto, as usinas fotovoltaicas de Fernando de Noronha apresentam um retorno financeiro no seu sétimo ano de operação, mostrando a sua viabilidade.

2.1 Usina Solar Noronha I

No ano de 2011, a CELPE iniciou um projeto piloto através do seu Programa de Eficiência Energética para instalação de uma usina solar em Fernando de Noronha. Em Junho/2014 entrou em operação a Usina Solar Noronha I, com capacidade de geração de 402,78kWp, o equivalente a 4,2% de toda a energia consumida na Ilha. A área total ocupada é 4467m² e sua capacidade instalada a enquadra na resolução 414/2010 da ANEEL como uma minigeradora.

A Usina Solar Noronha I está conectada ao alimentador 01F1 da subestação Fernando de Noronha (FEN) e apresenta 1644 painéis de silício policristalino em sua conexão, ocupando uma área de 5000m².



Figura 1 : Disposição Alimentadores SE Fernando de Noronha

Desde sua entrada em operação, Noronha I foi responsável por gerar mais de 637MW. Conforme mostra o gráfico abaixo, sua geração máxima desde a sua instalação, em Junho de 2014, até o final do ano de 2015, foi de 312,08kWh no mês de agosto de 2014. No ano de 2015, o mês de Janeiro apresentou a maior geração de energia da Usina Fotovoltaica.

2.2 Usina Solar Noronha II

Em Junho/2015 entrou em operação a segunda usina solar da Ilha de Fernando de Noronha. Com 1836 módulos de silício policristalino de 300Wp, 18 inversores fotovoltaicos e sistema supervisorio, é capaz de gerar até 5,4% da energia de toda a Ilha.

A Usina Solar Noronha II foi construída através do Programa de Eficiência Energética da CELPE em parceria com o governo de estado de Pernambuco e cooperação com uma empresa privada alemã.

A Usina Solar Noronha II está conectada ao alimentador 01F3 da subestação de Fernando de Noronha e ocupa uma área de cerca de 8000m². Em pouco mais de 6 meses, a planta fotovoltaica foi capaz de gerar 241MW, contribuindo para a economia na queima de óleo diesel pela Usina Tubarão. O mês de Novembro/2015 foi o de maior geração horária com pico de 390kWh.

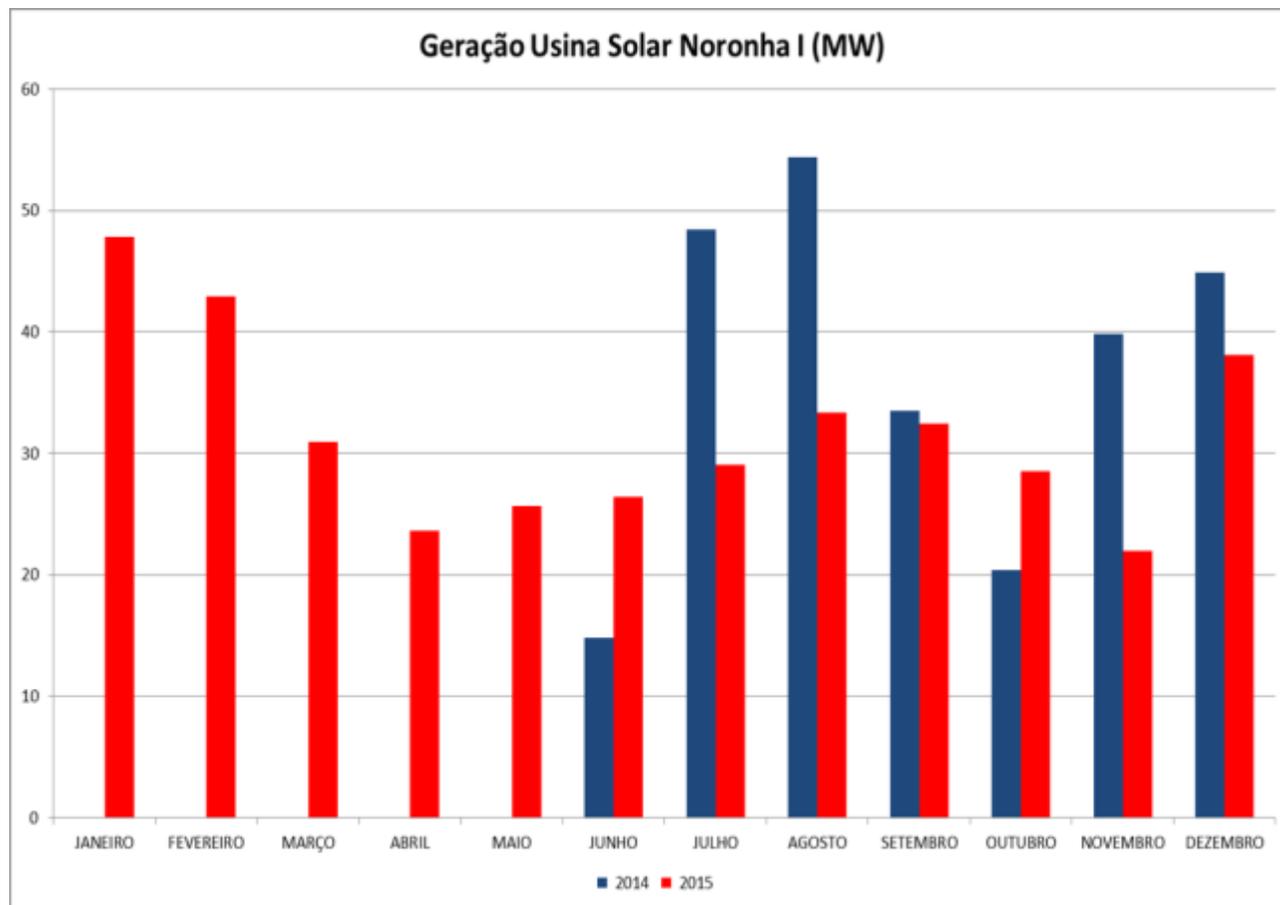


Figure 2: Potência gerada pela Usina Solar Noronha I

3 Estudo de Fluxo de Carga

Este ponto busca mostrar a influência das usinas solares no sistema de distribuição em 13,8kV na Ilha de Fernando de Noronha. A Usina Solar Noronha I está conectada ao alimentador 01F1/FEN enquanto a Usina Solar Noronha II está conectada ao 01F3/FEN.

3.1 Rede Elétrica de Distribuição

A Ilha de Fernando de Noronha apresenta uma rede elétrica com um nível de tensão máximo de 13,8kV. Da subestação Fernando de Noronha, três alimentadores distribuem a energia elétrica gerada pela Usina Tubarão e pelas usinas fotovoltaicas, sendo cada circuito monitorado por três diferentes religadores que protegem a rede de eventuais curto circuitos. Distribuídos ao longo dos três

alimentadores, os 907 consumidores são diretamente atendidos em média ou baixa tensão, de forma trifásica ou monofásica. A extensão da rede chega a mais de 14km, quando somamos os três circuitos, e neles estão os transformadores que conectam os clientes diretamente, os dispositivos de seccionamento de rede como chaves fusível e seccionalizadores.

3.2 Modelagem Computacional

O estudo de fluxo de carga na rede de Fernando de Noronha está baseado na modelagem da rede elétrica do sistema de distribuição da rede CELPE. O software utilizado foi o Interplan, resultado de um P&D desenvolvido da CELPE, que baseia sua modelagem na demanda por patamares de carga da distribuidora, nos níveis de carregamento do circuito e nos circuitos e equipamentos da rede elétrica.

Para distribuição da demanda de carga ao longo do alimentador, são utilizados os dados de faturamento de energia mensal e as diversas curvas típicas de carga de acordo com o perfil de consumo das classes de consumidores, podendo ser eles industriais, comerciais, rural e residencial. A modelagem da carga passa pela quantidade de consumidores conectados em cada transformador da rede de distribuição, o consumo médio de cada indivíduo e se os mesmos estão conectados em redes monofásicas ou trifásicas. Complementando a modelagem para o cálculo do fluxo de potência, são determinados os níveis de carregamento e perdas de todos os elementos conectados à rede elétrica (transformadores, chaves, bancos de capacitores, condutores, etc.). Também faz parte da concepção deste estudo, a curva de carga diária e os níveis de tensão nas barras da rede. Um fluxo de potência específico para redes radiais é realizado considerando modelos de carga com corrente, potência e impedância constante.

As potências ativas e reativas das cargas são obtidas a partir da estratificação das curvas de carga por tipos de consumidores e respectivos níveis de consumo.

3.3 Modelagem do Cálculo de Fluxo de Carga

O software Interplan apresenta 3 procedimentos básicos para modelagem do sistema e resolução do problema de fluxo de potência. São eles: dados do barramento da subestação, informações de topologia e do circuito primário (condutores, configuração da rede, etc) e os dados de carga de acordo com cada consumidor, seus tipos de ligação e informações médias de consumo. Com estes três pilares é possível aplicar um método de estudo de fluxo de potência para determinar os parâmetros elétricos de carregamento e a queda de tensão em todos os trechos da rede.

Como em toda análise de fluxo de carga, as barras de

potência são previamente definidas.

- Barra de Referência (V0) - necessita ser única, e aqui está definida pela subestação Fernando de Noronha. Sua tensão será estabilizada para as outras definições ao longo do circuito e seu ângulo de fase igualado a zero.

- Barras de carga (PQ) - serão os consumidores conectados na rede através dos transformadores na rede de distribuição. Cada transformador apresenta uma carga fixa de acordo com a modelagem previamente explicada, e a sua tensão irá variar de acordo com as perdas da rede elétrica.

- Barra de Tensão Controlada (PV) - ponto importante nesta simulação por conta do tratamento para com as Usinas Fotovoltaicas. Por serem fontes de geração e precisarem de estabilidade para sua operação, ambas as usinas serão consideradas como barra de tensão controladas.

3.3.1 Método Backward/Forward Sweep

O estudo foi realizado com base no método Backward/Forward Sweep, que se baseia na técnica de Newton-Raphson. Este método tem a sua importância por considerar uma matriz Jacobiana alterada por conta das redes de distribuição radiais conectadas ao sistema elétrico. Sua base de cálculos é dividida em duas partes: Backward, que realiza os cálculos dos fluxos de potência com as atualizações das tensões, e Forward, que calcula as quedas de tensão com o decorrer das variações das correntes elétricas.

O ponto de partida para convergência do algoritmo é a determinação dos valores de tensão nas barras das subestações e segue para a primeira parte do processo, o Backward. Nele, é realizado o cálculo da soma das correntes a partir da última barra conectada ao circuito até a barra da subestação. Em seguida, um processo no sentido contrário é feito, o Forward. Com as correntes de cada ramal calculada na primeira parte, os novos valores de tensão são calculados em todas as barras de carga a partir da subestação. Assim, tem-se os valores da queda de tensão a cada trecho da rede. Todo este processo é realizado até que o sistema atinja a sua convergência.

3.4 Fluxo de Potência no Alimentador 01F3/FEN

O estudo de fluxo de carga para o alimentador 01F3/FEN, que possui conectado no seu circuito a Usina Solar Noronha II, foi baseado nos critérios definidos acima. Com carga de aproximadamente 1,25MW, o equivalente a 55A, que foi a corrente máxima registrada no período estudado, corrige-se a demanda de carga inicial no circuito e por consequência, ao longo de todo o alimentador. A primeira simulação foi realizada sem a presença da geração fotovoltaica (ver Figura 3) e apresentam

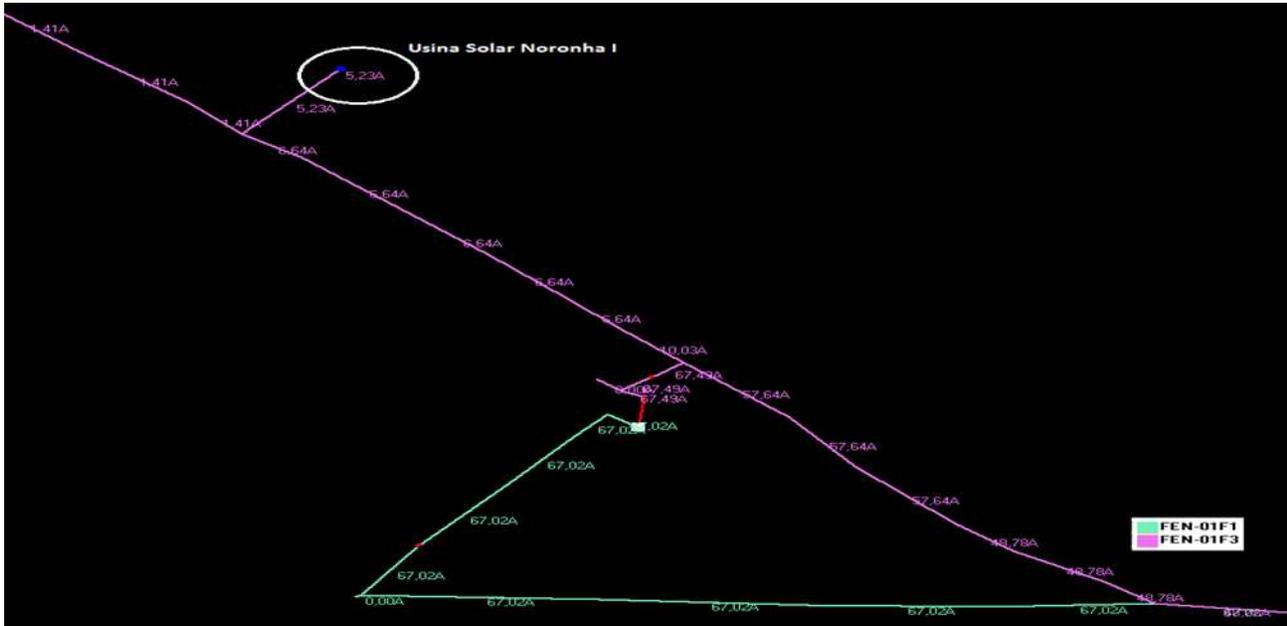


Figure 3: Carregamento dos Alimentadores da SE Fernando de Noronha sem Geração Solar

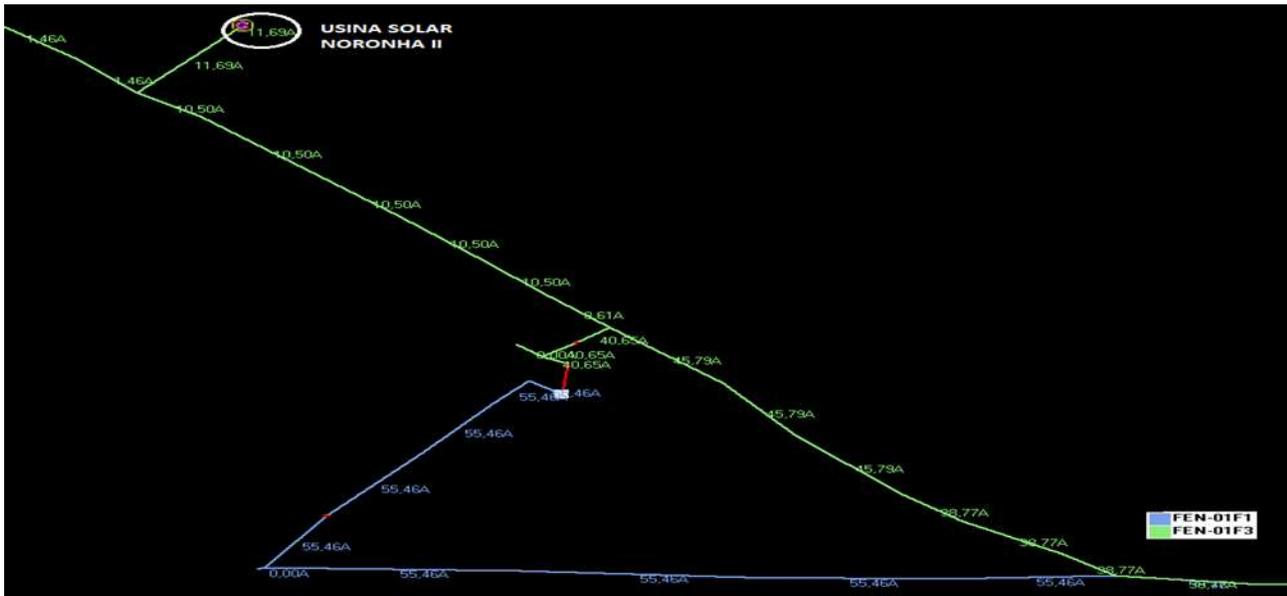


Figure 4: Carregamento dos Alimentadores da SE Fernando de Noronha com Geração Solar

resultados de carregamento nos condutores de saída do alimentador de cerca de 50% da capacidade do circuito. Em seguida, processa-se o fluxo de carga com a presença da Usina Solar Noronha II, com a configuração do alimentador idêntica à simulação anterior, e com a geração máxima de 390kW, conforme registrada. Com esta geração, o carregamento total do alimentador é reduzido em 27% de sua capacidade de condução instalada (ver Figura 4). Isso significa uma diminuição no estresse a que os cabos são submetidos, em temperaturas elevadas.

3.5 Fluxo de Potência no Alimentador 01F1/FEN

O estudo de fluxo de potência do alimentador 01F1/FEN apresenta as mesmas bases do anterior, com um carregamento máximo de 67A entre os anos de 2014 e 2015, aproximadamente 1,5MW. Este registro máximo ocorreu em período diurno e foi utilizado como base no estudo, por ser em horário viável para geração através de fonte solar. Primeiramente, a simulação foi realizada sem

a presença da geração fotovoltaica. Após a simulação com a geração de 312kW da Usina Solar Noronha I, a máxima geração medida no período experimental foi realizada, e o carregamento líquido do alimentador foi reduzido para 55,4A, contra 67A medidos inicialmente. Desta forma, a usina fotovoltaica foi capaz de suprir 19,4% da carga de todo o alimentador a plena carga.

3.6 Nível de Tensão

Por se tratarem de circuitos pequenos e possuírem um pequeno carregamento, o nível de tensão ao longos de ambos os alimentadores não apresenta variações significativas.

Para o alimentador 01F3/FEN, onde está conectada a Usina Solar Noronha II muito próxima a subestação, o nível de tensão não apresenta uma variação significativa, permanecendo no mesmo patamar que no momento em que não temos nenhuma geração pela usina fotovoltaica.

No alimentador 01F1/FEN, que apresenta a Usina Solar Noronha I conectada um pouco mais afastada da Usina Tubarão, o nível de tensão apresenta uma melhoria de aproximadamente 60V no ponto de conexão da usina de fonte renovável. Este impacto também não é significativo para uma melhoria no perfil de tensão da rede elétrica, caso houvesse necessidade.

4 Consumo de Óleo Diesel

A Usina Tubarão tem sua energia elétrica gerada através da queima de um combustível fóssil, o óleo diesel. Por se tratar de um sistema isolado, a usina termelétrica de Fernando de Noronha precisa atender a resolução nº 427 de 2011, que estabelece limites de consumo específico de combustíveis.

A resolução direciona os limites para as usinas beneficiárias da Conta de Consumo de Combustíveis e isso significa que para fins de reembolso do custo total de geração, apenas o valor gasto com combustível fóssil considerando o “preço de referência” será considerado pela ELETROBRAS.

Para as usinas que utilizam o óleo diesel como matéria prima é considerado o valor de compra pelos postos de combustíveis. Com essas restrições e a preocupação ambiental da Ilha de Fernando de Noronha, a Usina Tubarão já operava no limite de suas condições de otimização do sistema.

Mesmo assim, o combustível utilizado no processo de geração de energia é lançado na atmosfera causando a degradação do meio ambiente. No ano de 2013, o consumo de óleo diesel para geração de energia elétrica superou a marca de 4,5 milhões de litros, conforme a Tabela 1. A situação se repetiu em 2014, ano em que foi conec-

tada a primeira usina solar em Fernando de Noronha. Com a entrada da segunda usina solar no ano seguinte, passou-se a verificar as melhorias no sistema isolado que impactaram diretamente no meio ambiente.

Consumo (mil litros)	2013	2014	2015	Varição
JAN	403,28	425,32	405,74	
FEV	345,41	383,10	370,36	
MAR	391,48	423,91	370,44	
ABR	388,35	393,26	370,44	
MAI	374,16	396,16	381,78	
JUN	347,67	379,74	349,39	
JUL	358,98	377,02	354,30	
AGO	369,04	341,31	342,15	
SET	362,53	343,97	353,48	
OUT	395,14	354,48	382,89	
NOV	399,99	359,53	358,73	
DEZ	418,68	392,17	323,45	
TOTAL	4554,71	4569,96	4363,16	

Tabela 1 – Consumo de óleo diesel na Usina Tubarão

Quando comparou-se o ano de 2015 com o de 2013, último ciclo completo sem a presença de outro tipo de geração que não a térmica, obteve-se uma redução de 191 mil litros de óleo e, comparando-se com o ano de 2014, quando se tinha apenas uma usina em operação, e a carga solicitada na Ilha era maior e comparável com 2015, a redução chegou a 206 mil litros.

O impacto mais significativo pode ser sentido no mês de dezembro. Historicamente, este é o mês de maior carregamento na Ilha, por conta dos feriados de Natal e Ano Novo, que atraem uma quantidade ainda maior de turistas. Entre os anos de 2013 e 2015, uma redução de mais de 95 mil litros de óleo diesel foi registrada, sendo que entre 2014 e 2015 a redução foi de 18%.

5 Conclusões

Com o presente trabalho, conclui-se que a instalação das usinas fotovoltaicas resultou em uma economia de óleo diesel na Ilha de Fernando de Noronha e melhoria na distribuição de fluxo de carga da rede de distribuição.

A não queima de todo o combustível economizado com esta nova configuração de geração, propicia que toneladas de gases não sejam expelidos para a natureza, ocasionando a sua degradação.

Além das melhorias proporcionadas ao meio ambiente, a geração fotovoltaica permite ao sistema de distribuição uma melhoria na sua configuração, não carregando demais os condutores de saída por conta da distribuição no seu sistema de geração.

Referências

- [1] LOPES, J. A.; SOARES JR, I. L.; FILHO, J. B. M. Análise de viabilidade econômica da implantação de geração distribuída, utilizando energia solar fotovoltaica na ilha de Fernando de Noronha. In: V Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2014, Recife.
- [2] MENDES, A. L. C.; TOLEDO, M. O.; FILHO, D. O. DINIZ, A. S. A. C. SOUZA, M. E. M. Critérios de pré-seleção para a localização da inserção de geração distribuída solar fotovoltaica com armazenamento de energia no sistema de distribuição de energia elétrica. In: V Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2014, Recife.
- [3] NASCIMENTO, L. R.; RUTHER, R.; A avaliação a longo prazo de um sistema fotovoltaico integrado à edificação urbana e conectado à rede elétrica pública. In: V Congresso Brasileiro de Energia Solar, 2014, Recife. Disponível em: Acesso em: Out. 2014.
- [4] Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, 2013. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRO-DIST. Acessado em Novembro, 2015. <http://aneel.gov.br>.
- [5] IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. *Censo demográfico*, 2010.
- [6] Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, 2012. Resolução Normativa N° 482, de 17 de Abril de 2012.

Plataforma colaborativa para auxílio na identificação de casos suspeitos de doenças da Tríplice epidemia e focos do mosquito *Aedes Aegypti*

*Title: Collaborative platform to aid in the identification of suspected cases of diseases of the triple epidemic and outbreaks of the *Aedes Aegypti* mosquito*

André Luiz Ximenes Gonçalves da Luz
Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
andreluizximenes@gmail.com

Danilo Ricardo Barbosa de Araújo
Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
danilo.araujo@ufrpe.br

Resumo *Dentre as tecnologias aplicadas à vigilância em saúde, o mapeamento de epidemias se destaca pela importância de detectar possíveis pontos de surtos de uma determinada doença e com isso possibilitar uma alocação de recursos mais eficiente para aquela localidade. Neste sentido, a proposta deste trabalho é o desenvolvimento de uma plataforma Web que possa detectar casos suspeitos de doenças da Tríplice Epidemia e possíveis focos de proliferação do mosquito *Aedes Aegypti*. Com estas informações poderá ser feita uma relação entre a quantidades de casos relatados e os possíveis focos situados em uma determinada localidade, indicando áreas que necessitem de uma atenção especial por parte dos órgãos responsáveis e da sociedade em geral. Para tanto, desenvolveu-se o PortalVCS com o uso de conceitos como o design responsivo e tecnologias como Web Services, JavaScript e Firebase. O sistema foi avaliado por 32 usuários em potencial e as opiniões sobre o sistema foram positivas, pois segundo 90% usuários eles usariam o sistema novamente. A partir dos testes e das análises realizadas percebeu-se a importância de uma ferramenta colaborativa que seja um aliado no combate ao mosquito e as doenças causadas por ele.*

Palavras-Chave: *Vigilância Colaborativa, Vigilância em Saúde, Tecnologia da Informação e comunicação, Epidemia, Surto, Mapeamento, Dengue, Zika, Chikungunya, Geolocalização*

Abstract *Among the technologies applied to health surveillance, mapping epidemics highlights the importance to detect possible points of outbreaks of some disease and thus enable a more efficient resource allocation for that location. In this sense, the purpose of this work was the development of a Web platform that can detect suspected cases of diseases of the Triple epidemic and possible sources of proliferation of *Aedes Aegypti*. With this information it could be possible to make a link between the amounts of reported cases and possible outbreaks located in a particular locality, indicating areas that require special attention from the responsible agent and society in general. Thus, the PortalVCS was developed with the use of concepts like responsive design and technologies such as Web Services and JavaScript Firebase. The system was evaluated by 32 potential users and their opinions on the system were positive. According to 90% of them, they would use the system again. From the tests and the analyzes we realized the importance of a collaborative tool that works as an ally in the fight against the mosquitoes and the diseases caused by it.*

Keywords: *Collaborative Surveillance, Health Surveillance, Communication and Information Technology, Epidemic, Outbreak, Mapping, Dengue, Zika, Chikungunya, Geolocation*

1 Introdução

Nos últimos vinte anos, os estudos epidemiológicos utilizados na vigilância em saúde adotaram novas metodologias e novas ferramentas graças as mudanças feitas no Regulamento Sanitário Internacional (RSI), cuja versão lançada em 2005 permitiu o uso de fontes não oficiais para detecção precoce de surtos e epidemias. A partir de então, além de considerar as notificações e consultas oficiais, os estudos passaram a contar com o uso de informações disponíveis na mídia em geral e na Internet, a exemplo dos websites, plataformas e ferramentas colaborativas, em geral denominadas de crowdsourcing (GOMES, 2012; LEAL-NETO OB et al, 2016).

Dessa forma, o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) na saúde vem crescendo e se consolidando a cada ano, tendo como objetivo principal: melhorar o fluxo de informações, monitoramento e prestação de serviços através dos meios eletrônicos. Este uso específico das TIC na área da saúde é conhecido como eHealth ou e-Health (VISCONTI, 2015).

Dentre as tecnologias aplicadas à vigilância em saúde, o mapeamento de epidemias se destaca pela importância em detectar possíveis pontos de surtos de uma determinada doença e com isso possibilitar uma alocação de recursos mais eficiente para aquela localidade (VISCONTI, 2015).

De acordo como o boletim epidemiológico (2016) - volume 47 Nº 20 do Ministério da Saúde, o estado registrou um total de 51.527 casos de dengue, 13.285 casos de chikungunya e 367 casos de zika (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2016). Ao analisar o histórico da Tríplice epidemia em Pernambuco é possível perceber que no cenário atual o Estado carece de ações que possam facilitar a detecção de possíveis focos do mosquito bem como aprimorar a atualização dos dados a respeito das pessoas contaminadas em prol do efetivo combate as estas doenças.

Atualmente existem várias plataformas eletrônicas que auxiliam na detecção precoce de surtos e epidemias como também no mapeamento destas doenças infecciosas. Essas plataformas disponibilizam para a população e serviços de saúde dados que proporcionam panoramas epidemiológicos ao redor do mundo.

Entretanto, embora exista esta diversidade de plataformas, não foi possível encontrar ferramentas que fossem capazes de monitorar ao mesmo tempo possíveis casos de doenças e as possíveis fontes de origem das mesmas. Um usuário pode está doente em casa, mas não necessariamente ter sido picado pelo mosquito lá, como também ele pode ter saído de casa para trabalhar, já doente, mas resolveu informar no sistema apenas quando

estava no seu local de trabalho. A possibilidade do usuário ter a liberdade de informar o local onde ficou doente, ou onde viu um foco do mosquito *Aedes Aegypti* (popularmente conhecido como mosquito da dengue) é muito importante pois facilita o registro das informações e garante uma maior precisão da localização da informação.

Esta é, portanto, a proposta deste trabalho: possibilitar uma plataforma que possa detectar casos suspeitos de doenças da Tríplice epidemia e possíveis focos de proliferação do mosquito *Aedes Aegypti*.

Esta ferramenta permitirá que o usuário colabore informando como está se sentindo no momento, e onde é possível encontrar possíveis focos de proliferação do mosquito. Com estas informações poderá ser feita uma relação entre a quantidades de casos relatados e os possíveis focos situados em uma determinada localidade. Esta relação pode indicar áreas que necessitem de uma atenção especial por parte dos órgãos responsáveis e da sociedade em geral.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma: a Seção 2, denominada Trabalhos Relacionados, apresenta um breve histórico sobre os trabalhos que estão relacionados ao uso da tecnologia da informação e vigilância colaborativa para a detecção de epidemias. A Seção 3 engloba o referencial teórico e elenca as técnicas e tecnologias geralmente utilizadas no desenvolvimento de aplicações Web. A Seção 4 explica a metodologia utilizada no desenvolvimento de todas as etapas deste trabalho. A Seção 5 descreve a proposta do sistema, inclui uma explicação de todos os casos de uso dele e fala como e onde as tecnologias foram utilizadas no desenvolvimento do sistema. A Seção 6 mostra os resultados obtidos durante o período que de coleta de informações e por fim, na Seção 7 são feitas as considerações finais sobre todo o trabalho.

2 Trabalhos Relacionados

Dentre as plataformas identificadas no decorrer da elaboração deste projeto, foram selecionadas aquelas que estão diretamente relacionadas ao uso da tecnologia da informação e da vigilância colaborativa para a detecção de epidemias e que, conseqüentemente, serviram como base para o desenvolvimento da plataforma que será aqui proposta. Dessa forma, estão elencadas as seguintes plataformas: Promed, GPHIN, HealthMap, Observatório da Dengue, InfluenzaNet, Flu Near You, Dengue na Web e Guardiões da Saúde.

Em 1996, Morse SS, Rosenberg BH e Woodall J desenvolveram o ProMed, ferramenta que investigam a Web, coleta e reúne dados e dissemina de forma global informações sobre surto de doenças contagiosas através

de um sistema automatizado de processamento de texto.

Já em 1997 foi desenvolvido o GPHIN, plataforma hoje mantida pelo governo canadense. Neste caso, o sistema coleta de forma contínua e sistemática por meio de palavras e frases-chaves dados da internet em sete idiomas (inglês, francês, espanhol, russo, árabe, chinês simplificado e tradicional). As informações são automaticamente separadas por relevância e analisadas por funcionários da agência canadense, após isso são disponibilizadas para os usuários.

Em 2008, após tentativas frustradas de obter dados em sites governamentais, Brownstein e Clark Freifeld criaram o HealthMap3. Uma plataforma que semelhante ao ProMed investiga a Internet procurando por relatos de doenças em sites, blogs, redes sociais, portais de notícias e documentos oficiais da Organização Mundial da Saúde (OMS). Essas informações são reunidas e disponibilizadas numa visão mais abrangente e unificada através de marcadores em um mapa. É possível assim acessar as fontes originais e também consumir as informações ali reunidas. O HealthMap visa atender em especial interesses de pessoas que trabalham com saúde pública e viajantes internacionais.

Em 2011, Barros et al desenvolveu o projeto Observatório da Dengue, o qual tinha como o objetivo o monitoramento de focos do mosquito transmissor desta doença. Este projeto funcionava em duas plataformas: a mobile (Android) e a Web. Os agentes de endemias da cidade utilizavam o aplicativo em um dispositivo mobile em suas visitas nas residências, pois o mesmo possuía um questionário onde era preenchido pelo próprio agente. O aplicativo tinha acesso a geolocalização atual do agente e incluía nos dados e eles eram submetidos para o servidor. Na Web os dados poderiam ser visualizados no mapa, onde cada visita aparecia usando a geolocalização capturada durante o preenchimento do questionário.

O InfluenzaNet é um sistema de monitoramento de casos de gripe do tipo (ILI) com a ajuda de voluntários através da internet. Teve seu início na Holanda e Bélgica em 2003 e devido ao seu sucesso foi expandida para outros países como Portugal (2005) e Itália (2008). Ao contrário do sistema tradicional de monitoramento de dengue, que é feito através de casos confirmados por médicos, o InfluenzaNet obtém seus dados diretamente da população, através de um questionário online. Qualquer residente de um país onde o InfluenzaNet está em funcionamento pode contribuir. Esses dados são analisados e processados e a partir daí é possível extrair informações cruciais que ajudam a combater possíveis surtos da gripe em uma determinada região.

O Flu Near You foi criado em 2011 nos Estados Unidos por epidemiologistas de Harvard, Boston Children's Hospital e o The Skoll Global Threats Fund. Tem

ideia semelhante ao InfluenzaNet, no qual todos os dados obtidos para análise é proveniente de voluntários que preenchem um questionário online que é disponibilizado pela plataforma.

No Brasil, o projeto Dengue na Web surgiu no ano de 2011. Foi desenvolvido por um grupo de estudantes da UFBA (Universidade Federal da Bahia) e colaboração de pesquisadores do Instituto Gulbenkian de Ciência (IGC) de Portugal. Seu principal objetivo é coletar informações relacionadas aos sintomas da dengue com o intuito de identificar onde pode estar ocorrendo casos da doença na cidade de Salvador e com isso auxiliar o sistema de vigilância epidemiológica no combate a esta doença na capital da Bahia. Os dados são coletados através de um questionário disponível no seu website.

Em Pernambuco, a plataforma Guardiões da Saúde foi desenvolvida pela startup pernambucana Epitrack em parceria com o Ministério da Saúde e a Secretaria de Saúde das Sedes dos Jogos Olímpicos. Surgiu a partir do aperfeiçoamento de outra aplicação nomeada "Saúde na Copa" e que foi usada como teste no período da Copa do Mundo de 2014 no Brasil. Esta aplicação teste teve mais de 10 mil downloads e mais de 5 mil pessoas que utilizaram mais de uma vez. Através dos dados obtidos nesse período foi possível identificar vários conglomerados de doenças. Nesse sentido, o objetivo do Guardiões da Saúde foi conseguir identificar surtos da forma mais rápida possível, onde mesmo que o usuário não procure o sistema de saúde, seja possível identificar e se antecipar a possíveis epidemias ou surtos de doenças. O aplicativo tem uma versão mobile compatível com os sistemas Android e IOS, mas também tem uma versão Web que é possível acessar de qualquer navegador.

3 Referencial Teórico

Nesta seção será falado um pouco sobre todos os conceitos de desenvolvimento Web e tecnologias utilizadas no desenvolvimento do trabalho proposto.

3.1 Sistemas Web

De modo geral, os sistemas Web são todos os sistemas projetados para serem utilizados em um navegador, como o Internet Explorer, Google Chrome, Mozilla Firefox, etc. Ficam hospedados em algum servidor de aplicações Web e pode ser acessada através de algum endereço (DE CASTRO).

Para o desenvolvimento de um sistema Web, quase sempre é utilizado padrões de desenvolvimento e linguagens, dentre as mais comuns estão: HTML (HyperText Markup Language), CSS (Cascade Style Sheet), JavaScript, PHP, Java, dentre outras. É comum dividir um sistema Web em duas partes: client-side (lado do cliente)

e server-side (lado do servidor).

O cliente-side é a parte da aplicação responsável pela apresentação, interação com usuário e coleta dos dados. Nessa parte do sistema é utilizado padrões de desenvolvimento e linguagens como: HTML, CSS, JavaScript.

O server-side é responsável pela disponibilização de dados utilizados para a geração das páginas Web, é possível criar páginas dinâmicas on the fly para uma melhor experiência de uso. Também é onde todas as informações originadas no client-side são processadas, tratadas e armazenadas. Aqui geralmente são utilizadas linguagens como: PHP, Java, .Net, Python, JavaScript. É no server-side também que fica o banco de dados, onde serão armazenadas todas as informações.

Normalmente a comunicação entre o client-side e server-side é feita usando o protocolo HTTP (Hypertext Transfer Protocol), um protocolo baseado em requisições e respostas que possui uma série de métodos (GET, POST, PUT, DELETE). Para entender melhor, quando se acessa um site de notícias e clica-se no link “esportes”, o navegador, envia uma requisição HTTP para o servidor, este por sua vez recebe a requisição, processa e envia uma resposta que no caso é o conteúdo HTML da sessão de esportes do portal de notícias. Como resultado o usuário verá a página com as notícias sobre esportes. Toda resposta HTTP possui um cabeçalho e nele sempre vem o código de resposta que também é conhecido como status, no exemplo acima o status seria o 200, que significa que a requisição foi concluída com sucesso (DAL MORO, 2011).

3.2 Sistemas Web Responsivos

Com o surgimento dos dispositivos móveis como tablets e smartphones, veio também a necessidade de um novo padrão de design para atender os diferentes tamanhos de telas e suas resoluções. A ideia é de que ao invés de criar dois projetos de interface com o usuário separados, um para dispositivos móveis e outro para dispositivos convencionais, cria-se apenas um projeto de interface que vai se adaptar a qualquer tipo de dispositivo de forma dinâmica (BATURAY, 2013).

Aplicações responsivas são possíveis graças a evolução nas técnicas de Web Design, o uso de técnicas de design adaptativo, design fluido e técnicas de estruturação HTML e CSS. Como resultado o mesmo site se adapta a qualquer tela e resolução, uma imagem pode ser redimensionada dependendo do tamanho da tela que o usuário está acessando e com isso ele terá uma melhor experiência no uso do site. A Figura 1 mostra a ideia do design responsivo (BATURAY, 2013).



Figura 1: Uma mesma página em 3 dispositivos diferentes.

3.3 Web Services

De acordo com Hansen et. al. (Hansen et. al. 2002, Kreger 2001), Web Services são aplicações modulares, que podem ser descritas, publicadas e invocadas sobre uma rede, geralmente Web. Ou seja, é uma interface que descreve uma coleção de operações que são acessíveis pela rede através de mensagens em formato XML padronizadas. Permitem uma integração de serviços de maneira rápida e eficiente

Essa tecnologia permite que sistemas construídos em plataformas diferentes interajam entre si através de uma linguagem universal como o XML e o JSON.

Os Web Services que utilizam o padrão SOAP (Simple Object Access Protocol) trabalham com troca de mensagens XML que tem seu formato definido por um XML schema, seu principal objetivo é estabelecer um padrão para a comunicação de objetos e serviços. Basicamente é constituído de um elemento raiz que é o envelope, o qual identifica o arquivo XML como uma mensagem SOAP. Um elemento Header que possui informações do cabeçalho, um elemento Body responsável pelo conteúdo da mensagem e um elemento Fault responsável por manter informações e status sobre erros. Esse tipo de Web Services possui também o WSDL (Web Service Description Language) que tem como finalidade mostrar ao consumidor do serviço quais informações devem ser enviadas e o que será retornado por ele (DAL MORO, 2011).

Os Web Services REST (Representational State Transfer), ao contrário do SOAP que tinha como objetivo estabelecer um padrão, tem como o objetivo de como utilizar corretamente os métodos do protocolo HTTP (GET, POST, PUT, DELETE, ETC) de forma semântica, ou seja, para busca de informações usar-se o GET, para atualização de informações usar-se o PUT, para salvar informações o POST e para excluir o DELETE. Seguindo esse padrão é possível utilizar uma única URI para manipular um determinado tipo de objeto. Como exemplo um serviço que pode ser definido apenas por uma URL <http://servicoexemplo.com/usuario/123>, basta realizar uma requisição GET para este serviço que terei as infor-

mações sobre o usuário de código 123, caso eu queira excluir é só fazer uma requisição DELETE para o mesmo endereço. Uma das vantagens do REST é que diferente do SOAP, o uso não se restringe apenas ao XML, é possível utilizar também o JSON (DAL MORO, 2011).

Outra característica importante no REST é o HATE-OAS (Hypermedia As The Engine Of Application Status), considerado um dos principais benefícios dessa arquitetura, essa propriedade define que todos os recursos de um Web Service devem possuir links que permitam o cliente saber quais ações são disponíveis a partir do ponto que está.

3.4 Padrão MVC

Model-View-Controller (MVC) é um padrão arquitetural que surgiu originalmente como um artefato idiomático na linguagem Smalltalk (Harrison et al. 2007). Com o seu uso, o sistema é dividido em três camadas: Model, View e Controller. A camada Model mantém as informações relacionadas ao domínio e objetos que implementam as funcionalidades de um sistema de informação.

Na camada View encontram-se os objetos relacionados à apresentação, ou seja, objetos que representam a interface gráfica com o usuário. A camada Controller define a maneira como a interface gráfica (View) deve agir, a partir das informações fornecidas pelo usuário, além de atualizar as informações e o estado dos objetos da camada Model. Assim, a camada Controller atua uma ponte, tendo acesso às classes da camada Model para realizar as tarefas do sistema, como por exemplo, registrar os dados de um cliente fornecidos através da interface gráfica. A realização dessa tarefa ocorre com a camada de interface gráfica com o usuário (View) coletando os dados do usuário e repassando-os para a camada Controller que, com os dados fornecidos, instancia um objeto da classe Cliente e persiste as informações desse objeto no banco de dados (Harrison et al. 2007).

3.5 API

Define-se que uma API (*Application Programming Interface*) ou interface de programação de aplicativos é um conjunto de rotinas e padrões estabelecidos por um software, para acesso a suas funcionalidades, sem a necessidade de envolver-se na implementação de tal.

Como exemplo para melhor entendimento, uma API muito conhecida e utilizada é a API de login do Facebook, a qual permite que aplicativos implementem o login do usuário com a sua conta do Facebook, eliminando assim a burocracia dos formulários de cadastro. A API de login do Facebook, fornece algumas informações públicas do usuário como o seu e-mail, nome, foto e id. Já a do Yahoo oferece clima e tempo, onde é possível obter informações sobre clima de um determinado local.

4 Metodologia

Para o desenvolvimento deste trabalho foi seguido cinco etapas para uma melhor definição da proposta final. Na primeira etapa, foi realizada a revisão da literatura técnica e científica a qual consistiu a buscas por trabalhos que abordassem os conceitos, tecnologias e trabalhos relacionados. A partir dela foi possível criar uma base de entendimento para um melhor refinamento da proposta. A revisão da literatura ficou dividida em duas partes, a primeira, voltada para trabalhos referentes ao problema que seria as epidemias, doenças causadas pelo mosquito da dengue, etc. E a segunda parte voltada para a busca por trabalhos e ferramentas desenvolvidos como uma possível solução para o problema. Nessa etapa também foram consultadas duas médicas do Hospital das Clínicas de Pernambuco, para um melhor entendimento sobre a triplíce epidemia, quais sintomas eram mais característicos, como era feito o trabalho de combate e registro de casos. Também foi consultado um profissional da área de combates a endemias da prefeitura de São Lourenço da Mata, onde pôde-se entender melhor como funcionava o trabalho de busca a possíveis focos do mosquito da dengue. A consulta a esses profissionais foi importante pois a partir disso foi definido, como seriam as telas de registro de sintomas causados pelas doenças, e a tela de registro de focos do mosquito da dengue.

Na segunda etapa foi definida a arquitetura do sistema. Com a ajuda dos trabalhos relacionados, de conceitos de desenvolvimento e do conhecimento das tecnologias aplicadas nesse tipo de sistema, ficou definido que o sistema funcionaria no ambiente Web e usaria conceitos de design responsivo para que pudesse ser utilizado, tanto em dispositivos convencionais, como em dispositivos móveis e faria o uso de uma API REST para a manipulação e armazenamento dos dados.

Na terceira etapa foi feita a implementação do sistema, iniciando por um protótipo navegacional, seguido da implementação e da validação do protótipo. Após a codificação, o sistema foi submetido a testes de usabilidade, e a partir dos resultados obtidos, ele sofreu algumas modificações a fim de melhorar a interação com o usuário.

Na quarta etapa o sistema foi disponibilizado para os usuários utilizarem. Foi divulgado em grupo de amigos, conhecidos e redes sociais. O sistema ficou disponibilizado por sete dias (25 de julho a 05 de agosto de 2016) para a coleta de informações referente a focos do mosquito, diagnósticos e sintomas característicos das doenças.

Na quinta etapa foi realizada a análise dos resultados obtidos, na qual foi observada a quantidade de casos registrados por cidades e estes foram separados por tipos de informações, registros de focos do mosquito da dengue ou casos de sintomas e doenças.

5 Descrição da Plataforma

Com o intuito de apresentar uma plataforma de vigilância participativa em saúde, foi desenvolvido o PortalVCS (Portal de Vigilância Colaborativa em Saúde) para o auxílio no monitoramento e detecção de possíveis surtos de doenças da tríplice epidemia, bem como na detecção de possíveis focos e criadouros do mosquito transmissor da dengue e também auxiliar o sistema de vigilância epidemiológica do estado de Pernambuco. A Figura 2 mostra uma visão geral da arquitetura do PortalVCS.

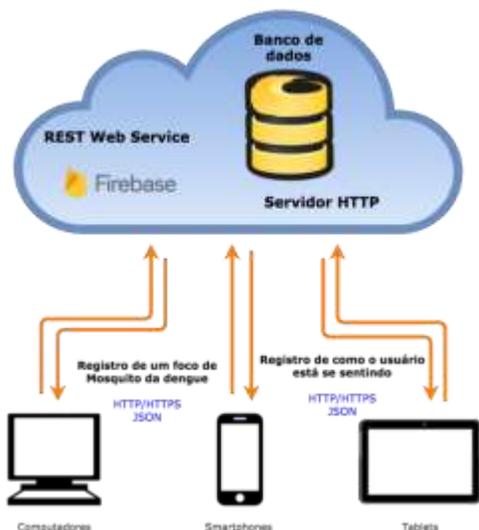


Figura 2: visão geral do PortalVCS.

5.1 Casos de Uso

No PortalVCS o usuário poderá informar como está se sentindo: se está se sentindo bem, ou se ele foi diagnosticado com uma das três doenças causadas pelo mosquito da dengue, bem como se está apresentando alguns dos sintomas característicos dessas doenças. Ele também terá a possibilidade de informar um possível foco de proliferação do mosquito da dengue como entulhos de lixo, casas ou prédios abandonados, etc. A Figura 3 ilustra os casos de uso da aplicação.

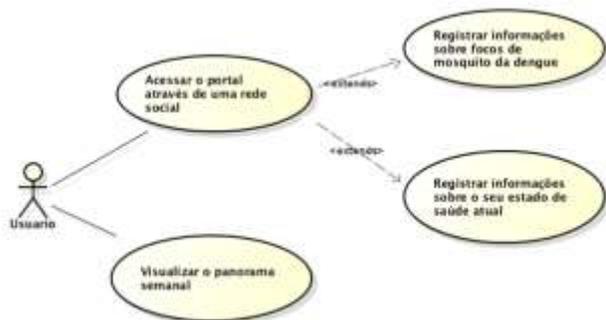


Figura 3: casos de usos da aplicação.

Para usar o PortalVCS o usuário acessará o endereço: <https://portalcolaborativo.firebaseio.com> no navegador de sua preferência, bem como pelo seu smartphone ou tablet, então ele visualizará a página principal, com algumas instruções e dois botões “clique aqui para colaborar” e “visualizar panorama semanal”, conforme apresentado na Figura 4



Figura 4: página inicial do PortalVCS

Após escolher colaborar o usuário deverá efetuar o login com uma rede social de sua preferência, como mostra a Figura 5. O uso das redes sociais no login visa garantir a integridade das informações registradas no PortalVCS.



Figura 5: página de login com redes sociais.

Após o login o usuário é redirecionado para o primeiro passo que é onde ele seleciona o que deseja nos informar, se é como ele está se sentindo ou se é algum possível foco de mosquito da dengue. A Figura 6 mostra a tela na qual ele seleciona o que deseja informar.



Figura 6: página na qual o usuário escolhe o que deseja informar.

Caso o usuário escolha informar “como está se sentindo hoje” ele visualizará a página (Figuras 7, 8 e 9) nas quais ele pode selecionar o que melhor representar sua situação atual de saúde. O mapa mostra sua localização atual, mas também é possível escolher um local diferente, caso ele deseje.

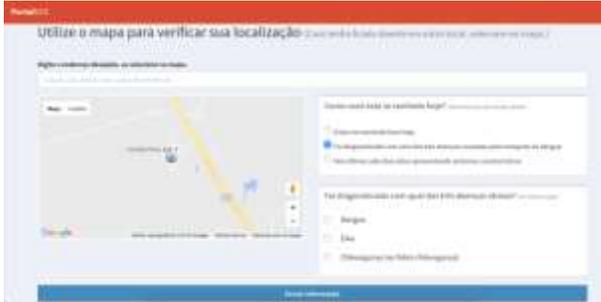


Figura 7: página em que o usuário informa como está se sentindo.

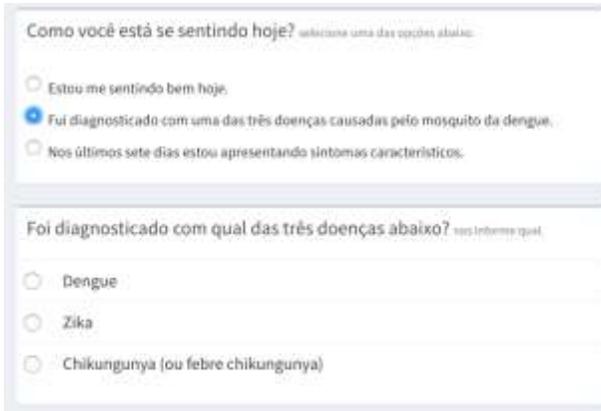


Figura 8: parte da tela que aparece caso o usuário selecione que foi diagnosticado com uma das 3 doenças causadas pelo mosquito.

No primeiro passo da aplicação o usuário também pode escolher informar um possível foco de proliferação de mosquito da dengue (Figura 6). Ao acessar ele irá para a página de registro. Assim como na página anterior (Figura 7) ele também visualizará um mapa onde informa sua localização atual, mas ele poderá informar uma localização diferente, afinal ele deverá marcar no mapa o local exato (ou mais próximo possível do foco que ele encontrou). A liberdade do usuário informar a localização exata do seu registro, também dá margem para que um usuário mal intencionado registre um dado falso, porém essa possibilidade deve ser sempre mantida para garantir a precisão do registro de um usuário que quer de fato colaborar. A tela possuirá também uma área de texto na qual ele pode escrever mais detalhes sobre o foco, caso deseje, como pode ser visto na Figura 10.



Figura 9: parte da tela que aparece caso o usuário selecione que está apresentando alguns sintomas.



Figura 10: tela de registro de focos.

Ao final do registro de quaisquer informações o usuário sempre será redirecionado para a página inicial do PortalVCS (Figura 4), lá ele ainda tem mais uma opção que é o panorama semanal. Nessa opção o usuário informa uma cidade e em seguida ele visualizará no mapa todas as informações registradas naquela semana, verá também indicadores como total de registros, conforme mostra a Figura 11.

Os marcadores laranja com um ícone de alerta indicam focos de mosquito da dengue, marcadores verdes com um ícone feliz indica um registro de uma pessoa que está saudável e os marcadores vermelhos com um ícone triste são de registros que indicam ou algum diagnóstico de doença ou sintomas.



Figura 11: página de panorama semanal.

É possível interagir com o mapa, aumentando o zoom para ver a localização mais exata do marcador, como também é possível clicar nele para obter as informações enviadas pelo usuário. As Figuras 12, 13, 14 mostram como é feita a exibição das informações passadas pelo usuário.

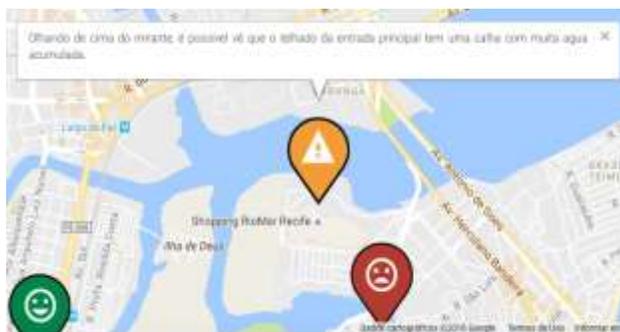


Figura 12: informação passada por um usuário em um registro de foco do mosquito da dengue.

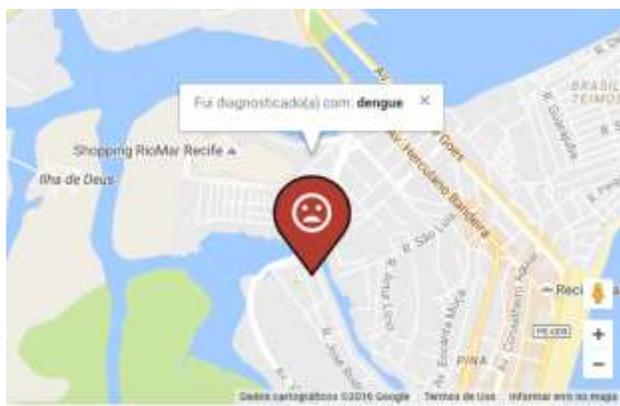


Figura 13: usuário informou que foi diagnosticado com dengue.



Figura 14: nesse registro, o usuário informou que estava apresentando alguns sintomas.

Todos os dados são registrados baseado nas coordenadas obtidas no mapa disponível para o usuário durante o registro da informação. Se o usuário não informar nenhum endereço ou ponto específico no mapa, a aplicação considerará a sua localização atual.

É possível fazer uma comparação entre o PortalVCS e alguns sistemas semelhantes mostrando as principais funcionalidades que eles atendem, conforme Tabela 1, onde uma tabela ajuda a visualizar melhor esta comparação.

SISTEMAS	FUNCIONALIDADES					
	Colaboração direta do usuário	Colaboração Indireta do usuário	Registro de Focos do Mosquito da Dengue	Registro informações sobre sintomas	Disponibilização dos dados para utilização pública	Liberdade de escolha da localização exata da informação Registrada
Guardiões da Saúde	SIM	NÃO	NÃO	SIM	SIM	NÃO
Dengue na Web	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO	NÃO
HealthMap	NÃO	SIM	NÃO	NÃO	SIM	NÃO
Observatório da Dengue	SIM	SIM	SIM	NÃO	NÃO	NÃO
PortalVCS	SIM	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM

Tabela 1: Comparação entre sistemas

5.2 Tecnologias Utilizadas

Desde a concepção do PortalVCS até o seu desenvolvimento foi levado em conta o uso de tecnologias atuais, fácil manutenção, alta produtividade e baixo custo. A Figura 15 ajuda a entender melhor como foi utilizada as tecnologias no desenvolvimento do PortalVCS.

Na arquitetura do projeto, foi utilizado o padrão MVC. Para o estilo e apresentação foi utilizado o *framework* responsivo Bootstrap que é bastante conhecido e utilizado por desenvolvedores *Web*. No *client-side* foi utilizado os três pilares do desenvolvimento *Web*: HTML5, CSS3 e JavaScript, mas para toda a parte de lógica, gerenciamento de navegação entre páginas, comunicação com o servidor, foi utilizado o *framework* JavaScript AngularJS.



Figura 15: arquitetura da aplicação.

O AngularJS é um Framework estrutural para o desenvolvimento de aplicações Web. Foi desenvolvido pela Google com o objetivo de trazer para o lado do cliente ferramentas e funcionalidades que geralmente são utilizadas no nível do servidor. Com isso, espera-se facilitar o desenvolvimento, testes e manutenção dos sistemas. É um arquivo JavaScript, que não precisa ser instalado, apenas importado em sua aplicação (ANGULARJS).

O AngularJS faz o uso de conceitos como Data Binding e injeção de dependências. O Data Binding é uma técnica que se constitui em mudar algo no modelo da aplicação e refletir no DOM essas alterações, sem a necessidade de recarregar a página. Isso significa dizer que é possível alterar apenas uma parte da página ou template, sem ter que recarregá-la completamente, porém essa técnica demanda cuidados e conhecimentos mais avançados que acaba não sendo tão simples de se utilizar. No AngularJS o data binding acontece de forma automática minimizando esse tipo de preocupação. Nele é implementado um tipo de data binding chamado de two-way data binding que consiste em modificar o DOM e refletir nos objetos ou modificar o objeto e espelhar a modificação no DOM.

Injeção de dependência é um conjunto de princípios e padrões que permitem o desenvolvimento de aplicações menos acopladas, através de inclusão de bibliotecas e/ou dependências em um módulo quando este for necessário.

Para a parte de mapas e endereços foi utilizado a API de mapas do Google, mas por meio de uma diretiva AngularJS chamada NG-MAP, que facilita a implementação e o uso de todas as funcionalidades oferecidas pela Google.

No lado do servidor (server-side), foi utilizado um único o Firebase fornecido pela empresa também de mesmo nome. Esta foi fundada em 2011 por Andrew Lee e James Tamplin e em 2014 foi comprada pela Google.

O Firebase é um BaaS (backend as service) que for-

neca vários serviços para facilitar o desenvolvimento de aplicações no lado do servidor. Tem integração a várias plataformas como AngularJS, Node.js, JavaScript, Android e IOS.

O sistema de armazenamento de dados do Firebase é um banco NoSQL realtime que armazena os dados na nuvem e toda a manipulação desses dados é feito por meio de uma API REST, mas que todas as chamadas podem ser feitas através das bibliotecas específicas de cada linguagem.

O Firebase reduz a complexidade e até elimina a necessidade de desenvolver uma aplicação server-side específica. É um serviço pago que possui um plano free com algumas limitações, mas que atendeu perfeitamente todas as necessidades para o desenvolvimento desse trabalho.

6 Resultados Obtidos

Durante os dias 25 de julho de 2016 ao dia 05 de agosto de 2016 o PortalVCS foi liberado para a coleta de dados. Nesse período houve um total de 46 registro de informações em três cidades de Pernambuco que foram Recife, Olinda e São Lourenço da Mata e uma cidade no Ceará que foi a capital Fortaleza.

Dos 46 registros de informações desse período, 22 deles foram referentes a possíveis focos de mosquito da dengue, isso equivale a 47,83% do total, e 52,17% foram de registros onde pessoas informaram como estavam se sentindo. A Figura 16 mostra um gráfico por cidades.

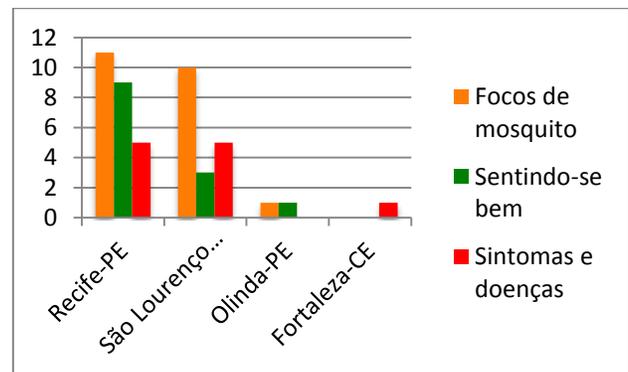


Figura 16: Gráfico com a distribuição dos registros por cidade: Recife com um total de 25 registros, São Lourenço da Mata com 18 registros, Olinda com 2 registros e Fortaleza - CE com 1 registro.

De modo geral os usuários reportaram que acharam a ideia pertinente, a ferramenta útil e de fácil manuseio. Foi observado que na página de registro de focos de mosquito, a área destinada ao usuário escrever mais detalhes, foi muito bem aproveitada, pois os registros continham informações claras que facilitava a detecção do local que ele estava informando, um exemplo disso pode ser observado na Figura 10.

Outro ponto analisado foi que alguns usuários, utilizaram o PortalVCS mais de uma vez. Em virtude dos benefícios oferecidos pela API de mapas do Google é possível interagir de diversas formas com o mapa, sendo possível alcançar um nível de visualização bastante detalhado, como por exemplo, usar as imagens de satélite para tentar localizar o local exato informado por um usuário. O AngularJS se mostrou bastante poderoso e versátil. Com ele foi possível implementar algumas regras de negócio que rodam do lado do cliente sem atrapalhar a performance e experiência de acesso da aplicação.

O Firebase foi importante no desenvolvimento do PortalVCS, pois ele abstraiu totalmente a necessidade do desenvolvimento server-side. Toda parte de armazenamento dos dados, gerenciamento de login do usuário e hospedagem da aplicação foi feita utilizando as ferramentas oferecidas por ele.

7 Conclusões e Trabalhos Futuros

O objetivo deste artigo foi propor uma ferramenta capaz de auxiliar o combate as epidemias e surtos das doenças causadas pelo mosquito *Aedes Aegypti* bem como sua proliferação, utilizando os benefícios e os avanços das tecnologias da informação e comunicação, como também a participação ativa da população (crowdsourcing ativo). A ferramenta funciona como um aliado ao trabalho dos agentes de saúde e endemias que vão nos bairros em procura de focos e pessoas doente, de forma que essa tarefa seja feita forma muito mais eficiente.

A partir dos testes realizados, foi observado o quão eficiente e útil uma ferramenta deste tipo pode ser, já que existe um grande nível de detalhes nas informações lá contidas, como por exemplo a localização exata de um possível foco do mosquito. Os testes serviram também para obter um feedback dos usuários no sentido de prover melhorias e identificar possíveis ajustes. Foi possível ainda perceber que a colaboração dos usuários é imprescindível para o funcionamento pleno da ferramenta, visto que na versão atual as informações advêm unicamente dos usuários.

Durante os testes dos usuários houveram várias sugestões de melhorias dentre pode-se destacar: a implementação de um sistema de gamificação onde o usuário seja estimulado a sempre colaborar com o sistema. Transformar o PortalVCS em um aplicativo totalmente mobile, na qual fosse possível baixá-lo nas lojas de aplicativos como Apple Store e Google Play, etc. Todas as sugestões ficarão para melhorias futuras da aplicação.

Também foi observado a importância de implementar uma funcionalidade que extraia informações de forma autônoma da Web através da mineração de dados em redes sociais e sites específicos da área (crowdsourcing

passivo). Essa melhoria permitiria que o sistema não dependesse exclusivamente da participação do usuário.

O trabalho tenta deixar clara a importância do uso de plataformas de vigilância colaborativa como um aliado no combate a epidemias e surtos, uma vez que a ideia principal deste trabalho pode ser utilizada como base para o combate de várias outras doenças

Referências

- [1] ANGULARJS. What is Angular?: <https://docs.angularjs.org/guide/introduction> acessado em: 30/07/2016.
- [2] BATURAY, Meltem Huri; BIRTANE, Murat. Responsive web design: a new type of design for web-based institucional content. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v.106, p. 2275-2279, 2013.
- [3] DAL MORO, Tharcis; DORNELES, Carina; REBONATTO, Marcelo Trindade. Web services WS-* versus Web Services REST. **Revista de Iniciação Científica**, v. 11, n. 1, 2009.
- [4] DA SILVA BARROS, Daniele Montenegro et al. OBSERVATÓRIO NACIONAL DA DENGUE-SISTEMA PARA MONITORAMENTO DE CASOS DE DENGUE. **Revista Brasileira de Inovação Tecnológica em Saúde ISSN: 2236-1103**, v. 3, n. 4, 2014.
- [5] DE CASTRO ZORZO, Rafael; BERNARDI, Élder FF. Estudo e Desenvolvimento de Caso De Uso com Framework Angularjs.
- [6] DENGUE NA WEB: <https://www.denguenaweb.ufba.br> acessado em 25/05/2016.
- [7] FLU NEAR YOU: <https://www.flunearyou.org/> acessado em: 25/05/2016.
- [8] FREIFELD, Clark C. et al. HealthMap: global infectious disease monitoring through automated classification and visualization of Internet media reports. *Journal of the American Medical Informatics Association*, v. 15, n. 2, p. 150-157, 2008.
- [9] Guardiões da Saúde link: <https://guardioesdasaude.org/> Acessado em: 07/07/2016.
- [10] GOMES, Carolina B. et al. O novo Regulamento Sanitário Internacional. *Revista de Direito Sanitário*, v. 13, n. 2, p. 137-155, 2012.
- [11] HANSEN, Roseli Persson et al. Web services: an architectural overview. In: **First Internation-**

al Seminar on Advanced Research in E-Business-EBR. 2002.

- [12] HARRISON, Neil B.; AVGERIOU, Paris; ZDUN, Uwe. Using patterns to capture architectural decisions. **IEEE software**, v. 24, n. 4, p. 38-45, 2007.
- [13] INFLUENZANET: <https://www.influenzanet.eu> acessado em: 20/05/2016.
- [14] LEAL-NETO, Onicio B et al . Detecção digital de doenças e vigilância participativa: panorama e perspectivas para o Brasil. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo , v. 50, 17, 2016.
- [15] LOWE, David. Web system requirements: an overview. **Requirements Engineering**, v. 8, n. 2, p. 102-113, 2003.
- [16] MINISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL, Boletim Epidemiológico - Secretaria de Vigilância em Saúde – *Volume 47 N° 20, 2016*.
- [17] MORO VISCONTI, Roberto; LAROCCA, Alberto; MARCONI, Michele. Malaria Geo-Localization with Mobile-Health Applications. **Available at SSRN**, 2015.
- [18] MORSE, Stephen S. et al. ProMED global monitoring of emerging diseases: design for a demonstration program. **Health Policy**, v. 38, n. 3, p. 135-153, 1996.
- [19] MYKHALOVSKIY, Eric; WEIR, Lorna. The Global Public Health Intelligence Network and early warning outbreak detection: a Canadian contribution to global public health. **Canadian Journal of Public Health/Revue Canadienne de Sante'e Publique**, p. 42-44, 2006

Proposta de Arquitetura Utilizando o Paradigma SOA para o Avatar Educação

Title: Proposed Architecture Using the SOA Paradigm for Education Avatar

Marcos de Souza Oliveira
Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
Marcosd3souza@gmail.com

Alexandre Magno Andrade Maciel
Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
amam@ecomp.poli.br

Resumo *A demanda por cursos de ensino à distância vem alcançando números significativos no Brasil, com isso cresce também a atenção nos ambientes virtuais de aprendizado, que são responsáveis por ministrar esses cursos. A interação nesses ambientes é fundamental para que os objetivos do curso sejam alcançados. Neste sentido o uso de assistentes virtuais, como o Avatar Educação, facilitam a comunicação e interação nesses ambientes. Apesar do uso de tecnologias multiplataformas, o Avatar Educação foi desenvolvido especificamente para o ambiente Moodle. Assim este trabalho propõe uma nova arquitetura, fazendo uso do paradigma de arquitetura orientada a serviço, para tornar o funcionamento deste assistente mais independente do ambiente Moodle.*

Palavras-Chave: *Moodle, Avatar Educação, SOA, Ambientes Virtuais de Aprendizagem*

Abstract The demand for distance education courses has achieved significant numbers in Brazil, it is also growing attention in virtual learning environments (VLE), which are responsible for providing these courses. The interaction in these environments is fundamental to that the course goals are achieved. Thus the uses of virtual assistants, such as Education Avatar, facilitate the communication and interaction these environments. Although use of multiplatforms technologies the Education Avatar was developed in Moodle environment. So this work proposes the new architecture, using service-oriented architecture paradigm, making the operation from assistant more independent of Moodle environment.

Keywords: *Moodle, Avatar Education, SOA, Virtual Learning Environment*

1 Introdução

O ensino a distância (EAD) no Brasil vem obtendo um crescimento acelerado. Na análise do censo do ensino superior de 2014, fornecido pelo instituto nacional de ensino e pesquisa (INEP), a modalidade teve uma participação de 17,1% no total de matrículas e um crescimento de 16,3% no período de 2013-2014, superior a modalidade presencial (5,4%) [16]. Este cenário é reflexo das possibilidades oferecidas pelo uso de TIC's em educação[1]. Nesse contexto, os ambientes virtuais de aprendizagem (AVAs) tem se tornado essenciais tanto no meio acadêmico quanto no ambiente corporativo. No meio acadêmico é utilizado para cursos de graduação, extensão e pós-graduação. No meio corporativo é utilizado, por exemplo, para prover cursos de treinamentos para funcionários sobre determinado produto, ou serviço, oferecido pela organização. Para dar suporte a realização desses cursos, os AVAs fornecem várias ferramentas como locais para armazenamento e disponibilização de materiais de aula, fóruns, chats, avaliações, entre outras [2].

Segundo Litto e Formiga [1] um dos grandes desafios da modalidade de ensino a distância é conseguir atingir um equilíbrio entre um estudo independente e as atividades interativas. Um exemplo de programa que não possui atividades interativas são cursos de educação bancária, que aplicam um método antidialógico. Na abordagem os alunos devem apenas receber, repetir, memorizar, guardar e arquivar conteúdos. Para que haja um estudo independente envolvendo atividades interativas em um AVA pode se ter, por exemplo, uma interatividade refletida, na qual as respostas de outras pessoas, incluindo livros e especialistas, são mostradas para que o aluno possa refletir e formular suas próprias respostas sobre um determinado tópico de discussão [1].

Devido a sua importância no processo de ensino e aprendizagem, em cursos a distância, diversas formas de interatividade foram surgindo. A proposta inicial foi de Moore (1989), que observou a relação entre os atores de um curso EAD, surgindo assim três tipos de interação: aluno/professor, aluno/aluno e aluno/conteúdo. Posteriormente os AVA's também foram considerados como atores no processo de ensino/aprendizagem [1].

Diante desse cenário, em Maciel *et al.* (2014), foi proposto o uso de um assistente virtual integrado ao AVA Moodle para dar suporte a aprendizagem online, visando promover uma melhor interação e comunicação entre os alunos e o ambiente. Nos experimentos realizados deste estudo, verificou-se que o assistente foi utilizado com mais frequência no início de um curso, devido a necessidade de adaptação do aluno com as ferramentas oferecidas pelo ambiente.

A arquitetura estabelecida para viabilizar o desenvolvimento do assistente utilizou o middleware Avatar Voicálico desenvolvido por Rodrigues *et al.* (2012) e o framework FIVE desenvolvido por Maciel *et al.* (2010). Apesar dos bons resultados obtidos, o desenvolvimento do plugin foi realizado atendendo especificamente a estrutura do ambiente Moodle.

Desse modo, o objetivo geral deste trabalho é realizar a refatoração da atual arquitetura, utilizando as boas práticas oferecidas pelo paradigma de arquiteturas orientadas a serviço. Para isto, a Seção 2 irá abordar os aspectos teóricos que viabilizam a proposta da arquitetura, a Seção 3 irá apresenta a arquitetura proposta, a Seção 4 irá avaliar a viabilidade da solução fornecida e por fim a Seção 5 irá abordar as conclusões obtidas neste trabalho.

2 Fundamentação Teórica

2.1 Avatar Educação

No Brasil há uma grande expansão do uso de plataformas de ensino à distância (EAD). Essa demanda tornou-se possível com o advento da *Web 2.0*, também conhecida como web social. Neste modelo é observado uma maior interação e colaboração entre os usuários. É possível haver conversações, diálogos e postagens de opiniões por parte desses usuários. Esses ambientes também utilizam diversas ferramentas que auxiliam os tutores no acompanhamento de suas aulas nos cursos EAD, tais ferramentas são *chats*, fóruns, vídeo-aulas, etc.[15]

Visando promover a comunicação e auxiliar ainda mais os tutores no acompanhamento de suas aulas, em Maciel (2014) foi desenvolvido um assistente virtual, chamado Plugin Avatar de Educação, que reproduz mensagens com voz sintética para repassar avisos deixados pelo tutor ou quando há a inserção de um novo conteúdo no ambiente. O Avatar ao fazer uso de expressões faciais, que demonstram sentimentos de afeto e se assemelham aos sentimentos humanos facilita a comunicação. Segundo Prola e Vicari (2003) esses personagens aumentam a afetividade das aplicações de educação.

Na Figura 1 é possível ver o design do Avatar com suas duas opções de interação, o botão mensagem e o botão de notificação. O funcionamento do Avatar para a opção "Notificação" parte da realização de consultas predefinidas na base de dados do ambiente Moodle. Caso esta consulta retorne novos materiais ou atividades adicionados após o último login do aluno ou atividades pendentes, será gerada uma mensagem padrão notificando sobre a situação do aluno perante esses materiais ou atividades, em seguida essa mensagem, no formato textual, será encaminhada para o processo de síntese de voz para a geração do áudio a ser reproduzido pelo Avatar.



Figura 1: Plugin no Moodle do Avatar Educação. Maciel (2014).

Quando houver a ação na opção “Mensagem” apenas haverá a reprodução da animação, pois o tutor ao registrar uma mensagem, através da opção de edição do plugin, o processo de síntese de voz será realizado automaticamente já disponibilizando o áudio. Para a opção “Mensagem” o plugin irá apenas acessar o sistema de arquivo para obter conteúdo necessário para a animação.

A arquitetura do Avatar utiliza atualmente dois componentes principais, o framework FIVE [7] e o Avatar Vocálico. O FIVE foi desenvolvido com a intenção de auxiliar o desenvolvimento de aplicações com interface de voz. Atualmente o FIVE utiliza o *VL Synthesizer engine* para realizar a síntese de voz. O Avatar Vocálico é responsável pela geração dos visemas, que são uma sequência de imagens que o avatar irá exibir na animação. A Figura 2 mostra o processo realizado.

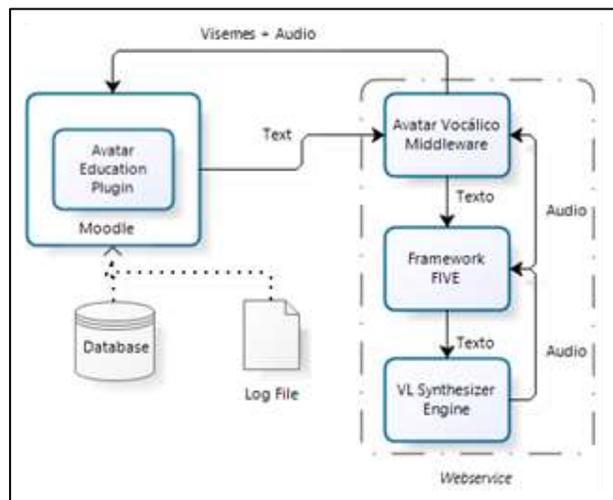


Figura 2: Arquitetura do Avatar. Maciel (2014).

O fluxo do processo conforme demonstra a Figura 2 parte do plugin localizado no ambiente Moodle que irá consultar o banco de dados para obter o número de novas

atividades adicionadas, novos materiais, atividades pendentes ou mensagens deixadas pelo tutor, em seguida este resultado será comparado com o arquivo de log, que possui o resultado da última reprodução. Havendo novidades será o texto gerado será encaminhado para o Avatar Vocálico que irá gerar os visemas e solicitar o áudio ao framework FIVE.

2.2 Arquiteturas Orientadas a Serviço

Arquiteturas orientadas a serviços, *Service Oriented Architecture* (SOA), surgiram através da demanda de padronização da infraestrutura de TI visando a integração entre sistemas de plataformas diferentes bem como a manutenibilidade desses.[8]

Um exemplo de utilização de SOA é apresentado em Upadhyaya *et al.* [10] em que foram extraídas várias tarefas similares presentes nos sistemas, tais como a realização de um login. No estudo foram verificadas 21 aplicações de 4 domínios diferentes. As tarefas foram agrupadas em 2 categorias, precisa ser reusável ou precisa realizar uma funcionalidade específica do domínio.

Em OASIS[8] é definido que arquiteturas SOA são um “paradigma para organização e utilização de competências distribuídas que estão sob controle de diferentes domínios proprietários.”

O paradigma SOA é fundamentado por três conceitos: visibilidade, interação e efeitos OASIS [8]. Visibilidade se refere a como um serviço está disponibilizado. A interação provê a forma de troca de mensagens, a ação com que os consumidores utilizarão os serviços. O efeito é o resultado da interação, pois ao consumir um determinado serviço se terá um efeito no mundo real. Em arquiteturas SOA os serviços são oferecidos de forma a abstrair os detalhes de implementação.

2.2.1 Web Services

Devido as vantagens e oportunidades de negócios oferecidos pelo paradigma de arquiteturas orientadas a serviços surgiram os web services [13], que se tratam de aplicações disponibilizadas no ambiente web. Estes serviços são acessados através do protocolo HTTP.

A utilização de web services também facilita a integração entre sistemas, bem como a comunicação com outros serviços. A arquitetura de um web service é fundamentada em dois princípios: especificação e descoberta [13]. A especificação detalha o serviço, facilitando a interação do requisitante com o serviço. A descoberta irá possibilitar o uso do serviço pelo requisitante.

Existem dois tipos de serviços web: os que utilizam o protocolo SOAP e os serviços REST. Os serviços SOAP (*Simple Object Access Protocol*) são descritos através do WSDL (*Web Service Description Language*), que é um contrato de uso daquele serviço. As mensagens SOAP

trafegadas utilizam o formato XML e são transmitidas pelo protocolo HTTP [11]. Os sistemas que utilizam este tipo de serviços precisam seguir as especificações disponibilizadas no WSDL. Devido a falta de flexibilidade dos serviços SOAP posteriormente em [14] foi o criado paradigma REST (*Representational State Transfer*), que visa diminuir a dependência da especificação imposta pelo WSDL.

O REST tem como ênfase a escalabilidade das aplicações, segurança e baixo acoplamento. Um serviço utilizando REST utiliza o protocolo HTTP e seus métodos: PUT, POST, GET, DELETE. Nesta comunicação o Client irá informar os parâmetros necessários para uma requisição utilizando o protocolo HTTP, que são o cabeçalho e o corpo da mensagem. No cabeçalho serão passados dados como o endereço do serviço (Host), o método a ser utilizado entre outros dados como o tipo da mensagem. No corpo será passada a mensagem para o serviço.

O Server após receber a mensagem irá responder seguindo o padrão HTTP que deve informar o tipo da resposta, se houve sucesso e o conteúdo. A Figura 3 mostra o fluxo de uma requisição utilizando REST.

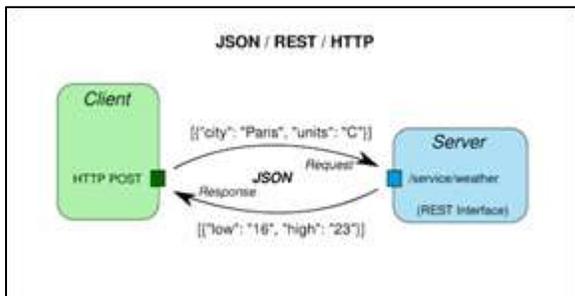


Figura 3: Fluxo de um Web Service utilizando REST.

No exemplo acima foi utilizado o formato JSON (*JavaScript Object Notation*) para representar uma mensagem de requisição e de resposta. Também é possível fazer uso de outros formatos de mensagem como XML.

3 Descrição da Proposta

Em Upadhyaya *et al.* [10] foi realizado, no ambiente Moodle, um trabalho de refatoração de arquitetura propondo atender ao paradigma SOA. No estudo as atividades que possuíam similaridades, as atividades de autenticação de usuário, foram agrupadas e disponibilizadas em um serviço web. No Plugin Avatar de Educação foram analisadas as atividades realizadas de forma a separá-las e disponibilizadas em um serviço web chamado Avatar Service. A Tabela 1 mostra a distribuição dessas atividades com seus respectivos responsáveis.

Ordem	Atividade	Responsável
1	Armazenamento das imagens do Avatar para animação	Plugin
2	Reprodução do áudio e animação.	Plugin
3	Consulta no banco de dados do Moodle.	API no Moodle
4	Cadastro dos dados sobre Avatar como o gênero e os tipos de notificações a serem reproduzidas.	Avatar Service
5	Construção de mensagem padrão para notificações.	Avatar Service
6	Armazenamento do resultado obtido pelas consultas realizadas no banco de dados do Moodle.	Avatar Service
7	Cadastro de mensagens deixadas pelos tutores.	Avatar Service
8	Comunicação com o Avatar Vocábulo.	Avatar Service

Tabela 1: Distribuição das atividades

Como é possível observar na Tabela 1 o plugin tornou-se mais simples, realizando atividades referentes basicamente a reprodução da animação do avatar. Isto favorece, inclusive, o processo de instalação em outra plataforma, além de facilitar sua manutenção.

A atividade de consulta no banco de dados do Moodle é necessária para verificar as novidades no AVA. Esta atividade foi atribuída a uma API desenvolvida no ambiente Moodle. O AVA oferece uma interface para comunicação com sistemas externos, esta funcionalidade é chamada de Web Service Externo, ela permite sistemas externos ao Moodle, como os web services, realizarem operações sobre o AVA, tais como a de criar um novo usuário no ambiente.

Apesar de existirem várias atividades padrão sobre o Moodle através dos Web Services Externos, foi preciso, para o Avatar Service, a criação de um Web Service Externo para realizar as consultas específicas de novas atividades, atividades pendentes e novos materiais deixados pelo tutor após o último login realizado. Este Web Service Externo foi descrito na arquitetura como sendo uma API do ambiente Moodle. A Figura 4 mostra a proposta da nova arquitetura.

Apesar de aumentar o caminho de requisição para o processo de síntese de voz quando comparado com a arquitetura anterior, a inclusão do Avatar Service neste processo possui alguns benefícios, tais como a customização da mensagem a ser reproduzida, o armazenamento dos dados de reproduções anterior ao invés de um arquivo de log, a simplificação das atividades realizadas pelo plugin no ambiente Moodle.

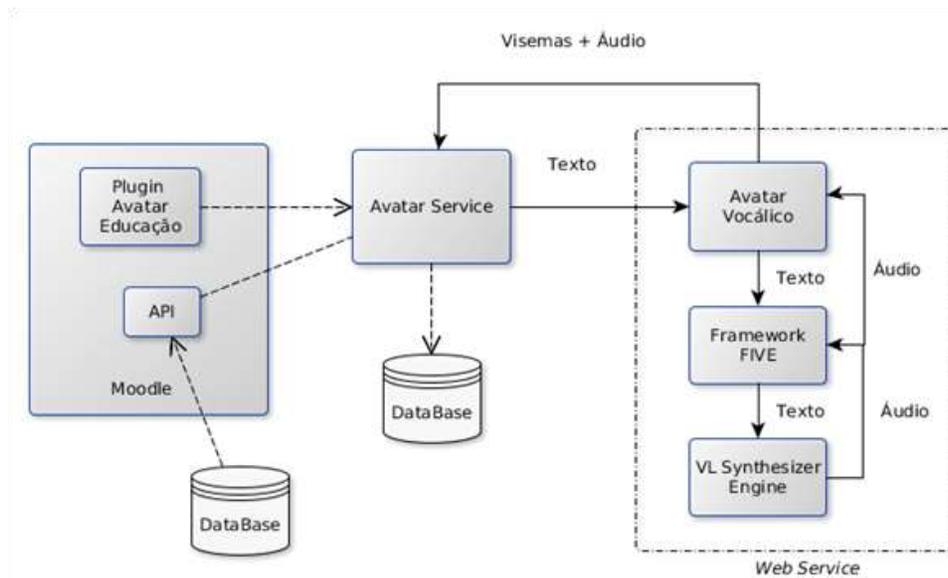


Figura 4: Proposta da nova arquitetura

O fluxo das atividades parte da interação do aluno com o plugin, que poderá acionar o botão “notificação” ou “mensagem”. Quando selecionada a opção “notificação” haverá uma solicitação ao Avatar Service. O serviço irá obter os dados do ambiente Moodle através da API e irá comparar o resultado com sua base local, caso existam novidades será criada uma mensagem padrão e encaminhada ao Avatar Vocálico para a síntese de voz, do contrário o plugin irá reproduzir o último arquivo já reproduzido e disponível.

Para a opção de “mensagem” o processo de síntese de voz se fará após o tutor salvar uma mensagem para os alunos, automaticamente essa mensagem será encaminhada ao Avatar Service que irá se comunicar com o Avatar Vocálico. Após receber o conteúdo necessário para a animação o Avatar Service passará para o plugin armazenar no sistema de arquivos local.

4 Desenvolvimento do Serviço

O Avatar Service foi desenvolvido utilizando a plataforma Java devido a possibilidade de reusabilidade e portabilidade. O serviço foi estruturado como um projeto MAVEN para o gerenciamento das dependências e o ambiente de desenvolvimento escolhido foi o Eclipse. O Avatar Service por se tratar de uma aplicação web necessita de um servidor que realize sua devida disponibilização, para isto foi utilizado o Tomcat na versão 8.0 como o servidor da aplicação. O projeto ficou organizado conforme a seguinte distribuição de pacotes:

- *service*: pacote responsável por receber e responder as requisições recebidas pelo plugin do Avatar no Moodle;

- *control*: pacote que irá verificar se é necessário realizar o processo de síntese de voz;

- *API*: pacote que irá se comunicar com a API disponibilizada no ambiente Moodle;

- *dao*: pacote que possui métodos e classes necessárias para a comunicação com o banco de dados local;

- *model*: pacote que conterà as classes que representam o domínio do negócio, ou seja o gênero do avatar, curso, aluno solicitante, o tipo do conteúdo (notificação ou mensagem), entre outras informações.

Em Sommerville [5] é descrito que para se projetar uma arquitetura, tendo como requisito crítico a facilidade na manutenção, deve-se utilizar componentes de baixa granularidade e autocontidos, que possam ser prontamente alterados. Desta forma o Avatar Service foi desenvolvido como um serviço *web* do tipo REST, visando possuir flexibilidade para a necessidade de mudanças

Tanto o Avatar Service quanto o Plugin se comunicam através de mensagens utilizando a notação JSON. Quando o Avatar necessitar ser carregado na tela será enviado ao serviço uma mensagem solicitando as configurações de exibição como o gênero e qual o personagem. Quando o aluno acionar o botão “notificação” serão enviados os seguintes dados: a instituição, o id do aluno, o id do curso, o ambiente, o tipo da mensagem e o locutor (tipo de voz).

A resposta do Avatar Service possui 3 parâmetros: o nome para os arquivos .mp3 e o .vis (arquivo dos visemas), o conteúdo do arquivo mp3 codificado e o conteúdo do arquivo .vis. A Figura 7 mostra um exemplo de requisição e resposta com o Avatar Service.

```

//Requisição

POST /AvatarService/service/provider/content HTTP/1.1
Host: localhost:8080
Content-Type: application/json
Cache-control: no-cache

Body:
{
  "institutionId": "UPE_CARUARU",
  "studentId":2,
  "courseId":2,
  "speaker":"cid",
  "environment":"moodle",
  "type":1
}

//Resposta
{
  "visemContent":"...",
  "audioContent":"...",
  "fileName":"vl_notifications_user2_course2"
}
    
```

Figura 7 : Exemplo de requisição ao Avatar Service

Tanto o arquivo .vis quanto o .mp3 são codificados pelo Avatar Service em base64 e o plugin ao receber este conteúdo irá decodificar e salvar no sistema de arquivos local, de forma a facilitar o acesso ao conteúdo a ser reproduzido mesmo quando não houver comunicação com o Avatar Service.

Este Requisito do sistema ter a capacidade de funcionar de modo *offline* é fundamental para ambiente de ensino à distância, pois a instituição de ensino terá condições de prosseguir com o programa acadêmico e não atrapalhar/adiar o semestre letivo, ocasionando a desvalorização ou mau uso do *plugin* Avatar Educação.

5 Resultados

Para avaliar o desempenho do serviço foram realizados testes de carga em três cenários. O primeiro cenário simulando 35 alunos realizando chamada ao serviço simultaneamente, o segundo cenário com 45 usuários simultâneos e o terceiro com 55. A Tabela 2 mostra o resultado das simulações realizadas. A operação realizada por esses usuários virtuais foi referente a solicitação de notificações, pois desta forma possibilita tanto a comunicação com o Avatar Service quanto com o Avatar Vocálico e o framework FIVE para realização do processo de síntese de voz.

Usuários	Tempo Mínimo (ms)	Tempo Máximo (ms)	Tempo Médio (ms)	Desvio Padrão
35	1556	3864	2790	678,88
45	1606	4598	3263	858,69
55	1650	6761	4363	1441,95

Tabela 2: Tempos de resposta do Avatar Service.

Os testes de carga foram realizados no servidor. Assim nesses testes não se verificou um cenário utilizando uma infraestrutura de rede ou em um ambiente distribuído. Também não foram verificadas possíveis vulnerabilidades de segurança neste computador. Este servidor além de prover o serviço do Avatar também ficou responsável por manter instalado e em funcionamento o ambiente Moodle.

Os testes também foram realizados tomando como referência aproximadamente 60 usuários simultâneos com um tempo médio de cinco segundos para cada requisição. Esta requisição permite realizar todo o processo de síntese de voz e acesso aos sistemas externos ao Plugin do Avatar no ambiente Moodle.

6 Conclusões

Após o desenvolvimento e testes sobre a nova arquitetura foi possível observar que o Avatar Service obteve resultados satisfatórios para atender a uma turma de até 55 alunos, conforme experimento demonstrado na seção 4. Com isso, a refatoração da atual arquitetura extraindo algumas atividades do plugin para um serviço web possibilita vários benefícios como por exemplo a reutilização do mesmo para atender a outros ambientes.

A utilização da linguagem Java para o desenvolvimento do serviço se mostrou satisfatória para atender aos requisitos funcionais e não funcionais da arquitetura existente. Vale ressaltar que alguns componentes como o Avatar Vocálico também foi desenvolvido utilizando a mesma plataforma, favorecendo a facilidade na manutenção do ecossistema.

O trabalho realizado neste estudo possibilita a extensão com a realização de outros trabalhos, como a integração do Avatar em outros ambientes além do ambiente Moodle; a melhoria na geração das mensagens motivacionais de forma a aumentar a interação com o ambiente e a geração de modelos preditivos sobre diversas variáveis que podem ser extraídas como foi o trabalho desenvolvido em SANTANA *et al.* [9].

Referências

- [1] Litto, Fredic M. e Formiga, Marcos. (2009) "Educação a distância: o estado da arte". Pearson Education do Brasil Ltd., Brasil.
- [2] HAGUENAUER, C.J. e MARTINS, F.N. Investigação sobre a Eficiência dos Ambientes Virtuais de Aprendizagem, com Foco na Percepção do Aluno. Revista Educaonline, Vol 2, no 1. Janeiro/abril de 2008.
- [3] MOORE, M. "Three types of interaction". In: American Journal of Distance Education, v. 3, n. 2, 1-7, 1989. Disponível em: http://www.ajde.com/Contents/vol3_2.htm#edito. Acesso em: 10 out. 2015.
- [4] Maciel, A., Rodrigues, R., Carvalho, E. Desenvolvimento de um assistente virtual integrado ao moodle para suporte a aprendizagem online. Anais do Congresso Brasileiro de Informática na Educação, 2014.
- [5] Sommerville, Ian. (2007) "Engenharia de software, 8ª edição". Pearson Addison Wesley., Brasil.
- [6] Lee, K., Hauptmann, A. G. and Rudnicky, A. The Spoken Word. Byte, pages 225-232, July 1990.
- [7] Desenvolvimento de uma ferramenta para a produção de mídias utilizando personagem animado com síntese de voz. 2012.
- [8] OASIS - Reference Model: SOA Architecture - V1.0 - 2007.
- [9] SANTANA, Leandro C.; MACIEL, Alexandre MA; RODRIGUES, Rodrigo L. Avaliação do Perfil de Uso no Ambiente Moodle Utilizando Técnicas de Mineração de Dados. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. 2014. p. 269.
- [10] UPADHYAYA, Bipin; ZOU, Ying; KHOMH, Foutse. An approach to extract RESTful services from web applications. **International Journal of Business Process Integration and Management**, v. 7, n. 3, p. 213-227, 2015.
- [11] CURBERA, Francisco et al. Unraveling the Web services web: an introduction to SOAP, WSDL, and UDDI. **IEEE Internet computing**, v. 6, n. 2, p. 86, 2002.
- [12] NEWCOMER, Eric; LOMOW, Greg. **Understanding SOA with web services (independent technology guides)**. Addison-Wesley Professional, 2004.
- [13] W3C WORKING GROUP et al. Web services architecture. 2004.
- [14] FIELDING, Roy Thomas. **Architectural styles and the design of network-based software architectures**. 2000. Tese de Doutorado. University of California, Irvine.
- [15] COSTA, Ferdinand Camara da et al. A utilização de ambientes virtuais de aprendizagem no ensino presencial: Estudo de caso na disciplina de um programa de mestrado. 2009.
- [16] Censo da educação superior. 2014. Disponível em: http://download.inep.gov.br/educacao_superior/curso_superior/documentos/2015/notas_sobre_o_censo_da_educacao_superior_2014.pdf Acesso em 25 out. 2015.

A Identificação de um Kaizen no Processo de Evolução dos Para-Choques de Plásticos em Automóveis: Um Estudo Prático-Teórico

Title: The Identification of a Kaizen in the Process of Evolution of the Shocks to Plastics in Automobiles: A Practical-Theoretical Study

Ernandes Cardoso de Albuquerque

Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
ernandes23@gmail.com

Ana de Fátima Braga Barbosa

Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
afbb.direito@yahoo.com.br

Resumo

Este artigo tem como objetivo principal, provar através de um estudo prático teórico a identificação de um Kaizen intencional através da evolução dos para-choques de plásticos automotivos. O estudo baseia-se em análises desenvolvidas em laboratório de engenharia automotiva. Um comparativo de resultados de análises do primeiro para-choque de plástico que foi um plástico injetado sem adição de carga e os para-choques de plásticos usados atualmente com vinte por cento de carga de talco mineral. Será visto através dessas análises a diferença da resistência mecânica de uma peça para outra e, sobretudo um processo de melhoria continua caracterizando assim, um Kaizen intencional. Observaremos também que a substituição dos para-choques de metal por para-choques de plástico não ocorreu apenas pela redução de custo no processo de fabricação por parte das montadoras e sim por razões de segurança dos ocupantes do automóvel, conscientização dos problemas de escassez de combustível por fontes de energia não renováveis como o petróleo e o uso indiscriminado destes, uma vez que os automóveis ficaram mais leves, diminuindo o consumo de combustível.

Palavras-Chave: *kaizen, para-choques, plásticos, carga mineral, resistência, segurança*

Abstract

This article aims to prove through a theoretical study to practical identification an intentional Kaizen through the evolution of bumpers for automotive plastics. The study is based on analyzes developed in automotive engineering laboratory. A comparative analysis of results of the first fender plastic which was a plastic injected without addition of load and the plastic bumpers currently used twenty percent of mineral talc load. We will see through these analyzes the difference in strength from one piece to another and above all a continuous improvement process featuring thus an intentional Kaizen. Observe also that the replacement of metal bumpers for bumpers of plastic not only was the cost reduction in the manufacturing process by the manufacturers but for safety reasons the car's occupants, awareness of fuel shortages By non-renewable energy sources such as oil and the widespread use thereof, since the cars became lighter, reducing fuel consumption.

Keywords: *Kaizen , bumpers , plastics, mineral filler, resistance, safety*

1 Introdução

A evolução dos automóveis passa diretamente por uma peça fundamental em relação à segurança dos motoristas; neste caso, o para-choques. Do metal ao plástico; mudança radical que muitos pensaram ser apenas por questões de redução de custo de fabricação por parte das montadoras.

Hoje em dia é bastante comum ouvir algumas pessoas falarem que os carros atuais são totalmente frágeis, que se desmontam por mais simples que seja a colisão. Acontece que os automóveis de hoje não são mais frágeis do que os de antigamente e sim mais seguros. Sobretudo, porque os para-choques confeccionados com plástico PP (polipropileno) com carga de vinte por cento de talco mineral consegue dissipar grande parte da energia gerada na colisão na parte frontal do automóvel, antes que a mesma possa chegar aos ocupantes do veículo [1].

O primeiro para-choques de plástico que era confeccionado totalmente com polipropileno e foi usado em um modelo bastante popular na época, não surtiu o efeito em relação à resistência mecânica que é visto nos para-choques de hoje em dia, ou seja, nos para-choques homologados atualmente. Isto porque o primeiro para-choque não tinha em sua constituição um material que revolucionou a resistência mecânica do mesmo. A carga mineral, constituída geralmente por talco mineral.

O primeiro para-choques de plástico que foi fabricado apenas com polipropileno, sem adição de carga mineral, não tinha as propriedades mecânicas que hoje são observadas nos para-choques de plásticos homologados atualmente. Foi a partir de melhorias no processo de fabricação que foi originado um Kaizen intencional, como o próprio título do artigo sugere. A identificação de um Kaizen no processo evolutivo dos para-choques de plásticos em automóveis.

Esta filosofia é descrita da seguinte forma: “A essência do Kaizen é simples e direta: Kaizen significa melhoramento”. Mais ainda, Kaiser significa melhoramento contínuo, envolvendo todos, inclusive gerentes e operários. [2]

E o processo dessa evolução nos para-choques de plástico com a adição de cargas minerais vai ser mostrado passo a passo em comparativo com o para-choques de plástico sem o reforço de carga mineral. Tudo isto através de análises laboratoriais que foram equilibradas em informações práticas e teóricas realizadas em laboratório específico. Todas as análises realizadas com corpos de prova padrão norma ISO 527 e norma ISO 178; amostras de plástico polipropileno sem carga (primeiro para-choque de plástico) e amostras de plástico de polipropileno com carga de vinte por cento de talco (para-choques

homologados atualmente) foram submetidas a análises que simulam situações reais da peça para-choque em sua condição normal de uso do automóvel. Simulando através de máquinas de laboratório automotivo, o comportamento da peça para-choques.

Sem carga e a peça para-choques com carga de vinte por cento de talco mineral em uma colisão. O para-choques constituído apenas de polipropileno tinha em sua principal característica negativa, um alto coeficiente de dilatação térmica, sendo assim o para-choques tinha uma alta contração quando exposto a altas temperaturas climáticas, e isto era comum acontecer com o sol em pleno meio dia em boa parte das regiões do nordeste.

Aplicar a metodologia Kaizen significa verificar no processo uma oportunidade de melhoria e buscar soluções para ela e implantar os resultados. A metodologia Kaizen pode ser aplicada em qualquer processo produto no qual exista um padrão nas atividades. Pode ser aplicada em vários setores empresariais como, por exemplo: automobilístico, produção de alimentos e bebidas, vestuário entre outros [3].

2 Delimitação do Problema

De um modo geral é cada vez maior a quantidade de plástico usado nos automóveis, e este material é encontrado em diversos tipos; como o próprio polipropileno, poliamida, ABS (Acrlonitrila butadieno estireno) e outros. Também vale informar que temos tipos de cargas diferentes nestes mesmos plásticos, como talco mineral, sílica e a fibra de vidro; cada tipo de material com o seu tipo de carga empregado em certa parte do automóvel, sendo na área externa ou interna; envolvendo desde brilho até a textura da peça.

E em se tratando de sustentabilidade, podemos falar que também avança a passos largos a aplicação de fibras naturais em diversas partes do automóvel.

E através dos mesmos testes realizados com o material do para-choques, foram verificadas o ganho de resistência mecânicas em outras peças que compõem o automóvel, desta vez com o reforço de fibras naturais no lugar do reforço mineral.

São fibras do caule da bananeira, fibras da planta juta e fibras de coco fazendo parte futuramente da redução do custo de fabricação, manutenção do meio ambiente e em muitas experiências, ganho de resistência mecânica nas peças. É o Kaizen sendo aplicado intuitivamente de forma espetacular, e exigindo cada vez mais um controle de qualidade eficaz, pois a variação das propriedades e características mecânicas das peças já homologadas é um gargalo a ser constantemente controlado por diversos testes em laboratório.

3 Objetivo Geral

O objetivo geral deste artigo é mostrar de maneira prática e teórica a aplicação intencional do Kaizen na evolução dos para-choques de plásticos em automóveis.

Corpos de prova conforme as normas ISO submetidos a testes de laboratório aonde foi simulado uma situação real do polímero polipropileno com carga de 20% e outro polipropileno ausente de carga.

4 Objetivos Específicos

Como objetivo específico mostrar através de um estudo prático teórico com análises realizadas em laboratório de engenharia automotiva, a evolução do para-choques de plástico evidenciando a aplicabilidade intencional de um Kaizen.

Características mecânicas serão comparadas através de resultados analíticos entre o polímero com carga e o polímero sem carga. Análises como a densidade e o percentual de material calcinado, mostrarão com certeza que os corpos de prova tratam-se realmente de um polímero sem carga e outro polímero com carga de 20% de talco mineral.

Outras análises que irão evidenciar o ganho de resistência mecânica do polímero com carga de 20% de talco mineral em relação ao polímero sem carga, tais como:

- Resistência mecânica a tração e o módulo flexão: ambos realizados em máquina de tração Instron.
- Resistência ao Impacto em ambas às amostras, realizado em máquina Izod.
- De forma dissertativa as diferenças entre as amostras em relação a:
 - Contração.
 - Coeficiente de dilatação Linear (CLTE).

5 Justificativa

De um modo geral o processo de melhoria contínua está bem longe de se estabilizar e o Kaizen intencional continuará acontecendo em uma busca de um automóvel sobre tudo cada vez mais seguro, mais confortável, econômico e extremamente envolvido com a sustentabilidade. Além de provar a existência de um Kaizen intencional na evolução das grades de para-choques de plástico, vai desmistificar com provas baseadas em análises específicas do material polipropileno com carga, a premissa que as montadoras de automóveis só visaram lucro, ao trocar o metal dos para-choques dos automóveis por plástico, uma vez que o custo do plástico sai bem menor para as montado-

ras em relação ao custo do metal.

6 Fundamentação Teórica

O trabalho está baseado em análises práticas em laboratório de engenharia de desenvolvimento automobilístico e neste caso seguindo normas ISO 527 (determinação de propriedades de tensão em plásticos) e ISO 178 (determinação de propriedades de flexão em plásticos); normas estas que descrevem como fazer análises em plásticos e os valores esperados após estas análises. E, sobretudo, em provar através de análises comparativas entre os materiais poliméricos com carga e sem carga, a evidência do uso de um Kaizen aplicado intencionalmente na evolução das grades de para-choques e de um modo geral e de forma dissertativa em todas as partes do automóvel.

A influência do talco mineral como carga junto ao polipropileno e as principais aplicações do polipropileno com talco na indústria automobilística principalmente o talco mineral em para-choques [4]. Os diversos tipos de cargas minerais usados com plásticos além do talco; como: calcita, quartzo, dolomita, caulim na forma de pó fino além de aumentar a dureza superficial tornando a peça resistente ao risco também são usados para reduzir custos, normalmente não ultrapassam os 30% [5]. A fibra de vidro usada como carga em alguns plásticos de algumas peças dentro do veículo que tem elevada razão entre seu comprimento e as dimensões laterais e são compostas de macromoléculas lineares orientadas longitudinalmente [6], e por isto não podem ser usadas como reforço na injeção dos para-choques pois, conferem ao material Anisotropia, que é a característica que uma substância possui em que uma certa propriedade física que é variar a direção durante a injeção.

A pigmentação nos polímeros automotivos que podem ser orgânico ou inorgânico e aceitam um vasta gama de cores, sendo bastante utilizados pelos projetistas para aumentar o apelo visual e a comercialização de um produto em dispersão em uma matriz polimérica, conhecidas por masterbatchs. [7].

7 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Vários fornecedores fazem parte do processo de montagem do automóvel e muitos são auto qualificáveis, porém fazem ajustes em seu processo muitas vezes sem comunicar a montadora e nestes muitos ajustes que fazem, seja para reduzir custos do processo ou melhorar um parâmetro de resistência mecânica visando a segurança do condutor, ou simplesmente um aspecto visual; deixam qualidade do produto em segundo plano. Entre os vários aparelhos instalados no centro de engenharia de uma

montadora está o MEV (microscópio eletrônico de varredura); equipamento este que chega aumentar a amostra em até 350 vezes a sua área de visualização e com isto, tem condições de mostrar ao analista, o tipo de falha em determinada área da peça e correlacionar ao tipo de fratura, e com isto diagnosticar se o tipo de problema ocorreu no processo de injeção da peça ou na operação de montagem por parte do operador. Além dessa função importantíssima, poderemos verificar a composição química do material e a quantidade de cada produto químico dentro da peça em percentual, como também se o polímero tem carga ou não, e o tipo de carga que está presente no mesmo.

A Figura 1 trata-se de uma maçaneta da porta lateral com fibra de vidro. Usada como exemplo para ilustrar a importância do Microscópio no controle de qualidade de uma montadora.

Vale ressaltar que a imagem do talco mineral dentro da peça para-choques de polipropileno não é tal definida como a imagem da maçaneta que contém a fibra de vidro como carga de reforço. A peça foi usada apenas para ilustrar o poder de visualização do microscópio MEV.



Figura 1: Análise de Polímero com carga de fibra de vidro MEV.

8 Análise de Resíduo Após Calcinação (Análise de Carga)

A análise de laboratório em plásticos com carga, prática, que envolve o presente trabalho começa a partir da análise de resíduo calcinado, ou simplesmente análise de carga. Apesar de ser uma análise bastante simples, ela mostra qual a quantidade em percentual de carga que cada amostra contém ou se contém carga, e visualmente qual o tipo de carga que tem na amostra. Esta carga pode ser tanto talco mineral, sílica ou fibra de vidro.

Importantíssimo para dar sequência aos demais testes; talvez até um tipo de contraprova inicial para a sequência do restante do trabalho, uma vez que se trata de um estudo comparativo entre as amostras. A análise consta em pesar entre 3 a 5 gramas do material em uma balança de

precisão com quatro casas decimais. Então há uma sequência a ser seguida, que consiste em pegar três cadinhos para cada amostra, totalmente secos e sem presença de umidade. Após estarem limpos e secos, os cadinhos são colocados em um dessecador para esfriar e depois ser colocado na balança e registrado o peso do mesmo, depois tara-se a balança e logo após é inserido a amostra cortada, com a quantidade já citada. Anota-se o peso de cada cadinho e cada amostra. Sempre três amostras de cada PP (Polipropileno). Feito o registro, todas as amostras são colocadas em um mufla a uma temperatura de 750 °C por meia hora. Lembrando que cada cadinho tem uma identificação própria. Seguindo a sequência, após resfriado novamente em um dessecador, todas as amostras são pesadas novamente, agora desta vez apenas o resíduo calcinado, ou seja, a carga que foi inserida no polipropileno durante o processo de injeção. Se apresentar resíduo, este será a carga que deverá ser transformada em percentual através de uma simples regra de três ou se não apresentar resíduo, apenas o cadinho vazio conforme Figura 2 e Figura 3.



Figura 2 - Cadinho com cinzas



Figura 3 - Cadinho vazio

Resíduo após Calcinação - Material Sem Carga

Amostra	Cadinho vazio (g)	Massa amostra (g)	Calcinado (g)	Resíduo (%)
1	28,7678	3,3606	28,7675	0,0
2	31,1124	3,3273	31,1127	0,0
3	30,8583	3,3962	30,8589	0,0
Média				0,0
Desvio padrão				0,0

Tabela 1 - Análise de Calcinação do PP sem carga.

Fonte: Emandes C. de Albuquerque

Resíduo após Calcinação - Material com carga

Amostra	Cadinho vazio (g)	Massa amostra (g)	Calcinado (g)	Resíduo (%)
1	31,4613	3,1898	32,1606	21,9
2	32,0583	3,2214	32,7807	22,4
3	30,889	3,4456	31,6614	22,4
Média				22,3
Desvio padrão				0,2

Tabela 2 - Análise de Calcinação do PP com carga.

Fonte: Emandes C. Albuquerque

A Tabela 1 e Tabela 2 mostram através de cálculos, um polipropileno com zero de carga e outro com 22,3% de carga, um valor aproximado do polipropileno com 20% de carga. Quando se fala em um polímero com 20% de carga, estimasse que ele tenha entre 20 a 22%.

9 Análise de Densidade

Seguindo o mesmo princípio da análise de carga, o-
través da análise de densidade de cada material irá veri-
ficar se o material se trata do material requisitado junto ao
fornecedor, ou seja, dos para-choques com ou sem carga;
ou com as mesmas características.

Uma espécie de contra prova em relação à análise de
carga seguindo a norma ISO 50430/09 (Densidade em
Plásticos) método A, se pega três amostras de cada PP
(Polipropileno sem carga e polipropileno com carga) e
realiza-se a análise conforme o método. O método trata-
se do princípio de Arquimedes, onde relata que o valor do
empuxo que atua em um corpo mergulhado em um líqui-
do, é igual ao peso do líquido deslocado pelo corpo.

O principal líquido usado na análise seria a água, on-
de a mesma tem uma densidade próxima a 0,9970479,
isto a 25°C. Porém a amostra de PP (poli-propileno) sem
carga flutuou ao ser colocado no Becker, sendo assim
impossível dar sequência a análise. Subs-tituiremos a
água por acetona, com a densidade de 0,791 g/ml. Com o
líquido em uma densidade menor, as duas amostras afun-
daram no fundo do recipiente; ou seja, agora é dar se-
quência na análise conforme Figura 4 e Figura 5.



Figura 4: Imersão em Água.

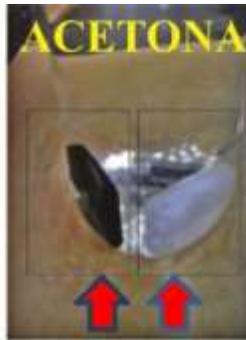


Figura 5: Imersão em Acetona.

Retiradas três amostras de cada peça de aproxima-
damente 1g de cada polipropileno e pesado em balança de
precisão, o valor é devidamente registrado. Em cada
amostra foi realizado um pequeno furo para que o arame
encaixe na amostra em cada uma delas. Pesado em uma
balança especial, o arame já tarado é fixado na haste da
balança. Colocada cada amostra no arame e os dois den-
tro do Becker com acetona e o mesmo sobre um suporte;
verificou-se o peso da massa imersa no líquido.

Na Figura 6 o processo de pesagem da análise de den-
sidade e logo depois de realizado a análise de densidade
conforme a ISO 50430/09 método A, foi observado as
médias dos valores achados nos ensaios com o padrão
para amostras de Polipropileno sem carga e Polipropile-
no com 20% de carga. Conforme o padrão achamos 0,886
para o PP sem carga, em quanto o parâmetro confere a
faixa de 0,89 ~0,92. Portanto dentro do especificado.

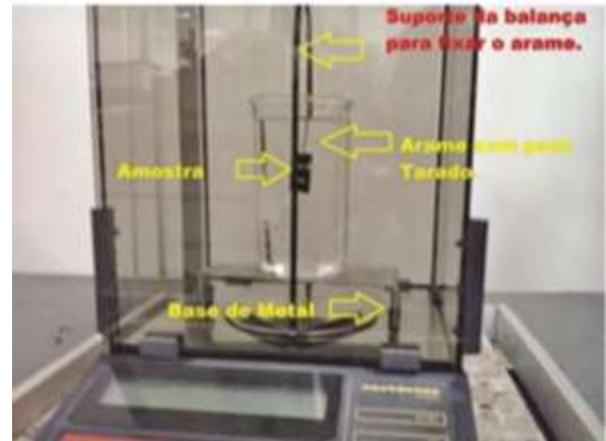


Figura 6: Pesagem das Amostras.

Para o polipropileno com carga o valor de densidade
1,058, arredondando 1,06; enquanto o padrão para PP
com carga pede 1,02 ~1,05. Neste caso, um pouco acima
da tolerância, porém nada que venha a colocar em ques-
tão o restante das análises que virão de uma forma mais
específica. A Tabela 3 mostra as duas densidades.

DENSIDADE					
	AMOST.	MASSA SEC.	MASSA IMERSA	DENS. LIQ.	DENSID. (g/ml)
PP SEM CARGA	1	0,8859	0,0958	0,791	0,887
	2	0,8563	0,0910	0,791	0,885
	3	0,9001	0,0969	0,791	0,886
MÉDIA					0,886
DESVIO PADRÃO					0,001
	AMOST.	MASSA SEC.	MASSA IMERSA	DENS. LIQ.	DENSID. (g/ml)
PP COM CARGA	1	1,0653	0,2672	0,791	1,056
	2	1,0594	0,2678	0,791	1,056
	3	1,0916	0,2761	0,791	1,058
MÉDIA					1,058
DESVIO PADRÃO					0,002

Tabela 3 – Densidade de acordo com método de Arquimedes (ISO Norma 50430/09 método A).

Cálculos da Análise de Densidade:

$$M1 = 0,8859 \text{ (Massa seca)}$$

$$M2 = 0,0958 \text{ (Massa Imersa na Acetona)}$$

$$M3 = 0,791 \text{ (Densidade da Acetona).}$$

Logo:

$$\text{Densidade do PP} = \frac{M1 \times M3}{M1 - M2}$$

$$0,8859 \times 0,791 / 0,8859 - 0,0958 =$$

$$0,7007469 / 0,7901 = \mathbf{0,887}$$

(Densidade da amostra de Polipropileno sem carga)

10 Análise de Impacto Izod

Entramos de forma propriamente dita nas análises que irão mostrar a diferença em resistência mecânica do Polipropileno com carga e sem carga.

Testes de impacto Izod é um método padrão ASTM (American Society for Testing and Materials) para determinar a resistência ao impacto dos materiais. Um braço de metal mantido a uma altura específica (energia potencial constante) é liberada. O braço atinge a amostra e a mesma quebra. A partir da energia absorvida pela amostra, a energia de impacto é determinada. As amostras são todas entalhadas em uma máquina específica e o entalhe tem profundidade de no máximo 2,05 mm e no mínimo 1,95 mm. Os ensaios de impacto são usados para o estudo da resistência do material.

A dureza do material é um fator da sua capacidade para absorver energia durante a deformação plástica. Materiais frágeis com baixa resistência tem como resultado pequena quantidade de deformação plástica que eles podem suportar. O valor do impacto também pode com a temperatura. Geralmente, a temperaturas mais baixas, a energia de impacto de um material é diminuída [8].

Antes de iniciarmos as análises de impacto e até mesmo de realizar o entalhe em cada amostra, medimos com paquímetro a largura e a espessura das mesmas e registramos em uma tabela dinâmica do Excel.



Figura 7: Preparação do corpo de prova.

A Figura 7 mostra a imagem de um corpo de prova com entalhe. Lembrando que depois de realizar o entalhe em todas as amostras, as mesmas terão que ficar em repouso durante no mínimo doze horas, uma vez que as moléculas do polipropileno se agitam após a confecção do entalhe. Com resultados na mão, é só inserir na tabela e depois analisar a média dos valores e o resultado com o padrão.

A legenda da tabela consistem em: Larg.mm – largura da amostra em milímetros. Esp.mm – Espessura da amostra em milímetros. Largura após Ent. – Largura da amostra após entalhe. Profundidade. Entalhe. – Profundidade do entalhe. Área Entalhe – Área do entalhe. Pré-tabalho. - Consiste no erro do equipamento. Trabalho – O valor mostrado pela máquina após análise, mostrado em Joules. Resist. Imp.: Resistência ao Impacto IZOD, mostrado em KJ/m2.



Figura 8 – Máquina de Impacto Izod.

A Figura 8 mostra a máquina de Impacto Izod, assim como a fixação da amostra no aparelho. Cálculos para valores da Análise de Impacto. Onde, Larg. após Ent.; seria a largura inicial, neste caso 10,03 menos a profundidade do entalhe 1,95; no caso 8,08. Área Ent. – Seria a Espessura em mm vezes a Larg. após Entalhe. Ex: 4,04 x 8,08 = 32,64. Resistência ao Impacto (J/m2) = Resistência ao Impacto IZOD dar-se a partir da fórmula:

$$\text{Trabalho J} - \text{Pré- trabalho} = \text{Impacto Izod} \\ \text{Área entalhe} \times 1000$$

Inserindo os valores na tabela temos:

Resistência ao Impacto IZOD - PP sem Carga								
Amostra	Larg.mm	Espes. mm	Larg. após Ent.	Prof. Ent.	Área Ent.	pré trab.	Trabalho J	Resist. Imp
1	10,03	4,04	8,08	1,95	32,64	0,011	0,523	15,7
2	10,01	4,04	8,06	1,95	32,56	0,011	0,412	12,3
3	10,02	4,04	8,02	2,00	32,40	0,011	0,451	13,6
4	10,04	4,03	8,04	2,00	32,40	0,011	0,423	12,7
5	10,04	4,04	8,00	2,02	32,40	0,011	0,456	13,8
6	10,02	4,03	7,99	2,02	32,32	0,011	0,500	15,1
							Média	13,86

Tabela 4 - Resistência ao Impacto Izod – PP sem carga
Fonte: Ernandes C. de Albuquerque.

Resistência ao Impacto IZOD - PP com Carga								
Amostra	Larg.mm	Espes. mm	Larg. após Ent.	Prof. Ent.	Área Ent.	pré trab.	Trabalho J	Resist. Imp
1	10,06	4,03	8,06	2,00	32,48	0,011	0,550	16,6
2	10,05	4,03	8,10	1,95	32,64	0,011	0,638	19,2
3	10,03	4,04	7,98	2,05	32,24	0,011	0,698	21,3
4	10,04	4,03	8,06	1,98	32,48	0,011	0,698	21,2
5	10,03	4,03	7,99	2,04	32,20	0,011	0,687	21
6	10,03	4,03	8,08	1,95	32,56	0,011	0,594	17
							Média	19,38

Tabela 5 - Resistência ao Impacto Izod – PP com carga
Fonte: Ernandes C. de Albuquerque.

As Tabelas 4 e 5 mostram os valores de resistência ao impacto que corresponde respectivamente a um valor bem menor para PP (polipropileno) sem carga. Durante a execução do teste, ainda observa-se o tipo de ruptura quando o martelo da máquina atinge a amostra. No caso do PP (polipropileno) sem carga, todas as amostras romperam-se totalmente, logo o tipo de ruptura foi total. Ruptura parcial acontece quando o martelo parte o corpo de prova no retorno do martelo em sua posição de descansa. Ruptura Total, o martelo parte a amostra no primeiro contato, Enquanto que as amostras com carga romperam-se todas parcialmente e as sem carga romperam-se totalmente. Em relação aos valores de Impacto Izod, o Polipropileno com carga ficou com valores de 19,38 J/m² e os sem carga com 13,86 J/m².

Obs: Os valores das amostras segundo a ISO 180/A. (Resistência ao Impacto) ficaram baixo do especificado na norma, 29 e 35 respectivamente. O fornecedor foi acionado, porém não soube informar o que mudou no processo de injeção para a análise diagnosticar valores tão baixos em relação à norma; porém a diferença entre os valores serve de parâmetro para a análise em questão. Este tipo de análise pode ser realizada em três temperaturas diferentes e consequentemente com valores diferentes; 23°C, no caso desta análise, 0°C e a - 30°C. Este tipo de análise pode ser realizada em três temperaturas diferentes e consequentemente com valores diferentes; 23°C, no caso de nossa análise, 0°C e a - 30°C. De acordo com o clima que os automóveis irão ser usa dos; ou seja, em países com temperaturas ambientes bem mais baixas.

11 Análise de Flexão e Módulo

Esta análise também tem como corpo de prova a mesma amostra da análise de impacto Izod, ou seja, com as mesmas dimensões de acordo com a norma ISO 178. Consistem conferir qual o módulo e qual a flexibilidade de cada material. É realizada em uma máquina específica chamada INSTRON e consistem em medir a largura e a espessura do material e registrar no software. O material é mais rígido ou menos rígido através da inclinação da reta. Quanto menor a inclinação da reta, o material é menos rígido. Após o ensaio da amostra de Polipropileno sem cargas foi observado um módulo de 1.088,98 Mpa (Mega Pascal), bem menor do que o valor com carga (2.042,66) e a resistência à flexão com valores de 26,32 Mega Pascal contra 27,72 Mega Pascal.



Figura 9: Análise de Flexão.

	Espessura (mm)	Largura (mm)	Módulo (0,05 %- 0,25 %) (MPa)
1	4,04	30,05	1.904,46
2	4,03	30,04	2.006,30
3	4,04	30,07	2.086,18
4	4,03	30,04	2.161,80
5	4,04	30,07	2.075,04
6	4,04	30,07	2.022,49
Mínimo	4,03	30,04	1.904,46
Máximo	4,04	30,07	2.161,80
Média	4,04	30,06	2.042,66
Desvio Padrão	0,01	0,02	87,15
Coefficiente de Variação	0,12793	0,14971	4,26668

Tabela 6: Análise de Flexão. Fonte: Software Bluril

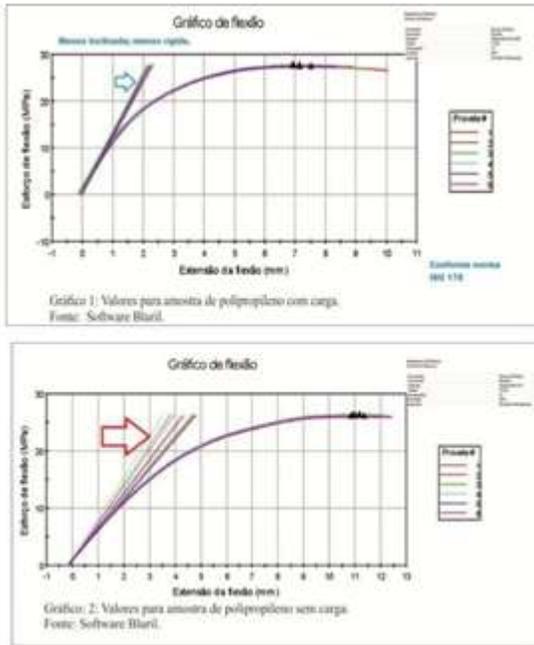
A Tabela 6, mostra o valor de 2.042,66 para o polipropileno com carga e 1.088,96 para o polipropileno sem carga como mostra a seguir a Tabela 7. Segue os valores na tabela com a análise do polipropileno sem carga.

	Espessura (mm)	Largura (mm)	Módulo (0,05 %- 0,25 %) (MPa)
1	4,04	30,02	965,04
2	4,04	30,04	1.126,06
3	4,03	30,00	1.141,91
4	4,04	30,03	1.202,51
5	4,04	30,03	1.004,93
6	4,04	30,01	1.071,45
Mínimo	4,03	30,00	965,04
Máximo	4,04	30,04	1.202,51
Média	4,04	30,02	1.088,98
Desvio Padrão	0,00	0,01	83,37
Coefficiente de Variação	0,30309	0,14668	7,70295

Tabela 7: Análise de Flexão. Fonte: Software Bluril

O Software Bluril além de mostrar os valores nas tabelas, também plota automaticamente os gráficos como as imagens a seguir:

O gráfico 1, apresenta todas as retas referente as seis amostras testadas bem mais homogenia, menos inclinadas e bem mais próximas do que o polipropileno sem carga.



apresentaram praticamente uma ruptura imediata, com alongamento 10,4%, mostrado na Figura 11.



Figura 11: Polipropileno com carga.

Na Figura 12, observamos a diferença da amostra sem carga antes e de depois de submetida ao teste de tração e alongamento.

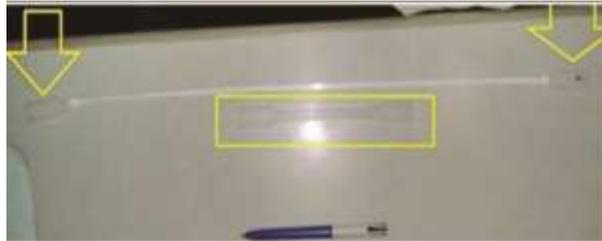


Figura 12: Polipropileno sem carga.

12 Análise de Tração e Alongamento

Com corpos de provas específicos com dimensões de acordo com a norma ISO 527 (Prova do tipo 1B, com velocidade de 50 mm/min.), Também analisado na máquina Instron, a tração e alongamento das amostras são medidos através do mesmo software de nome BLURIL e apenas os suportes de fixação da amostras são trocados e é encaixado um extensômetro XL, este tem a finalidade de transmitir dados para o computador após o rompimento. A cada amostra testada, o extensômetro é retirado e reposicionado na nova amostra que será analisada.

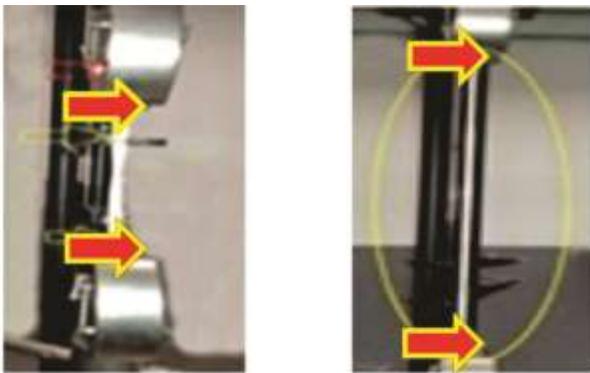


Figura 10: Comparativo com o tamanho inicial.

Os corpos de prova sem carga alcançaram um alongamento acima de 400%, enquanto seria admissível em torno de 100 a 150% para este tipo de polipropileno. A Figura 10 mostra um alongamento muito maior do que a posição inicial. Enquanto os corpos de prova com carga,

13 Contração

Toda matéria prima tem em sua característica a contração quando a peça esfria; após passar pelo molde de injeção a peça esfria e se contrai. Na verdade trata-se de um encolhimento de volume das peças, isto referisse diretamente a um cálculo de perda de volume prevista após o processo de injeção finalizado. A esta diferença dar-se o nome de contração. Quanto maior for a densidade do produto, temperatura da matéria prima, espessura da parede do produto e temperatura do molde, maior a contração. Cada tipo de polímero tem o seu percentual de contração e este deve ser levado em conta antes da conformação do processo de injeção; sendo este informado pelo fabricante da matéria prima.

14 Coeficiente de Dilatação Linear (CLTE)

O aumento de volume de um corpo ocasionado pelo aumento de sua temperatura, o que ocasiona um aumento no grau de agitação de suas moléculas e consequentemente aumento na distância média entre as mesmas. A dilatação ocorre de forma mais significativa os gases, de forma intermediária nos líquidos e de forma menos explícita nos sólidos [9].

O laboratório não disponibiliza máquinas para realizar esta análise comparativa entre os dois, mais sabe-se que um material de polipropileno com carga de 20% de talco tem um coeficiente de dilatação linear bem menor do que o material sem carga. A carga proporciona ao mesmo uma maior estabilidade dimensional quando a peça é exposta a temperaturas mais elevadas. Os valores dos mesmos a uma temperatura de 10 -6 °C tem valores de 50 a 60 para o Polipropileno com carga de 20% e 110 a 120 para os Polipropileno sem carga.

15 Conclusão

O Kaizen foi desenvolvido para a melhoria nas áreas de manufatura, identificando pontos durante o processo produtivo que podem ser melhorados através da eliminação de desperdícios como neste caso a troca do metal do para-choque por plástico, pois o custo de produção é bem mais caro do que o plástico injetado, sem mencionar a própria inserção de carga mineral durante o processo de injeção que também diminui ainda mais o custo do processo, pois as fábricas de peça plásticas injetadas passaram a usar uma quantidade menor de plástico nas peças dos para-choques do que antes.

Também houve um aspecto bem interessante na identificação deste Kaizen que é mostrado neste estudo de caso; trata-se da quebra de paradigma. O que parecia forte e seguro nas peças confeccionadas por metal tornaram-se inseguro e caro depois de estudos da força de impacto que é transferida ao condutor. Em vista dos aspectos apresentados através de resultados de análises em corpos de prova com dimensões.

Conforme a norma ISO 178 (Determinação de propriedades de flexão em plásticos) e a norma ISO 527 (Determinação em propriedades de tensão); entende-se que de fato a evolução das grades de para-choques foi evidenciado no fator segurança para os motoristas e o fator redução de custos no processo de produção para as montadoras. Incrementando ainda mais a necessidade de construção de automóveis mais seguros e mais econômicos com a diminuição do peso dos mesmos.

E o fato de dirigir um automóvel, tornou-se uma atividade muito mais confortável e segura. De forma intencional o Kaizen surgiu nas fábricas de automóveis apresentando um processo de melhoria continua visivelmente observado através do extremo conforto que atualmente é percebido nos automóveis atuais, principalmente com a inserção dos plásticos em diversas partes do veículo, inclusive dentro do seu habitáculo; tornando a atividade de dirigir mais segura e confortável.

Referências

- [1] TENSILE PROPERTIES, Disponível em: www.ides.com/property_descriptions/ISO_527-1-2.asp. Acesso em: 14/05/2014.
- [2] IMAI, Masaaki. Kaizen, A estratégia para o sucesso São Paulo: Editora Imam, 1994. 236p.
- [3] EUROPE, Standard – Plastics de Determination of Flexural Properties (ISO 178:2001), Super-sedes, February 1997.
- [4] TBM CONSUNTING GROUP. Disponível em: <http://www.tbmcg.com> Acesso em: 31 novembro 2005.
- [5] PETRY, André, Mercado Brasileiro de Polipropileno com ênfase no Setor Automobilístico. Porto Alegre. UFRGS. 2011.
- [6] ANISOTROPIA, Disponível em: www.dicionarioinformal.com.br/anisotropia. Acesso em: 10/05/2014.
- [7] CANEVAROLO, Sebastião V.Jr., Ciência dos Polímeros – Um texto Básico para Tecnólogos e Engenheiros 2ª Edição Revisão Ampliada. São Paulo. Al tiber 2002.
- [8] ABNT - NBR8425 MB1694, Plásticos rígidos – Determinação da resistência ao impacto Izod, São Paulo, 1984.
- [9] DILATAÇÃO TÉRMICA, Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Dilata%C3%A7%C3%A9r_mica. Acesso em: 25/04/2014
- [10] MORASSI, Odair José. Polímeros Termoplásticos, termofixos e elastômeros Minicursos 2013. Conselho Regional de Química IV Região SP. São Paulo. 2013
- [11] FIERGS. Centro Tecnológico de Polímeros. Centro de transformação dos Elastômeros 2ª Edição Revisada e Ampliada. Apex, 2000.

O Programa 5S: Influência nas Organizações

Title: The 5S Program: Influence in organizations

Italo Ferreira Barbosa da Silva
Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
italo_ferreira_9@hotmail.com

Fernando Guilhobel Rosas Trigueiro
Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
focus@focustrigueiro.com.br

Resumo *O programa 5S é uma ferramenta da qualidade que visa mudar o comportamento das pessoas, organizar o ambiente deixando-o mais limpo e ergonomicamente adequado, melhorar a qualidade de vida dos empregados, reduzir custos e os desperdícios, e aumentar a produtividade da empresa. O programa é dividido em cinco passos. O primeiro passo da implantação é o senso de utilização, depois os sentidos de ordenação, limpeza, saúde e autodisciplina. O senso de utilização se destina a separar tudo o que necessário do que não é necessário. O segundo, o de organização, pretende organizar todo o material que foi separado na etapa anterior. O terceiro senso, limpeza, tem o intuito de educar o colaborador para que o mesmo limpe e deixe sempre limpo o seu local de trabalho. O senso de saúde busca evitar problemas físicos e mentais, ou seja, adequar o ambiente ao colaborador, deixando-o ergonômico, fornecendo equipamento de proteção individual (quando necessário) e fornecendo um local de trabalho agradável após a implantação dos três primeiros sentidos. E por último, a autodisciplina, pretende reforçar tudo que foi implantado até o momento e estimular os colaboradores a manter o programa por longo tempo. Além de apresentar os cinco sentidos, este trabalho menciona as principais vantagens e cuidados da implantação do programa.*

Palavras-Chave: *Qualidade. 5S. Redução de custo. Produtividade. Qualidade de vida*

Abstract *The 5S program is a quality tool that aims to change the behavior of people, organize the environment by making it more clean and ergonomically appropriate, improve life quality of employees, reduce costs and waste and increase productivity of the company. The program is divided into five steps. The first step of implementation is the sense of use followed by the senses of order, cleanliness, health and self-discipline. The sense of use is intended to separate everything you need from what is not necessary. The second step, the organization one, intends to organize all the material that was separated in the previous step. The third sense, cleaning, aims to educate the employee to clean and always leave his workplace clean. The sense of health seeks to avoid physical and mental problems, in other words, adjust the environment to the employee by leaving it ergonomic, providing personal protective equipment when necessary and a pleasant workplace after the implementation of the first three senses. Finally, self-discipline aims to strengthen all that has been deployed until now and encourage employees to maintain the program for a long time. In addition to presenting the five senses, this paper mentions the main advantages and care of the program implementation.*

Keywords: *Quality. 5S. Cost reduction. Productivity. Quality of life*

1 História

O programa 5S surgiu no Japão, no início dos anos 50, logo após a segunda guerra mundial. O país vivia uma grande desestruturação física e financeira devido aos ataques das bombas nucleares realizado pelos Estados Unidos, por esse motivo foi necessário uma reestruturação no país que estava com sua economia completamente devastada [1].

O professor japonês Masaaki Imai foi o grande criador das regras dos 5 sentidos. Ele ficou conhecido como o pai do Kaizen, a metodologia japonesa que enfatiza a melhoria contínua e serve de base para esses 5 pilares. Foi fundador do Instituto Kaizen e trabalhou por vários anos na empresa Toyota.

A princípio o 5S focava em amenizar os danos causados pela guerra, reduzir desperdício e otimizar o espaço. Com o passar do tempo o programa começou a se desenvolver ainda mais.

2 Conceito

Mas o que é 5S? Segundo Daychoum [2]: “O programa 5S foi desenvolvido com o objetivo de transformar o ambiente das organizações e a atitude das pessoas, melhorando a qualidade de vida dos funcionários, diminuindo desperdícios, reduzindo custos e aumentando a produtividade das instituições”.

Ou seja, é um conjunto de sentidos com a finalidade de melhorar as pessoas individualmente e conseqüentemente, melhorar o seu local de trabalho e a sociedade buscando aumentar a qualidade de vida. É importante lembrar que as empresas funcionam porque, antes de qualquer atividade gerencial, processos produtivos e máquinas, existem pessoas, por isso o programa tem seu grande foco na mudança no comportamento dos seus colaboradores.

Conforme Lenzi, Kiesel e Zucco [3], Ortiz [4] e Werkema [5] é um grupo de conceitos com a finalidade de melhorar o ambiente organizacional, com o intuito de reduzir custos, aumentar a qualidade de vida e a produtividade da empresa.

No mundo competitivo que vivemos hoje, um simples detalhe poderá fazer uma grande diferença. A qualidade é de extrema importância na sobrevivência das organizações e atua como um grande divisor de águas, separando as empresas competitivas das não competitivas, quando uma empresa implanta um sistema de qualidade ela se destaca com relação aos seus concorrentes tornando-se mais sólida.

Para Trigueiro [6], Lenzi, Kiesel e Zucco [3] e Moraes [7] o nome 5S é derivado das iniciais de cinco palavras

japonesas Seiri, Seiton, Seisou, Seiketsu e Shitsuke e em português significa respectivamente Senso de Utilização, Senso de Ordenação, Senso de Limpeza, Senso de Saúde e Senso de Autodisciplina.

3 Os sentidos

Para Rodrigues [1] e Daychoum [2], o senso de utilização está relacionado com o descarte, separar tudo aquilo que não serve mais para um determinado setor e, caso esteja em boas condições, disponibilizar para outro setor, se não for útil para mais ninguém da organização, esse material deverá ser eliminado, ou vendido. Esse senso tem como principal objetivo sistematizar o local de trabalho, deixando-o mais agradável, mais espaçoso, além de reduzir custos com a aquisição de material já existente.

Já o senso de organização é responsável por separar todo o material, que foi separado na etapa anterior e identificado como necessário, e arrumá-lo de modo que tudo fique corretamente identificado e guardado no seu devido local, de preferência em um lugar de fácil acesso. Assim, será mais fácil para o colaborador localizar os objetos que deseja, minimizando o tempo perdido na procura do mesmo, evitando o desgaste (físico e mental) e aumentando a produtividade de suas atividades. Além de evitar materiais duplicados e perdidos no estoque, reduzir o retrabalho [4,2].

O terceiro se refere ao senso de limpeza, para Trigueiro [6] “é o senso que exige bastante esforço, pois indica mudanças de hábitos, relacionamento humano, além de cuidados com a aparência física”, ou seja, o senso de limpeza precisa primeiramente mudar as pessoas e seu modo de pensar, fazendo com que elas não sejam. Tem como objetivo deixar o local de trabalho limpo e seguro, além de deixar as máquinas e equipamentos em perfeito estado pronto para o trabalho. Com esse senso espera-se criar uma imagem agradável do setor, com um aspecto limpo e arrumado, melhorando a qualidade de vida dos empregados [8,1].

O senso de saúde está relacionado ao bem estar físico e mental dos colaboradores em virtude de um ambiente adequado, proporcionado pelos três primeiros sentidos. De acordo com Werkema [5], nesse quarto processo é necessário criar padrões de rotinas para assegurar que os passos anteriores sejam mantidos. É importante que seja observado se o local de trabalho está favorecendo um ambiente harmonioso, calmo e tranquilo, se os colaboradores trabalham com os equipamentos de proteção individuais necessários à segurança, e se a postura e o material que os mesmos utilizam estão ergonomicamente corretos [8]. Ele traz algumas vantagens bastante importantes para organização como aumentar a autoestima do funcionário e a motivação, conseqüentemente aumenta a

sua produtividade, reduzir gastos por motivo de doenças, reduzir riscos de acidente de trabalho, e ainda propicia um ambiente adequado e tranquilo.

E por último, o senso de autodisciplina, que nada mais é do que manter tudo aquilo que já foi implantado nos quatros sentidos anteriores e melhorá-los ainda mais e continuamente. Para Rodrigues [1], Werkema [5] e Ortiz [4], é necessário conscientizar os funcionários fazendo com que todos esses passos implantados virem uma rotina em suas vidas, criando uma cultura organizacional. É interessante observar que esse senso tem como sua principal vantagem a interação entre todos envolvidos, estimulando um melhor relacionamento entre todos. E ainda ajuda a estimular a comunicação, o respeito mútuo, a confiança e a satisfação de todos envolvidos (clientes internos e externos).

4 Influência nas organizações

Nos últimos anos, desde o final da segunda guerra mundial, as empresas estão buscando, cada vez mais, se destacar perante seus concorrentes e, com o mundo bastante globalizado e competitivo que vivem, a necessidade de aprimorar o seu diferencial é ainda maior.

Para que as organizações sobrevivam a tantas mudanças e ameaças do cenário atual, é preciso que seja criado um sistema de qualidade que as tornem um modelo de excelência. Uma ferramenta bastante simples que pode ajudar as organizações a se destacarem na criação do sistema de qualidade é o programa 5S.

O objetivo principal desse método é incentivar os colaboradores a mudarem de comportamento em busca de um melhor ambiente de trabalho em que todos estejam envolvidos com a qualidade de vida mútua, buscando reduzir os desperdícios, diminuir os custos e aumentar a produtividade da empresa e de seus funcionários.

Ao implantar o programa 5S, é possível observar um local mais limpo, organizado, seguro e ergonômico. Um local sem a desordem dos papéis, documentos, ferramentas e materiais, propicia autoestima e estimula a rotatividade dos funcionários. Se todo o material estiver devidamente organizado e sua localização for de fácil acesso facilitará ao empregado resolver os problemas de forma mais prática e sem desgastes [4].

De acordo com Rodrigues [1] o programa é repleto de várias vantagens e quando conduzido com eficácia é possível observar uma melhor utilização do espaço, administração dos equipamentos e materiais, diminuição do desperdício, maior controle organizacional e um aumento da auto estima dos colaboradores.

Segundo Rodrigues [1], Werkema [5], Ortiz [4] e Marshall Júnior et al. [9], essa ferramenta proporciona

uma vantagem competitiva, pois, após ser implantada, trará à empresa mais agilidade na resolução dos problemas, aumento da produtividade, redução dos custos e despesas, redução na aquisição de materiais desnecessários, aumento na integração entre os funcionários, visibilidade por parte dos clientes internos e externos, aumento da qualidade e da segurança, otimização do layout, tendência a eliminação de erros e padronização do sistema.

Além de todas essas vantagens, o 5S serve de base para o sistema Lean Manufacturing, que é uma filosofia de gestão inspirada do Sistema Toyota. Também conhecido como Sistema Toyota de Produção, foi desenvolvido com o objetivo de eliminar os desperdícios, já que a produção em massa não funcionaria no Japão principalmente pela falta de espaço territorial do país.

Marshall Júnior et al. [9] deixa claro que assim como o Lean, o 5S foca a melhor maneira de mudar seu ambiente, procurando reduzir desperdícios e aumentando sua produtividade.

Segundo o Lean Institute Brasil [10], o Lean é um conjunto de pensamento no qual tem como sua natureza utilizar os mínimos recursos para maximizar os resultados, ou seja, busca eliminar de forma constante os desperdícios e analisar de forma holística os problemas. Para que essas duas ferramentas funcionem, é preciso reestruturar todo o pensamento organizacional, desde o desenvolvimento das pessoas até a forma com que se gerencia e lidera a equipe. Por isso é preciso que haja um envolvimento mútuo de todas as pessoas para o sistema da resultados.

Segundo o Ribeiro [11] “a empresa que trata o 5S apenas como uma atividade paralela do Lean, e não como uma base, seguramente tem ou terá dificuldade para fazer o sistema “rodar”.”

Para o funcionamento eficaz do Lean Manufacturing é preciso que este seja visto mais do que um sistema de gestão, e sim, que ocorra uma transformação no ambiente de trabalho, tanto física quanto comportamental. Muitas empresas adotam o Lean, mas acabam com dificuldade em sua implantação, isso ocorre porque o programa de 5S da empresa não está realmente concretizado. Ou seja, o 5S é a base para a implantação do sistema Lean, é fundamental a absorção prévia de toda a cultura dos cinco sentidos [11].

Segundo Rodrigues [1] a construção de um ambiente harmônico (limpo e organizado) é condição vital para operar de forma eficaz as ações implantadas no Lean.

5 Um estudo de caso

Uma empresa de médio porte do ramo de engenharia clínica, com aproximadamente 100 funcionários, tentou

implantar o programa 5S. No início, vários benefícios foram percebidos, logo no primeiro senso a empresa começou a se desfazer de alguns materiais eletrônicos e conseguiu gerar dinheiro ao vendê-los. Em seguida a empresa otimizou seu espaço colocando os objetos em armários identificados com índices, minimizando o tempo em sua localização. Por fim, os colaboradores receberam os EPI's necessários para realizarem suas atividades e foi estipulado um intervalo diário para realização da ginástica laboral, tudo para motivar os funcionários. Porém, o programa foi perdendo força com o passar do tempo. Isso aconteceu porque não houve um apoio conciso da alta direção, fazendo com que os colaboradores também não dessem a devida credibilidade.

É importante certificar-se que exista uma participação da alta direção ao implantar o programa, pois sem o envolvimento direto da gerência o programa tende a falhar a longo prazo, assim como aconteceu com a empresa citada.

Mas como fazer com que a direção participe desse processo? Uma das formas de conseguir o apoio da alta direção é mostrar de forma quantitativa os benefícios do 5S na produtividade e eficiência dos colaboradores, e como essas mudanças vão impactar em sua lucratividade. Além disso, a gerência precisa entender que não se deve olhar apenas o faturamento da empresa. Ao implantar o programa a organização reduzirá seus custos e, portanto, aumentará sua margem de lucro.

Além da gerência, é importante escolher pessoas com o perfil adequado para liderar o programa e que seja disponibilizado tempo para o colaborador se dedicar ao 5S. Se o mesmo estiver sobrecarregado com suas atividades diárias, não se sentirá motivado para continuar o programa, o que influenciará nos resultados da implantação [2].

Referências

- [1] M. V. Rodrigues. Entendendo, aprendendo e desenvolvendo sistema de produção Lean Manufacturing. 2ª Edição. Elsevier, Rio de Janeiro, 2016.
- [2] M. Daychoum. 40 Ferramentas e técnicas de gerenciamento. 3ª Edição. Brasport, Rio de Janeiro, 2007.
- [3] F. C. Lenzi, M. D. Kiesel, F. D. Zucco (Org.). Ação empreendedora: como desenvolver e administrar o seu negócio com excelência. Gente, São Paulo, 2010.
- [4] A. C. Ortiz. Kaizen: e implementação de eventos kaizen. Trad. de Luiz Claudio de Queiroz Faria. Bookman, São Paulo, 2010.
- [5] C. Werkema. Lean seis sigma: introdução às ferramentas do lean manufacturing. 2ª Edição. Elsevier, Rio de Janeiro, 2012.
- [6] F. G. R. Trigueiro. 5S na família: qualidade agora. 1ª Edição. FCAP Books, Recife, 2007.
- [7] G. Moraes. Elementos do sistema de gestão de SMSQRS: sistema de gestão integrada. 2ª Edição. GVC, [S.l.], 2010.
- [8] M. V. C. Rodrigues. Ação para a qualidade: GEIQ, gestão integrada para a qualidade: padrão seis sigma, classe mundial. 1ª Edição. Quality-mark, Rio de Janeiro, 2004.
- [9] I. Marshall Junior et al. Gestão da qualidade e processos. 1ª Edição. FGV, Rio de Janeiro, 2012.
- [10] Lean Institute Brasil. O que é Lean. <http://www.lean.org.br/o-que-e-lean.aspx>, Mai. 2016.
- [11] H. Ribeiro. 5S – O Amigo do Lean Manufacturing. <http://www.pdca.com.br/site/artigos-haroldo-ribeiro/5s--o-amigo-do-lean-manufacturing.html>, Mai. 2016.

A Demanda de Medição de Vazão e Volumes de Esgotos em Estações de Tratamento de Esgotos do Interior de Pernambuco

Title: The demand of flowmeters and wastewater volumes in sewage treatment plants in the country side of Pernambuco State

Alexandre José Gomes Moreira
Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
alexjgm@ig.com.br

Ana de Fátima Braga Barbosa
Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
afbb.direito@yahoo.com.br

Resumo *Este artigo é o resultado de um estudo de caso que tem como objetivo apresentar a demanda de macromedidores para macromedição das Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) do interior do estado de Pernambuco, indicando, além das quantidades, o custo estimado para a aquisição e instalação dos equipamentos. Apresenta também, uma análise SWOT do programa para instalação dos macromedidores, mostrando as vantagens e desvantagens, e o porquê da sua realização.*

Palavras-Chave: *Macromedidor, esgoto, tecnologia, saneamento, vazão, volume*

Abstract *This article is the result of a case study that aims to present the flowmeters demand for measurement of Sewage Treatment Plants (STPs) in the state of Pernambuco, indicating, in addition to the amounts, the estimated cost for the acquisition and installation of equipment. It also presents a SWOT analysis of the program for installation of flowmeters, showing the advantages and disadvantages, and the reason why.*

Keywords: *Flowmeter, sewage, technology, sanitation, flow rate, volume*

1 Introdução

A carência de equipamentos para medição de vazão e volumes em ETEs do interior de Pernambuco é uma realidade.

“Implantar sistemas de medição, tem um papel essencial para às companhias públicas de abastecimento de água, pois proporciona o conhecimento das variáveis envolvidas no processo (...)”. [1]

“A macromedição é o conjunto de medições realizadas nos sistemas de abastecimento de água, desde a captação de água bruta até as extremidades da rede de distribuição. [1]

As variáveis de interesse são: vazão e volume, que podem ser medidas através de macromedidores. A NBR 10977-1989 define vazão como “a quantidade de fluido que escoar através da seção transversal de um conduto por unidade de tempo” [2].

Este estudo visa indicar a demanda de medidores de vazão necessários para a medição das vazões e volumes tratados de esgotos nas ETEs operadas pela Compesa, localizadas basicamente no interior do estado de Pernambuco, bem como, fornecer dados para a aquisição e instalação dos medidores adequados a realidade de cada ETE. Fornecer, também, uma estimativa de custos para aquisição e instalação física dos medidores. Apresentar uma análise indicando as vantagens e desvantagens da implantação de um programa visando a instalação dos medidores.

2 Objetivo Geral

Levantar a demanda de macromedidores para as estações de tratamento de esgotos do interior de Pernambuco.

3 Objetivos Específicos

- Identificar as ETEs em operação no interior do estado de Pernambuco.
- Quantificar os macromedidores necessários para suprir a demanda de macromedição das ETEs do interior.
- Fornecer estimativa de custos para aquisição de macromedidores e data-loggers.
- Fornecer estimativa de custos para os serviços de instalação dos macromedidores e obras civis para caixas de proteção dos equipamentos.
- Apresentar análise indicando as vantagens e desvantagens da implantação de um programa para macromedição das ETEs do interior.

4 Metodologia

O estudo consistiu em identificar, com base em documentos internos da Compesa, as ETEs em operação no interior do estado.

Após a identificação, foram realizadas visitas a cada ETE, para verificar a realidade local e levantar informações para subsidiar a escolha da tecnologia de medição mais adequada à realidade. Foi elaborado check-list, para padronizar a coleta de dados, onde foram verificadas informações, tais como: presença de operador na unidade, risco de depredação, existência de calha parshall na chegada da unidade, se o sistema possui Estação Elevatória de Esgotos (EEE), e se havia condições de instalação de macromedidor na saída da EEE.

5 Macromedidores

Os macromedidores são equipamentos individuais, responsáveis por realizar a macromedição de fluidos. Hoje, medidores de vazão já vem sendo utilizados para medições de esgoto [3]. A instalação de macromedidores, nas ETEs operadas pela Compesa, propiciará o conhecimento da vazão e dos volumes produzidos, subsidiará o controle operacional das estações, propiciando o atendimento a legislação, especificamente a resolução CONAMA 430/2011 [4].

5.1 A Macromedição E A Resolução Conama 430/2011

A Resolução CONAMA 430/2011 dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores. Basicamente, estabelece os limites para parâmetros físicos-químicos que os efluentes devem possuir, para serem lançados em corpos de água. Em termos de volumes, não estabelece valores, porém, estão estabelecidos limites de concentração de poluentes que o efluente deve obedecer. Conhecendo com a maior precisão possível a quantidade de efluente que lança nos corpos receptores, os responsáveis poderão mensurar com maior confiança, os parâmetros exigidos pela resolução em seus lançamentos. Segundo o art. 24 da referida resolução, “os responsáveis pelas fontes poluidoras dos recursos hídricos deverão realizar o automonitoramento para controle e acompanhamento periódico dos efluentes lançados nos corpos receptores, com base em amostragem representativa dos mesmos.” Extrapolando a ideia que o texto do artigo nos passa, acreditamos na necessidade de monitoramento das vazões e volumes tratados e lançados nos corpos de água, para um efetivo controle operacional.

5.2 Classificação dos Medidores

A NBR 10396-1988 [5] classifica os medidores em 2 grandes grupos: volumétricos e vazão instantânea.

5.2.1 Medidores volumétricos

Medidor no qual o volume do fluido é determinado pelo enchimento e esvaziamento alternados de câmaras de capacidade determinada. São exemplos de medidores volumétricos: diafragma, pistão, rotor, palheta, multirotor, disco de nutação.

5.2.2 Vazão instantânea

Medidor no qual o fluido passa através do elemento primário em escoamento contínuo, fornecendo uma indicação instantânea proporcional à variação da vazão.

Definições: A NBR 10977-1989 [2] define elemento primário e elemento secundário em medição de vazão.

Elemento primário: dispositivo que recebe um estímulo diretamente do fluido que escoar em um determinado conduto e produz um sinal que permite a determinação de vazão. De acordo com o princípio utilizado, o elemento primário pode ser interno ou externo ao conduto.

Elemento secundário: Dispositivo que, recebendo o sinal do elemento primário, mostra, registra, transforma ou transmite a fim de obter o valor da vazão.

A Figura 1 ilustra a classificação dos macromedidores, conforme a NBR 10396-1988 [5].



Figura 1: Classificação dos medidores de vazão. Fonte: ABNT NBR 10396-1988.

5.3 Tipos de macromedidores que podem ser aplicados em medições de esgotos

Nem todos os medidores apresentados se aplicam para medição de esgotos. Os medidores volumétricos citados na NBR 10396-1988 não são utilizados para medição de vazão em esgotos, pois todos apresentam partes móveis, que se deslocam em função de um volume fixo de fluido. Não são recomendados para fluidos que contenham partí-

culas em suspensão, como é o caso de esgotos. Pelo mesmo motivo também não são utilizados para medição de vazão em esgotos os medidores de velocidade. Os medidores de pressão diferencial exigem a passagem de fluidos por orifícios muitas vezes de pequeno diâmetro, e não são utilizados para esgotos pois podem sofrer obstrução que causariam grandes erros nas medições. Medidores térmicos são usados para gases e não são utilizados em saneamento. Medidores vórtice possuem orifícios para transmitir pressão, que podem obstruir e não são utilizados para medições de esgoto.

Podemos listar como medidores de vazão que podem ser utilizados para medição de esgotos:

5.3.1 Vertedouros e calhas

São medidores para canal aberto, instrumentos tradicionais na medição de vazão, seu funcionamento se baseia na diferença do nível de água que se estabelece quando da interposição de um estrangulamento de seção ou colocação de um obstáculo de fundo no escoamento a lâmina livre. Dentre os medidores de canal aberto, o mais utilizado no saneamento é, sem dúvida, a calha Parshall [6].

Vantagens:

- Não necessita de fornecimento externo de energia;
- São equipamentos de baixo custo;
- Não necessita de manutenção frequente, limitando-se à limpeza de seus canais;
- Permite a medição de líquidos com sólidos em suspensão;

Desvantagens

- Necessita da existência de canais de entrada nas Estações de Tratamento;
- Baixa resolução da medição.

5.3.2 Medidores Eletrônicos

i. Medidores de vazão (nível eletrônico)

Estes podem ser instalados nos vertedouros e calhas, possibilitando a medição, indicação e totalização dos volumes. São basicamente, medidores de nível ultrassônicos, onde a velocidade do som é a base para a medição, através da técnica de eco. As ondas de ultrassom são geradas por materiais que são excitados em um transdutor, deslocam-se indo de encontro ao fluido, são refletidas por ele, e a distância percorrida pelas ondas é calculada, com base na velocidade de propagação das ondas e do tempo de retorno ao transdutor.

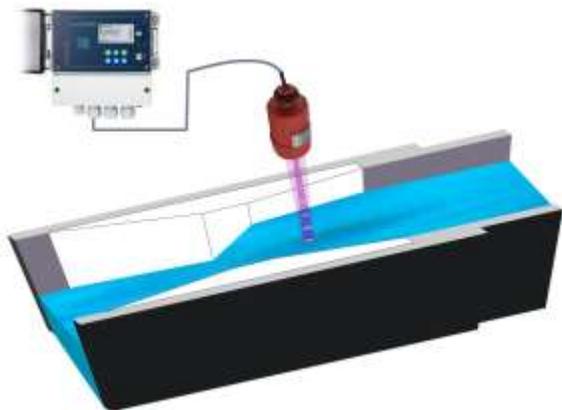


Figura 2: Calha Parshal com medidor de vazão eletrônico – Fonte: www.nivetec.com.br

Vantagens:

Baixo custo de aquisição, exige pouca manutenção.

Desvantagens:

Necessita de fonte de energia próxima.

ii. Medidores eletromagnéticos

Estes são medidores que se baseiam na lei de Faraday de indução eletromagnética para realizar a medição. Esta lei diz que se um fluido condutor cruza perpendicularmente um campo magnético, uma tensão é gerada entre 2 eletrodos, e essa tensão será proporcional à velocidade do fluido. São medidores utilizados em condutos fechados. Exigem para um perfeito funcionamento que toda a seção interna do medidor esteja completamente preenchida pelo líquido a medir, ou seja, que o conduto esteja sob pressão. Contudo, existe um modelo de medidor eletromagnético capaz de medir tubulações parcialmente preenchidas.



Figura 3: medidor de vazão eletromagnético versão compacta instalado – Fonte: <https://sanisoluti.com.br/>

Vantagens	Desvantagens
Apresenta grande precisão.	Custo de aquisição e instalação altos.
Não possui peças móveis. Baixa manutenção.	Grande cuidado deve ser dado à instalação elétrica e aterramento do medidor.
Virtualmente insensível à densidade e à viscosidade do fluido de medição.	Necessita de fonte de energia próxima.

Tabela 1: Vantagens e desvantagens do medidor eletromagnético carretel – Fonte: o autor.

iii. Medidores ultrassônicos efeito doppler

Os medidores ultrassônicos para condutos fechados que são usualmente utilizados para medir esgotos são os do tipo “clampon”. Estes são compostos de transdutores (sensores) e unidade eletrônica para indicação da vazão/volumes. Os transdutores são aplicados por fora das tubulações, exigindo para isso a aplicação de gel, que propicia a propagação do som. Faz-se necessário o conhecimento da espessura da parede da tubulação, para a correta medição com esses medidores.

Vantagens	Desvantagens
Fácil instalação.	Alto custo
Boa precisão	Requer reposição de gel do transdutor com certa frequência
-	Incrustações na tubulação causam medições imprecisas

Tabela 2: Vantagens e desvantagens do medidor ultrassônico clampon – Fonte: o autor.

6 As ETEs operadas pela COMPESA

Após o contrato de Parceria Público Privada (PPP) firmado entre a Compesa e a Odebrecht Ambiental, a operacionalização do tratamento de esgotos na RMR e na cidade de Goiana foi concedido à segunda. Cabe à Compesa o tratamento e destinação dos esgotos das cidades do interior do estado e do arquipélago de Fernando de Noronha. São ao todo 35 ETEs em operação, distribuídas conforme a Tabela 3.

Região	Qtde. de ETES
Mata Norte	1
Mata Sul	8
Agreste	6
Sertão	18
Fernando de Noronha	2
Total	35

Tabela 3: Distribuição das ETES operadas pela Compesa por região do estado de Pernambuco – Fonte: o autor.

Conforme a Tabela 3, a região onde encontramos a maior quantidade de ETES é o sertão, sendo Petrolina a cidade com a maior concentração, contendo 13 ETES. Número coerente com o tamanho da cidade, e por se encontrar às margens do rio São Francisco, responsável pelo abastecimento da cidade e das outras que encontram-se a sua jusante. A Tabela 4 indica as cidades onde existem ETES no interior e foram realizadas as visitas técnicas.

6.1 Diagnóstico da macromedição nas ETES operadas pela Compesa

Nos sistemas visitados, alguns são compostos por elevatórias que recalcam para as unidades de tratamento. Algumas unidades possuem mais de uma chegada na ETE, e não oferece condições de segurança aos equipamentos para instalação em suas saídas. Foram locados pontos para instalação dos equipamentos, nas saídas de algumas EEE. De um total de 41 macromedidores, hoje temos apenas 4 em funcionamento, que corresponde a 9,75% do total.

7 As Tecnologias de tratamento de Esgotos Predominantes no Estado

As tecnologias de tratamento de esgotos das ETES do interior do estado estão distribuídas conforme a tabela 5.

Tecnologia	Qtde de ETES
Reator UASB + Filtro biológico	9
Lagoas em série	18
Reator UASB + lagoas	7
Reator UASB	1
Total	35

Tabela 5: Tecnologias de tratamento predominantes nas ETES do interior – Fonte: o autor

Barra de Sirinhaém	operando
Rio Formoso	operando
Vitória	operando
Barreiros	operando
Nazaré da Mata	operando
Caruaru	operando
Batateiras	operando
Belém de Maria - loteamento Santa Luzia	operando
Jurema	operando
Jurema - Laje dos Carochos	operando
Jurema - Sítio Salobro	operando
Santo Antônio das queimadas	operando
Garanhuns	operando
Arcoverde - Cohab I	operando
Arcoverde - Cohab II	operando
Ipubi	operando
Petrolina - João de Deus	operando
Petrolina - Cohab VI	operando
Petrolina - Antônio Cassimiro	operando
Petrolina - Ouro Preto	operando
Petrolina - Dom Avelar	operando
Petrolina - ETE Centro	operando
Petrolina - Loteamento Recife	operando
Petrolina - Vila Marcela	operando
Petrolina - Izacolândia	operando
Petrolina - Jardim Petropolis	operando
Petrolina - Rajada	operando
Lagoa Grande	operando
Dormentes	operando
Salgueiro	operando
Parnamirim	operando
F. N Cachorro	operando
F.N Boldró	operando

ETES Operando: 35

Tabela 4: Cidades do interior onde existem ETES e foram realizadas visitas para levantamento da demanda de macromedidores - Fonte: Compesa

7.1 Síntese das tecnologias

7.1.1 Reator UASB

“O Reator UASB é uma tecnologia de tratamento biológico de esgotos baseada na decomposição anaeróbia da matéria orgânica. Consiste em uma coluna de escoamento ascendente, composta de uma zona de digestão, uma zona de sedimentação, e o dispositivo separador de fases gás-sólido-líquido. O esgoto afluí ao reator e após ser distribuído pelo seu fundo, segue uma trajetória ascendente,

desde a sua parte mais baixa, até encontrar a manta de lodo, onde ocorre a mistura, a biodegradação e a digestão anaeróbica do conteúdo orgânico, tendo como subproduto a geração de gases metano, carbônico e sulfídrico. Ainda em escoamento ascendente, e através de passagens definidas pela estrutura dos dispositivos de coleta de gases e de sedimentação, o esgoto alcança a zona de sedimentação” [7].

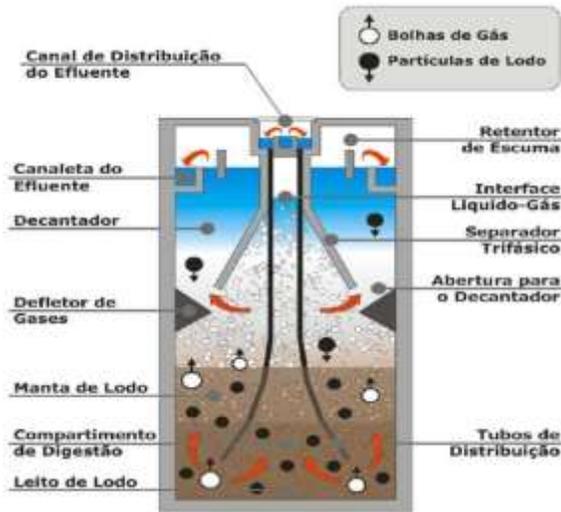


Figura 4: esquema de funcionamento de um reator UASB -- Fonte: <http://engenheirosunidos.com.br/estacoes-de-tratamento-de-esgoto-reatores-uasb-ou-dafa/>

7.1.2 Filtro Biológico

“O filtro biológico é constituído de um leito que pode ser de pedras, ripas ou material sintético. O efluente é lançado sobre este por meio de braços rotativos e percola através das pedras (ou outro material) formando sobre estas uma película de bactérias. O esgoto passa rapidamente pelo leito em direção ao dreno de fundo, porém a película de bactérias absorve uma quantidade de matéria orgânica e faz sua digestão mais lentamente. É considerado um processo aeróbio uma vez que o ar pode circular entre os vazios do material que constitui o leito fornecendo oxigênio para as bactérias. Quando a película de bactérias fica muito espessa, os vazios diminuem de dimensões e a velocidade com que o efluente passa aumenta. Devido a isso surgem forças cisalhantes que fazem com que a película se desgarre do material” [8].

7.1.3 Lagoas

“As lagoas de estabilização são consideradas como uma das técnicas mais simples de tratamento de esgotos. Dependendo da área disponível, topografia do terreno e grau de eficiência desejado” [9].

Nesse sistema de tratamento, o esgoto é tratado de forma natural, em lagoas, onde os micro-organismos degradam a matéria orgânica, reduzindo a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO).

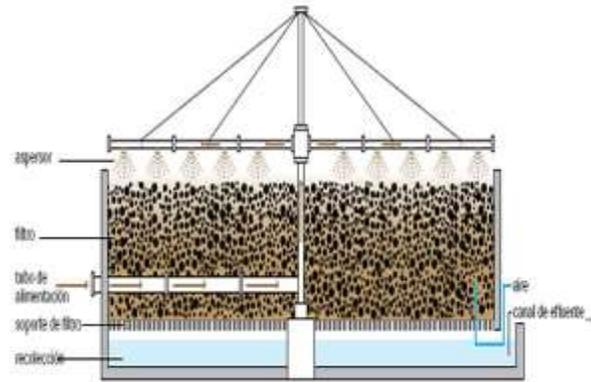


Figura 5: Filtro biológico – Fonte: <http://alianzaporelagua.org/Compendio/tecnologias/t/t8.html>



Figura 6: esquema de tratamento por lagoas. - Fonte: <http://www.naturaltec.com.br/aeracao-por-difusores.html>

8 Locação de medidores de vazão em função da realidade local

O estudo em tela foi realizado levando-se em conta a realidade de cada ETE do interior do estado. Foram realizadas visitas in loco para verificar cada realidade.

Segundo Gomes, “(...) deve ser ressaltado que a medição não pode ser vista como uma operação isolada, independente do contexto e das finalidades(...). Não basta dispor de um instrumento e realizar a leitura, há que se estabelecer um contexto onde se dá a medição” [1].

Na locação dos macromedidores foi levado em conta o contexto de cada ETE.

Se havia operador na unidade, a segurança e o risco de depredação do equipamento, se haveria necessidade de construir caixa de proteção para o sensor ou se havia trecho de tubulação aéreo, onde não precisasse construir caixa de proteção (que aumenta custos).

9 Tecnologias de medição adotadas sugeridas

Com base nas realidades encontradas, sugeriu-se 3 tecnologias para medição.

- (i) Medidores eletromagnético tipo carretel, versão remota e versão compacta;
- (ii) Medidores eletromagnético tipo carretel para tubulações com seções parcialmente preenchidas;
- (iii) Medidores de vazão eletrônicos para calhas e vertedouros.

Os medidores eletromagnéticos tipo carretel de versão compacta foram previstos para instalação nas redes de chegadas de algumas unidades. Nestes medidores os conversores (unidades eletrônicas que apresentam as variáveis ao operador) são acoplados ao sensor. As redes de chegada apresentam trecho aéreo, que facilita a instalação do medidor, bem como o acesso para leitura das variáveis de interesse.

Os medidores eletromagnéticos com indicação remota, foram previstos para instalação na maioria das unidades, e necessitam construção de caixas de proteção, bem como abrigo para os conversores. Os medidores de vazão eletrônicos para calhas e vertedouros, foram previstos para instalação em unidades que apresentam calhas ou vertedouros implantados, e oferecem condições seguras, baixo risco de depredação dos equipamentos.

Além da tecnologia para medição, foi prevista a instalação de *data-loggers*, que são armazenadores eletrônicos de dados. Estes são conectados eletricamente aos macromedidores, e recebem um sinal elétrico proporcional a vazão. Registram os valores, e podem enviá-los via *General Packet Radio Services* (GPRS) para uma central. O GPRS é um protocolo de transmissão de dados via linhas de telefone celular.

Foram previstos os equipamentos listados abaixo e distribuídos conforme a tabela 6:

- (i) 19 medidores eletromagnéticos carretel versão remota
- (ii) 4 medidores eletromagnéticos carretel versão compacta
- (iii) 2 eletromagnéticos carretel seção parcial
- (iv) 12 ultrassônicos eletrônicos para calhas e vertedouros
- (v) 37 *data-loggers* com tecnologia GPRS

Diâmetro (mm)	Quantidade
75 (Compacto)	1
80	1
100	6
150	2
150 (Compacto)	1
200	1
200 (Tidalflux)	2
250	4
300	3
300 (Compacto)	2
400	1
500	1
Ultrassônico calhas e vertedouros	12
TOTAL	37

Tabela 6: Demanda de macromedidores por diâmetro – **Fonte:** elaborada pelo autor.

10 Custo do projeto

Foi realizado um levantamento de previsão de custos para o projeto. O projeto prevê:

- (i) Aquisição de macromedidores;
- (ii) Instalação dos macromedidores e obras civis para construção de caixas de proteção;
- (iii) Aquisição de *data-loggers*.

O custo total em Reais previsto está apresentado conforme a Tabela 7, e é detalhado nas tabelas 8 e 9.

Macromedidores	738.870,55
Instalações e obras	716.730,38
Aquisição de data loggers	110.075,00
Custo Total	1.565.675,93

Tabela 9: Custo total previsto – **Fonte:** o autor.

Referências

- [1] G. R. Andrews, F. B. Schneider. Concepts and Notations for Concurrent Programming. *Computing Surveys*. 15(2):3-43, 1983.
- [2] R. A. Brooks. Autonomous Mobile Robots. In W. E. L. Grimson, , R. S. Paul (eds.) *AI In The 1990's And Beyond*, páginas 343-363, MIT Press, Massachusetts. 1987.
- [3] R. A. Brooks. A Robust Layered Control System for a Mobile Robot. AI Memo 864. Massachusetts Institute of Technology, 1985.
- [4] E. Gat. ALFA: A Language for Programming Reactive Control Systems. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation*. páginas 1116-1121, 1991.
- [5] C. Hewitt. Viewing Control Structures as Patterns of Passing Messages. *Artificial Intelligence*. 8: 323-364, 1977.
- [6] S. Matsuoka, A. Yonezawa. Analysis of Inheritance Anomaly in Object-Oriented Concurrent Programming Languages. In *Research Directions in Concurrent Object Oriented Programming*. MIT Press. páginas 107-150, 1993.
- [7] H. A. Schneebeli. Die Steuerung von Mehrfinger-Greifsystemen. Universidade de Karlsruhe, Alemanha, Março 1992.
- [8] J. E. M. Xavier. Uma Estrutura para a Construção de Sistemas de Controle Baseados em Agentes para Robôs Móveis. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo, Novembro 1996.
- [9] A. Yonezawa, E. Shibayama, T. Takada et al. Modeling and Programming in an Object-Oriented Concurrent Language. In A. Yonezawa, M. Tokoro, (eds.) *Object-Oriented Concurrent Programming*. MIT Press. páginas 55-90, 1991.

Modelo de Excelência da Gestão como uma das bases para a Inovação, algo imprescindível para Micro e Pequenas Empresas

Title: Excellence Management Model as one of the bases for innovation, something essential for Micro and Small Companies

Paula Andréa de B. Franco Brito

Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
paulabrito2808@gmail.com

Ana de Fátima Braga Barbosa

Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
afbb.direito@yahoo.com.br

Resumo *O trabalho apresenta desempenho da gestão como uma ferramenta de auxílio para implantação da cultura inovadora em indústrias de alimentos, tornando-as mais competitiva no seu setor de atuação. Para tal foi proposto um método alternativo ao tradicional de inferência do grau de gestão empresarial. O desempenho da gestão normaliza o método tradicional com base nos 8 critérios do Modelo de Excelência da Gestão (MEG), levando em consideração aspectos da heterogeneidade setorial. A validade do método proposto é discutida utilizando dados dos diagnósticos empresariais e radar de inovação do segmento de alimentos em uma amostra de 40 micros e pequenas empresas do setor.*

Palavras-Chave: *Desempenho da Gestão, Inovação, Radar da Inovação, Micro e Pequenas Empresas, Grau da Inovação e Critérios de excelência*

Abstract *This document presents the performance of managements an important tool to implement a new culture focused on innovation, it was tested in Food Industries, making them more competitive in the operating segment. This method is proposed as an alternative to the traditional inference of business management grade. The performance of management normalizes the traditional method based on 8 criteria of the Excellence Management Model (which states MEG in Portuguese) taking into account aspects of sectoral heterogeneity. To validate the method it was proposed and discussed using the data collected from several companies and the tool "radar da inovação", considering food sector, in a sample of 40 micro and small companies.*

Keywords: *Performance Management, Innovation, Micro and Small Companies, Innovation Degree and criteria of excellence*

1 Introdução

Atualmente, com a globalização da economia, a continuidade das empresas no mercado de atuação está sujeita a capacidade de inovar e melhorar continuamente os seus processos. Para que esse resultado seja alcançado e a organização se torne mais competitiva, é necessária a busca por ferramentas de gerenciamento que sejam eficazes, que proporcione aumento da produtividade e qualidade dos produtos/serviços e processos e isso tem sido um grande desafio. Gerar resultados positivos não é uma tarefa fácil e demanda que toda organização esteja envolvida. É importante que todos participem dos mesmos valores para que um objetivo comum seja alcançado. Neste sentido, o pensamento sistêmico deve atuar, ou seja, todos os colaboradores devem ter entendimento do todo e isso não envolve apenas os processos e rotinas das organizações, mas, também, o que a marca representa externamente, para o mercado. Esse comportamento proporciona que os profissionais saibam se posicionar e resolver problemas, que busquem saídas e sugiram melhorias para o negócio. A visão sistêmica é o primeiro tópico tratado pelo Modelo de Excelência da Gestão (MEG). De acordo com a Fundação Nacional da Qualidade (FNQ), a missão do MEG é “estimular e apoiar as organizações brasileiras no desenvolvimento e na evolução de sua gestão para que se tornem sustentáveis, cooperativas e gerem valor para a sociedade e outras partes interessadas”.

De modo a se tornarem mais competitivas, as empresas necessitam que as funções básicas representadas pelos diversos departamentos de sua estrutura apresentem resultados excelentes na busca de status de excelência ou classe mundial [1], [2]. As inovações têm sido a nova moeda da competição global na medida em que países competem ferozmente por novos mercados em um contexto onde a capacidade de criar novas ideias é considerada como marca registrada do sucesso nacional. A competição tem apontado para captação de capital de risco associado à pesquisa e desenvolvimento (P&D) adicionados a talentos inovativos e assim, delimitando regiões densas de inovação de onde emergirão oportunidades. A inovação passa a ser uma força orientadora das políticas públicas de muitos países.

Diante da importância do crescimento do tema inovação no desenvolvimento das nações, diversos pesquisadores propuseram tipologias para medir o grau de inovação organizacional. Entre tais pesquisadores destacam-se os seguintes: Schumpeter [3] e Sawhney & Chen [4]. Tal avanço metodológico culminou no radar de inovação, uma ferramenta composta de 13 indicadores aplicáveis a praticamente toda organização. A crítica que se destaca nesse artigo é demonstrar que as empresas que tem um mínimo de gestão empresarial implantada em seus pro-

cessos corroboram com mais estrutura para inovar. A forma aqui sugerida é utilizar uma média simples de 8 critérios, sendo eles Liderança, Estratégias e Planos, Clientes, Sociedade, Informações e Conhecimento, Pessoas, Processos e Resultados. A forma de medir tem como pressuposto básico que para uma empresa ser inovadora necessariamente teria que se desenvolver em todas as dimensões dos diagnósticos empresarial e radar da inovação indicadas por essa forma de avaliar. No entanto, identificam-se na realidade que as empresas não necessariamente têm desenvolvidas todas as dimensões propostas nos dois questionários. Queremos mostrar um índice de gestão empresarial e inovação setorial no segmento de alimentos, podendo ser aplicado às micro e pequenas empresas (MPE). Este é o principal objetivo deste trabalho, que apresenta um índice de desempenho da gestão e inovação setorial partindo do modelo do diagnóstico empresarial e radar da inovação.

2 Justificativa

A inovação pode ser tomada como uma estratégia fundamental para desenvolver o bem estar da sociedade por meio de sistemas e processos de produção mais eficiente e como forma de utilizar melhor os recursos definidos por políticas públicas de desenvolvimento, assim como, tornar uma organização mais competitiva. Todo o processo de desempenho de gestão de uma organização visa preparar a empresa para alcançar os objetivos, ganhar competitividade, obter melhor visibilidade do mercado e base para implantar o processo de gestão da inovação. Para a implantação e manutenção da inovação, se faz necessário a base da gestão empresarial, visto que a cultura inovadora os considera como norteadores para obter resultados satisfatórios.

3 Objetivos

3.1 Geral

O estudo mostra como o baixo acompanhamento de atividades de gestão consideradas primárias de micro e pequenas empresas pode influenciar no processo de gestão da inovação e proporcionalmente retardar o processo de P&D, atrapalhar a manutenção no mercado de atuação e deixá-las menos competitivas.

3.2 Específicos

- (a) Compreender o Modelo de Excelência da Gestão e sua importância para as organizações;
- (b) Definir o tema inovação de acordo com o estudo realizado;
- (c) Mensurar inovação em micro e pequenas empresas;

- (d) Apresentar as dimensões da inovação;
- (e) Conceituar os fundamentos da excelência da gestão;
- (f) Pesquisar as dimensões de inovação e critérios da excelência da gestão em micro e pequenas empresas.

4 Referencial Teórico

4.1 Inovação - definições

O termo inovação pode ser definido de várias formas dependendo da perspectiva de interesse. No entanto, a maioria das definições apresenta uma visão restrita e geralmente orientada para tecnologia com foco em P&D, desenvolvimento de novo produto ou a dicotomia de produtos/processos.

Garcia & Calantone [5] definem inovação como “processos interativos utilizados para explorar o potencial de mercado de uma invenção baseado em tecnologia”. Este processo simula graus variados de inovação e necessita uma tipologia para descrever tipos diferentes de inovação. Semelhantemente, McDermott & O’Conner [6] definem inovação como “uma nova tecnologia ou combinação de tecnologias que oferecem benefícios que valem a pena”. Esta visão enfatiza inovação como um processo de introdução no mercado de uma tecnologia nova por adoção e difusão.

Neste fluxo, inovação é compreendida como P&D ou invenção dirigida à tecnologia. Em um segundo grupo de definição, inovação passa a representar desenvolvimento de um novo produto. Por exemplo, Hauser [7], Tellis & Grifo (2006) e Han, Kim, & Srivastava [8] definem inovação como “o processo de trazer produtos e serviços novos para comercializar”.

Um terceiro grupo de estudos inclui processos na extensão de inovação e a visão de inovação como uma dicotomia de produto/processo. Por exemplo, Tushman & Nadler [9] definem inovação como “a criação de qualquer produto, serviço e processo que são novos a uma unidade de negócio”. Neste conceito, inovação de processo envolve criar maneiras diferentes de desenvolver produtos novos, melhorando a eficiência do processo. Portanto, baseado nos pontos de vista funcionais da literatura existente, a maioria dos trabalhos de pesquisa na área leva em conta uma relação estreita entre inovação orientada a tecnologia ou produto.

Neste artigo, inovação é entendida como uma ação capaz de gerar valor à organização por meio de um fazer novo para ela, ou seja, inovação implica na mudança de paradigma organizacional interno à empresa, mas não necessariamente uma mudança de paradigma empresarial.

Neste contexto é possível inovar em comercialização dos produtos, desenvolvimento de canais de distribuição, criar novos produtos e/ou processos, desenvolver novas ações de marketing, e outras ações que impactem no valor da empresa de forma sustentável e permanente.

4.2 Mensurando a Inovação

A grande dificuldade entre as definições de inovação é estabelecer um procedimento de como medi-la ou definir um processo de como inovar. Garcia Schumpeter [10] apresenta uma tipologia para a inovação baseada em quatro princípios: tecnológico, comercial, organizacional e institucional. Tal autor aborda a inovação de forma ampliada e dá o tom de complexidade do tema.

Outra maneira de estabelecer a inovação é através da holística que foi proposta por Schumpeter [3] de modo a definir dimensões para a inovação. Segundo ele a inovação pode surgir sob a dimensão de um novo produto, de um novo processo, pela procura de novos mercados, desenvolvimento de novas fontes de matérias-primas e pelo estabelecimento de novas estruturas de mercado.

Com base no modelo de Schumpeter [3] define-se a principal referência internacional para a medição da inovação: o Manual de Oslo [11] que permite comparações entre trabalhos relacionados com a inovação a partir das diretrizes propostas. Sawhney [12] propõe uma ferramenta denominada Radar que relaciona as dimensões que pelas quais uma empresa pode procurar caminhos para inovar, como apresentado na Figura 1.

O Radar da Inovação reúne quatro dimensões principais, a saber: ofertas criadas; clientes atendidos; processos empregados; e praça. Tais dimensões compõem a base de referência para determinar a inovação, no entanto, o próprio Sawhney [12] percebeu que as empresas procuram outros caminhos para alcançar patamares mais elevados de competitividade.

4.3 As dimensões da inovação

Além das quatro dimensões acima apresentadas por Sawhney [12], mais oito dimensões foram adicionadas, a saber: Plataforma, Marca, Soluções, Relacionamento, Agregação de valor, Organização, Cadeia de fornecimento e Rede. Bachmann e Destefani [13] acrescentaram às 12 dimensões de Sawhney [12] o conceito de ambiente propício à inovação. Tal situação pode ser percebida, entre outros aspectos, pelo aporte de recursos humanos à empresa com formação facilitadora do processo de incorporação e implementação da cultura de inovação. Na Tabela 1 são apresentadas as dimensões da inovação proposta por Sawhney [12] e complementada por Bachmann e Destefani [13].

Diagnóstico - Radar da Inovação nos Pequenos Negócios

Bloco II - Determinação do Radar da Grau de Inovação - Indústria

A - Dimensão Oferta

Item 1 - Novos mercados (RESERVADO)		Evidência
Item 2 - Novos produtos		Evidência
A empresa lançou, com sucesso, mais de um novo produto no mercado nos últimos 3 anos.	5	
A empresa lançou, com sucesso, um novo produto no mercado nos últimos 3 anos.	3	

Figura 1 : Parte do questionário Radar da Inovação

DIMENSÕES DA INOVAÇÃO	
Dimensão	Definição
Oferta	Desenvolvimento de produtos com características inovadoras.
Processos	Redesenho dos processos produtivos de modo a permitir incremento de eficiência operacional
Clientes	Identificar necessidades dos clientes, ou novos nichos de mercado.
Praça	Identificar novas formas de comercialização e/ou distribuição.
Plataforma	Relaciona-se com a adaptabilidade do sistema de produção face à diversidade de produtos demandados.
Marca	Forma como as empresas transmitem aos clientes seus valores.
Soluções	Sistemas ou mecanismos para simplificar as dificuldades do cliente.
Relacionamento	Relaciona-se com a experiência do cliente com a empresa.
Agregação de valor	Melhorar a forma de captar o valor dos produtos percebido por cliente e fornecedores.
Organização	Melhorar a estrutura da empresa
Cadeia de fornecimento	Incrementar a logística com os fornecedores e clientes, sejam internos, sejam externos.
Rede	Comunicação entre os elos da cadeia de fornecimento.
Ambiência Inovadora	Relaciona-se com os profissionais que compõem a empresa e que colaboram com a cultura da inovação.

Tabela 1: Definição das dimensões da inovação.

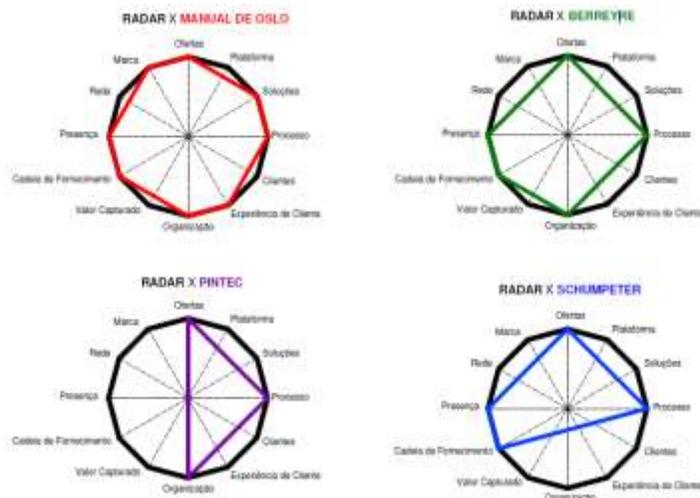


Figura 2: Dimensões da Inovação: diversos modelos

DEFINIÇÃO DOS FUNDAMENTOS DA EXCELENCIA EM GESTAO	
Fundamento	Conceito
Pensamento Sistêmico	Entendimento das relações de interdependência entre os diversos componentes de uma empresa, bem como entre a empresa e o ambiente externo.
Aprendizado Organizacional	Busca e alcance de um novo patamar de conhecimento para a empresa.
Cultura de Inovação	Promoção de um ambiente favorável à criatividade, experimentação e implementação de novas ideias.
Liderança e Constância de Propósitos	Atuação de forma aberta, democrática, inspiradora e motivadora das pessoas.
Orientação por Processos e informações	Compreensão e segmentação do conjunto de atividades e processos da empresa, sendo que a tomada de decisões e a execução de ações devem levar em consideração as informações disponíveis.
Visão do Futuro	Compreensão dos fatores que afetam a empresa, visando à sua perenização.
Geração de Valor	Alcance de resultados consistentes, assegurando a perenidade da empresa.
Valorização das Pessoas	Estabelecimento de relações com as pessoas, criando condições para que elas se realizem pessoal e profissionalmente.
Conhecimento sobre o Cliente e o Mercado	Conhecimento e entendimento do cliente do mercado, visando à criação de valor, de forma sustentada para o cliente e maior competitividade.
Desenvolvimento de Parcerias	Desenvolvimento de atividades em conjunto com outras com outras empresas, com o objetivo de obter benefícios para ambas as partes.
Responsabilidade Social	Atuação que se define pela relação ética e transparente da empresa com todos os seus públicos de relacionamento, voltada ao desenvolvimento sustentável da sociedade.

Tabela 2: Definição dos fundamentos da gestão

A Figura 2 mostra as dimensões da inovação na visão de vários autores e trabalho em comparação com o modelo de Sawhney [4], [12].

4.4 Os Critérios da Excelência – gestão empresarial

Utilizou-se também, além do questionário do radar da inovação já apresentado, a metodologia do sistema de autoavaliação, que foi elaborado com base no modelo de excelência da gestão (MEG) da FNQ. É uma ferramenta para realizar um diagnóstico objetivo do estado atual da gestão da empresa e permite a medição do grau de maturidade da gestão por meio de quatro etapas, sendo: Gestão da Empresa, Características do Comportamento Empreendedor, Práticas de Responsabilidade Social e Práticas de Inovação.

A primeira etapa, Gestão da Empresa, é composta por oito critérios de excelência, a saber: Liderança, Estratégias e Planos, Clientes, Sociedade, Informações e Conhecimento, Pessoas, Processos e Resultados. O MEG tem como base os 11 Fundamentos da excelência em Gestão, que são conceitos reconhecidos mundialmente, encontrados em empresas que já atingiram patamares de excelência ou que caminham nessa direção. Esses fundamentos são aplicáveis a qualquer empresa, uma vez que tratam, de forma genérica, dos mais modernos conceitos de gestão e estão definidos na Tabela 2.

5 Metodologia

A metodologia aplicada neste artigo passa por três etapas, a saber: aplicação dos questionários; tratamento das informações e construção das tabelas e gráficos. A primeira etapa da pesquisa visa captar dados sobre cada dimensão a partir da aplicação do questionário Radar da Inovação e dos critérios de excelência do questionário de Autoavaliação. Sendo o radar da inovação composto de 40 construtos agrupados em 13 categorias, as quais coincidem com as dimensões da inovação propostas por Sawhney [12], [4] e mais a dimensão ambiência inovadora Bachmann [13] e o de autoavaliação por 58 construtos agrupados em quatro categorias. Os questionários foram aplicados em uma amostra aleatória com 40 micros e pequenas empresas do setor industrial de alimentos da região metropolitana e da cidade do Recife. O setor foi escolhido no tocante às possibilidades de inovar. Tais questionários foram utilizados para validar e testar o método de determinação do Grau de Inovação e o Desempenho da Gestão. Os questionários foram respondidos pelos empresários das organizações selecionadas na amostra, com o apoio de um pesquisador vinculado ao Programa Agente Local de Inovação promovido pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) do Estado de Pernambuco. O modelo aqui

proposto surge como uma evolução natural do Grau Global de Inovação obtido como a média aritmética das 13 dimensões da inovação de Bachmann [13], bem como do desempenho da gestão. De acordo com Ketokivi & Ali-Yrkkö [14] ações de inovação têm um impacto em múltiplas dimensões do radar, mas de forma distinta para cada empresa. Estes autores sinalizaram que independe da origem da inovação, quer seja no lançamento de um novo produto ou uma estratégia de venda, ou outra ação, haverá um incremento das dimensões. Entretanto, a propagação do impacto entre as dimensões tem efeito distinto entre cada empresa.

5.1 Aplicação

Na Tabela 3 são apresentadas as estatísticas das dimensões da inovação, sendo a nota 5 a pontuação máxima a ser obtida, a média dos resultados são parecidas em quase todas as dimensões, assim como o valor mínimo, os valores máximos alcançados que se destacam na tabela são referentes as dimensões plataforma, marca e relacionamento.

Dimensão do Radar da Inovação	Indústria de Alimentos – 40 empresas			
	Pontuação Máxima	Média	Máximo	Mínimo
Oferta	5,0	2,0	2,6	1,0
Plataforma	5,0	4,7	5,0	3,0
Marca	5,0	3,0	4,0	2,0
Clientes	5,0	1,5	2,3	1,0
Soluções	5,0	1,5	3,0	1,0
Relacionamento	5,0	1,5	4,0	1,0
Agregação de valor	5,0	1,1	2,0	1,0
Processos	5,0	1,5	2,7	1,0
Organização	5,0	1,2	2,3	1,0
Cadeia de fornecimento	5,0	1,0	1,0	1,0
Presença	5,0	1,1	3,0	1,0
Rede	5,0	1,2	3,0	1,0

Tabela 3: Estatísticas das dimensões da inovação média do setor.

Na Tabela 4 consta o desempenho da gestão das 40 empresas do setor industrial de alimentos, ambos obtidos a partir dos questionários aplicados.

Desempenho da Gestão	Indústria de Alimento – 40 empresas			
	Máxima	Média	Máximo	Mínimo
Liderança	15,00	4,90	10,15	1,50
Estratégias e Planos	9,00	1,04	4,06	0,00
Clientes	9,00	2,68	6,39	1,08
Sociedade	6,00	2,08	5,00	0,60
Informações e Conhecimentos	6,00	1,51	3,16	0,45
Pessoas	9,00	2,76	4,77	1,62
Processos	16,00	4,76	6,60	2,40
Resultados	30,00	1,46	16,50	0,00

Tabela 4: Estatísticas do desempenho da gestão média do setor.

Uma rápida avaliação mostra que nas dimensões: plataforma (conjunto de componentes comuns, métodos de montagem ou tecnologias que são usadas, de forma “modular”, na construção de um portfólio de produtos, a habilidade em usar uma mesma plataforma para oferecer um maior número de produtos reflete uma maior capacidade inovadora) e marca (símbolos, palavras (slogan) ou formatos pelos quais uma empresa transmite sua imagem, ou promessa, aos clientes, a inovação nesta dimensão implica, por exemplo, em usufruir da marca para alavancar outras oportunidades de negócio ou, inversamente, usar outros negócios para valorizar a marca), o setor está acima da média. Esta vantagem pode ser atribuída às características do setor que têm a habilidade de utilizar os recursos físicos e de conhecimento para produção ou atendimento para servirem a mais de uma família de produtos, assim como, oferecer o mesmo produto em mais de uma versão para atingir novos mercados ou grupos de clientes.

Quanto à dimensão marca, podemos avaliar que as empresas do setor tem a característica de utilizar a marca em propaganda ou associada a outros tipos de produtos ou negócios. Observa-se ainda a preocupação das organizações em registrar a marca no órgão competente. Já no desempenho da gestão, o setor não apresenta resultados representativos para nenhum critério medido. Analisando rapidamente, o critério Resultados, esses são apresentados pela empresa, sendo decorrência direta de tudo o que a empresa tem ou faz para cumprir os demais critérios da gestão, são relativos aos clientes, colaboradores, aos processos principais do negócio e financeiros. Quando solicitados aos responsáveis, não há registros nas empresas se os resultados dos dois ou três últimos anos demonstram piora em relação aos demais anos, com uma

tendência desfavorável, se apresentam melhoras, demonstrando que a situação, quando comparada aos outros anos, é favorável ou mesmo se os resultados dos três últimos anos mostram melhoria constante e sustentada.

No radar de inovação mostrado na Figura 3, as dimensões agregação de valor, organização, cadeia de fornecimento e presença são as que menos passam por inovações nesse setor.



Figura 3: Radar de inovação médio para a indústria de alimentos.

O desempenho da gestão na Figura 4 apresenta os critérios de liderança e processo como os mais bem avaliados e trabalhados nas gestões das empresas amostradas.



Figura 4: Desempenho da Gestão médio para a indústria de alimentos.

Nota-se uma tendência favorável do setor à inovação quando o desempenho da gestão é mais desenvolvido. O mesmo pode ser observado na Tabela 5 que mostra o grau de inovação e desempenho da gestão global de cada empresa pesquisada.

Empresas	Desempenho da Gestão	Grau de Inovação
38	61,10	2,20
4	53,69	2,10
31	51,10	2,00
25	51,10	1,90
36	34,99	2,50
20	34,30	2,30
34	30,38	1,90
16	29,96	2,00
19	28,46	2,00
39	28,24	2,30
33	25,08	2,00
21	23,83	2,10
23	23,76	2,20
35	23,14	1,60
11	22,72	1,70
3	20,92	1,90
17	20,47	2,00
26	20,47	1,70
18	20,15	1,50
29	19,70	1,40
6	19,25	1,80
32	19,25	1,80
14	19,20	1,80
10	18,52	1,80
5	18,52	1,70
8	18,52	1,70
12	18,52	1,70
22	18,52	1,70
40	18,44	1,60
37	18,08	1,70
30	17,69	1,70
2	17,38	1,40
28	17,37	1,60
9	16,96	1,50
27	16,25	1,60
15	14,43	1,50
1	13,02	1,40
24	12,93	1,50
13	11,90	1,40
7	10,74	1,40

Tabela 5: Total das empresas amostradas em ordem decrescente do resultado do desempenho da gestão, demonstrando que o valor é diretamente proporcional à capacidade de inovar da organização.

A Figura 5 mostra ainda o potencial do setor em relação à inovação. As empresas de indústria de alimentos possuem um benchmarking ativo, o que ajuda no processo de inovação, no entanto, o setor não demonstra um potencial para melhorar o desempenho da gestão.

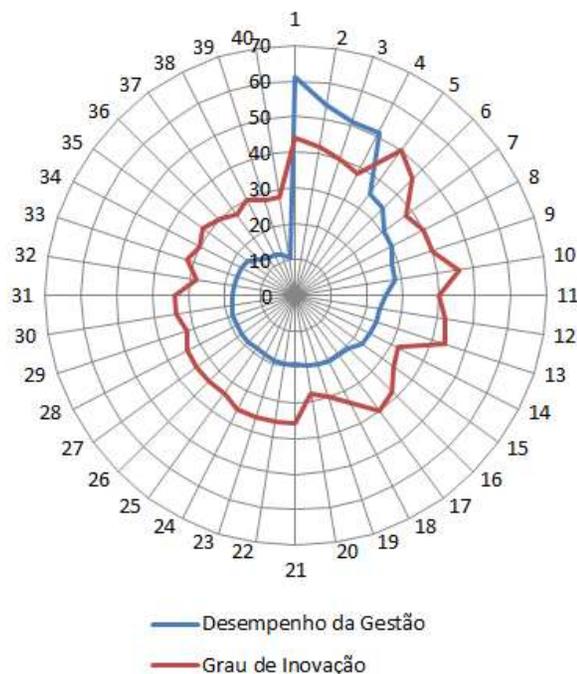


Figura 5: Radar de inovação e desempenho da gestão referencial para o setor de indústria de alimentos.

A Tabela 6 apresenta as estatísticas das dimensões da inovação média do setor e desempenho da gestão, onde no grau de inovação é calculado a média das dimensões da inovação, já o desempenho da gestão por uma pontuação máxima previamente estabelecida em que a soma dos resultados é cem por cento.

	Pontuação Máxima	Resultado do Setor de Indústria de Alimentos
Grau de inovação	5,00	1,70
Desempenho da gestão	100,00	23,97

Tabela 6: Estatísticas das dimensões da inovação e critérios de gestão por média do setor.

6 Conclusões

Mudanças nas organizações, desenvolvimento de novos produtos e/ou serviços, melhorias em processos entre outras atividades realizadas na empresa não acontecem sozinhos. Diante dessa necessidade, práticas inovadoras devem ser estimuladas e fortalecidas por meio de parcerias, colaboradores e dirigentes, visando a vantagem competitiva. Essa vantagem é traduzida em avanços gerais, ou seja, não apenas para empresas mas, para a sociedade, e por isso deve ser incentivada.

Considerando ser indiscutível a relevância da inovação no desenvolvimento de uma nação, região ou localidade, também o é sua forma de medir. Sobretudo para que as empresas, e instituições de fomentos tenham uma referência para identificar que ações impulsionadoras de inovação surtem efeito. Nesta linha explica-se o sucesso do radar de inovação no sentido de nortear a medida da inovação, não apenas no sentido da inovação associada a novos produtos, mas no sentido mais amplo. Qual seja agregar valor à organização por modelos adaptados às características do setor e que sejam flexíveis ao próprio ambiente onde essas empresas estão localizadas e ao mesmo tempo serem sustentáveis.

Com as mudanças no comportamento dos consumidores é necessária a adequação do setor de indústria de alimentos no intuito de introduzir e diversificar produtos/serviços para acompanhar os clientes. Quanto à gestão do negócio, está mais sofisticado. O estilo empírico de administrar ficou no passado. A gestão está cada vez mais planejada, profissional e tecnológica. É necessário direcionar estratégias de investimentos, especialmente em termos de equipamentos, matérias-primas, layout, atendimento, mix de produtos, entre outros. Nesse sentido a inovação é parte fundamental no desenvolvimento da empresa para mantê-la no mercado de atuação e melhorar continuamente seus processos.

Todo o processo de desempenho de gestão de uma organização visa preparar a empresa para alcançar os objetivos, ganhar competitividade, obter melhor visibilidade do mercado e base para implantar o processo de gestão da inovação. A busca constante por inovação e desenvolvimento deve integrar a agenda de estratégias de negócios de qualquer empresa independente do porte.

Visto que as micros e pequenas empresas são parte essencial do processo de desenvolvimento do País para a geração de renda e qualidade de vida das pessoas, bem como para o crescimento econômico e o desenvolvimento sustentável de toda sociedade brasileira, microempresas e empresas de pequeno porte respondem por mais de 95% das indústrias e geram cerca de 50% dos empregos do setor industrial, 21,8% dos salários pagos pela indústria e 15% do PIB do setor segundo dados do Instituto Brasilei-

ro de Geografia e Estatística (IBGE). É importante promover a melhoria no ambiente de negócios nas várias áreas de atuação.

Diante de um mercado dinâmico e competitivo, inovar é fundamental, pois agrega valor ao negócio trazendo resultado positivo, permite oferecer o melhor para o cliente e identifica oportunidades de melhoria e desenvolvimento contínuo para organização, incluindo o posicionamento estratégico. Para a implantação e manutenção da inovação, se faz necessário a base da gestão empresarial, visto que a cultura inovadora considera a liderança, estratégias e planos, clientes, sociedade, informações e conhecimentos, pessoas, processos e resultados como norteadores para obter resultados satisfatórios.

As evoluções tecnológicas são a prioridade dos empreendedores do setor quando o assunto é inovação, de acordo com os dados levantados. Mas isso não se restringe a máquinas e equipamentos. Os investimentos em inovação são observados também em novos produtos e marketing, que são igualmente importantes. Certificação, formalização dos estabelecimentos e principalmente qualificação de mão de obra são algumas das necessidades encontradas, sobretudo nas micro e pequenas empresas no que se refere a gestão do negócio.

O resultado quantitativo da inovação obtido de cada empresa por meio do grau da inovação permite identificar que está diretamente ligado ao desempenho da gestão, ou seja, quanto mais desenvolvida for a gestão da empresa mais capacidade para inovar há na organização. De forma geral, as empresas demonstram possibilidades para inovar, mas esbarra em dificuldades cotidianas que seriam facilmente tratadas se houvesse um maior desempenho quanto ao gerenciamento de atividades básicas atreladas a gestão empresarial. Assim, a partir dos resultados, é necessário investir em ações dirigidas para gestão da empresa, para obtenção de resultados satisfatórios por meio dos objetivos estabelecidos. Os processos de desempenho da gestão e gestão da inovação podem ser desenvolvidos paralelamente. Resultados esses que serão percebidos pelos clientes e alta direção da empresa, tornando-se uma organização diferenciada com evolução sustentável e competitividade estabelecida.

Referências

- [1] MIRSHAWKA, V. Criando Valor Para o Cliente, Makron Books Editora Ltda, 1993.
- [2] SENGER, P., SCHARMER, C. O., JAWORSKI, J. e FLOWERS, B. S. Presence: an exploration of profound change in people, organization and society. Currency Books 2006.

- [3] SCHUMPETER, J. A. The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle. New York, Oxford University Press. 1984.
- [4] SAWHNEY, M. e CHEN, J.. Defining and Measuring Business Innovation: The Innovation Radar. Electronic copy available at: <http://ssrn.com/abstract=1611264>, 2010.
- [5] GARCIA, R. e CALANTONE, R. A critical look at technological innovation typology and innovativeness terminology: a literature review. *Journal of Product Innovation Management* 19(2): 110-132. 2002.
- [6] MCDERMOTT, C. M. e O'CONNOR, G. C. . Managing radical innovation: an overview of emergent strategy issues. *Journal of Product Innovation Management* 19: 424-438. 2002.
- [7] HAUSER, J., TELLIS, G. J. e GRIFFIN, A.. Research on Innovation: A Review and Agenda for Marketing Science. *Marketing Science* 25(6): 687-717. 2006.
- [8] HAN, J. K., KIM N. e SRIVASTAVA. R. K.. Market Orientation and Organizational Performance: Is Innovation a Missing Link? *Journal of Marketing* 62(4): 30-45. 1998.
- [9] TUSHMAN, M. e D. NADLER. Organizing for Innovation. *California Management Review* 28(3): 74-92. 1986.
- [10] GARCIA, J. G. "Um estudo sobre as formas de inovação e os critérios de avaliação dos prêmios de inovação." Dissertação de mestrado. Universidade de Caxias do Sul., 2008.
- [11] OSLO - Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento. Manual de Oslo: Proposta de Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica. Versão FINEP, 2004.
- [12] SAWHNEY, M., WOLCOTT, R. C. e ARRONIZ, I. The 12 Different Ways for Companies to Innovate. *MIT Sloan Management Review* 47(3): 75-81. 2006.
- [13] BACHMANN, D. L. e DESTEFANI, J. H.. Metodologia para estimar o grau das inovações nas MPE. Curitiba, 2008.
- [14] KETOKIVI, M. e ALI-YRKKÖ, J., Innovation does not equal R&D: strategic innovation profiles and firm growth. Helsinki, ETLA, E. T., The Research Institute of the Finnish Economy, 22 p. (Keskusteluaiheita, Discussion Papers; ISSN 0781-6847; no. 1220)., 2010.

Diagnóstico da implantação da Metodologia de Gestão Estratégica World Class Manufacturing (WCM) nas indústrias de Pernambuco

Title: Diagnosis of the implementation of strategic management World Class Manufacturing methodology (WCM) in Pernambuco industries

Isabel Siega Freitas

Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
Bel_freitas87@hotmail.com

Luis Cordeiro de Barros Filho

Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
lbarros27@gmail.com

Resumo *A metodologia do World Class Manufacturing (WCM) ou Manufatura de Classe Mundial surge como um novo modelo de gestão da excelência empresarial eficaz, eficiente e efetivo. Este Modelo é um conjunto de práticas, conceitos, princípios, políticas e técnicas baseadas nos princípios da Produção Enxuta para a gestão por processos de uma organização. O presente trabalho tem como proposta principal identificar o nível de utilização das Práticas de Gestão do WCM em empresas no Estado de Pernambuco, Brasil. Baseado nos resultados da aplicação da pesquisa de campo foram formuladas as conclusões que mostram os pontos fortes e a baixa utilização destas práticas de Gestão do WCM e consequentemente identificando-se oportunidades de melhoria para estas Organizações pesquisadas e consequentemente as que querem aderir a este Modelo de Gestão de Classe Mundial.*

Palavras-Chave: *World Class Manufacturing (WCM), Pernambuco, Classe mundial, Modelo de Gestão, Produção Enxuta*

Abstract *The World Class Manufacturing (WCM) methodology emerges as a new model of effective, efficient and effective management of business excellence. This model is a set of practices, concepts, principles, policies and techniques based on the principles of Lean Production for the management by processes of an organization. The main objective of this paper is to identify the level of use of the Management Practices of WCM in companies in the State of Pernambuco, Brazil. Based on the results of the applied field research, the conclusions were drawn that show the strengths and the low utilization of these practices of WCM Management and consequently identifying opportunities for improvement for these Organizations researched and consequently those who want to join this World Class Management Model.*

Keywords: *World Class Manufacturing (WCM), World Class, Management Model, Lean Production*

1 Introdução

Com o processo de globalização da economia criando uma competitividade mundial nos mercados, as empresas passaram a buscar meios de fortalecimento para garantir sua sobrevivência em tempos de escassez ou sua prosperidade em tempos de oportunidades, somente desta forma pode-se manter a sustentabilidade empresarial pra permitir a perpetuação de seus negócios. Com isto está sempre à frente de seus concorrentes, significa estar preparado e apto a lidar com as constantes mudanças do mercado. Segundo Slack et al.(2002), para alguns gestores, a qualidade é o mais importante fator singular que afeta o desempenho de uma organização em relação a seus concorrentes. Nos dias de hoje tornou-se um grande diferencial competitivo entre as empresas investir continuamente em melhorias tanto na qualidade do produto quanto na qualidade do processo e da gestão. Por isso todo o processo produtivo sempre poderá ser melhorado não importando se foram devidamente projetados, se estão bem gerenciados e controlados. (Slack et al., 2002).

Segundo Ohno (1997), não existe um método que garanta a sobrevivência no mercado atual, mas sim a necessidade de um Sistema de Gestão Total que desenvolva habilidades humanas até sua mais plena capacidade, afim de melhor realçar a criatividade e a operosidade, para se utilizar bem instalações e máquinas, e eliminar todo o desperdício.

O World Class Manufacturing (WCM) é Modelo de Gestão que vem ganhando cada vez mais espaço e credibilidade no ambiente industrial por apresentar casos de sucesso em várias empresas de classe mundial. Seus objetivos são: reunir as melhores práticas de gestão, ferramentas e conceitos de manufatura e criar a melhor interação e integração possível entre as áreas, as quais são vistas como pilares técnicos, buscando a redução contínua de perdas para alcançar “zero quebras”, “zero desperdícios”, “zero estoques” e “zero defeitos” através de um pensamento enxuto na manufatura. Em resumo, o pensamento enxuto é uma forma de fazer cada vez mais com cada vez menos – menos esforço humano, menos equipamentos, menos tempo e menos espaço (WOMACK; JONES, 2006).

A Manufatura de Classe Mundial ou World Class Manufacturing (WCM), conceito originalmente introduzido por Hayes and Wheelwright (1984), caracteriza-se como um Modelo de Gestão abrangente que busca garantir a excelência da gestão, de processo e de produtos pela redução das perdas de forma intensa e diferenciada, por meio de equipes de alto desempenho. É caracterizada, entre outras coisas, por se superar nos quesitos qualidade e tecnologia (WIREMAN, 1990; CHIAVENATO, 1993), indo na direção da Excelência empresarial.

Este novo modo de gerir a produção de uma empresa, criada em 2005 pelo professor emérito da Universidade de Kyoto e, hoje, auditor e certificador da metodologia nas diversas plantas ao redor do mundo, Hajime Yamashina que visa melhorar a desempenho de seus processos de logística, de qualidade, de manutenção, de custos, etc., através de métodos e conceitos de manufatura a nível de Classe Mundial.

Alguns dos benefícios de integrar o World Class Manufacturing (WCM) e seus conceitos no modo de produzir determinado bem ou serviço incluem o aumento da competitividade, desenvolvimento de novas tecnologias, maior flexibilidade, melhor comunicação entre gestão e produção e aumento da qualidade do trabalho (FELICE; PETRILLO; MONFREDA, 2013).

2 Objetivos

Este trabalho tem com objetivo geral: Elaborar um diagnóstico da implantação das práticas de Gestão da WCM no Estado de Pernambuco.

Os seguintes objetivos específicos foram determinados e executados: pesquisa bibliográfica, em que foram identificados os principais componentes do World Class Manufacturing (WCM); elaboração de questionário, contemplando as práticas de gestão do WCM e adicionais; pesquisa de campo, por meio de entrevista, utilizando um formulário de pesquisa, ou seja, questionário; A estratificação dos resultados e identificação dos pontos fortes e oportunidades de melhorias; com análise de resultados e orientações.

3 Fundamentação Teórica

O (WCM) é um conjunto de conceitos, princípios, políticas e técnicas baseadas nos princípios da produção enxuta para a gestão dos processos operacionais de uma empresa (PASSARELLA, 2007).

O WCM é um método de gestão que indica e elimina as perdas existentes nos processos produtivos e administrativos, maximiza o uso do ativo industrial e garante a geração de produtos de alta qualidade a custos competitivos. Além disso, desenvolve conhecimentos capazes de reeducar as pessoas para ações de prevenção e de melhoria contínua, garantindo o aumento da confiabilidade dos equipamentos e da capacidade dos processos, sem grandes investimentos adicionais.

Do ponto de vista de implementação, o WCM possui os próprios métodos, conceitos e ferramentas que possibilitam organizações alcançar vantagem competitiva, através de uma manufatura da mais alta qualidade a preços baixos (PALUCHA, 2012).

Segundo Schonberger (1986), muitas empresas vêm utilizando um conjunto de estratégias conhecidas como World Class Manufacturing, como fundamento para as suas estratégias de manufatura, conduzindo a um ótimo desempenho e ganhando competitividade.

Paddock (1993) apresenta o termo “Fabricação de Classe Mundial” (WCM) como aquele usado para descrever os melhores fabricantes do mundo. Segundo a autora estas empresas passaram a enxergar a importância da manufatura como arma estratégica. Rubrich (2004) assegura que o princípio WCM deve ser difundido em toda fábrica, com o comprometimento do gerente ao operador, sendo uma filosofia Top-Down (de cima para baixo). O WCM quebra a rotina da fábrica estabelecendo uma nova forma de trabalho, pois apresenta ênfase na eliminação de refugo, aumento de qualidade, satisfação do cliente e aumento da produtividade. Yamashina (2007) define WCM como o nível de excelência de todo o ciclo logístico - produtivo, tratando das metodologias aplicadas e do desempenho alcançado pelas melhores organizações mundiais. De acordo com o autor o WCM se baseia nos conceitos de: Total Productive Maintenance (TPM); Total Quality Control (TQC); Total Industrial Engineering (TIE); Just In Time (JIT);

Segundo Martins (2005), Total Productive Maintenance (TPM), Manutenção Produtiva Total, é muito mais do que fazer somente manutenção. É uma filosofia gerencial que atua na forma de como agir em uma organização, no comportamento das pessoas e os problemas ligados ao processo produtivo. A TPM visa atingir o zero quebra ou falha, com três princípios fundamentais:

- Melhoria das pessoas, pois todo programa começa com o treinamento.
- Melhoria dos equipamentos, pois todos os equipamentos devem ser melhorados para obter grandes ganhos de produtividade.

- E qualidade total, pois a criação de um programa de TPM deve caminhar junto com um programa de Controle da Qualidade Total (TQC).

Segundo Rubrich (2004), o TQC ou Controle da Qualidade Total, argumenta que a responsabilidade deve ficar nas mãos de quem executa o trabalho, de forma que todos os operadores recebem autoridade de parar uma linha de produção sempre que ocorrer um problema com qualidade. Cuidando mais do processo (atitude pró-ativa) ao invés de gerenciar o produto já transformado (atitude passiva), visando o zero defeito, o TQC junto ao Total Industrial Engineering (TIE), trabalham na eliminação dos erros para evitar o desperdício.

Segundo Paddock (1993), o TIE (Total Industrial Engineering), Engenharia Industrial Total é uma abordagem integrada dos problemas da produção, buscando a melhoria contínua dos processos produtivos e a eliminação de todas as formas de desperdício através do envolvimento das pessoas que compõe a fábrica. Gaitear (2002), diz que o Just in Time (JIT), no momento certo visa o zero estoque, reduzindo todos os estoques de produtos em processo ao longo da cadeia produtiva, reduzindo o lead time de manufatura, que é o tempo transcorrido entre o ponto de pedido de um cliente até o ponto de recebimento do produto. O JIT controla o abastecimento para que aconteça exatamente quando solicitado e seja entregue no exato momento em que foi requerido. O resultado é um fluxo uniforme, ininterrupto com pequenos lotes de produtos, evitando gerar estoque, escassez ou desperdício.

Segundo Paddock (1993), a implementação do WCM se entendido e acompanhado pela gerência, pode mudar a personalidade da fábrica, ou cultura de uma organização. Yamashina (2007) apresenta o WCM com base em pilares, visando à essência da filosofia conforme mostrado na Figura 1.

Itens	Pilares Operacionais	Pilares Gerenciais
1	Segurança	Envolvimento da Gerência
2	Desenvolvimento de Custos	Clareza de Objetivos
3	Melhoramento Focado	Cronograma e Planejamento para o WCM
4	Atividades Autônomas	Alocação de Pessoas qualificadas para áreas modelo
5	Manutenção Planejada	Envolvimento da organização
6	Controle da Qualidade	Competência da organização em direção à melhoria
7	Logística e Serviço ao Cliente	Tempo & Budget
8	Gestão Preventiva de Equipamentos	Nível de expansão
9	Desenvolvimento de Pessoas	Nível de detalhes
10	Meio Ambiente	Motivação dos operadores

Figura 1: Pilares operativos e gerenciais do WCM (Fonte: Oliveira, 2009)

Os pilares gerenciais indicam o comprometimento que as pessoas e a organização devem demonstrar durante a aplicação do modelo para auxiliar o atendimento dos objetivos dos pilares operativos. Os pilares operativos representam os aspectos relacionados à produção sobre os quais se estruturam uma Manufatura de Classe Mundial. (CORTEZ, 2010). A metodologia é desenvolvida pelo aprofundamento das dez principais áreas da produção chamados de Pilares Técnicos (cada um com 7 passos de implantação), como ilustrado pela Figura 2.

Os três primeiros passos visam corrigir problemas após a sua ocorrência e precisam da intervenção de especialistas; os dois passos seguintes têm um caráter preventivo e podem ser feitos por uma intervenção individual: o próprio trabalhador inspeciona o trabalho; e os dois últimos passos representam a situação em que há uma antecipação ao surgimento dos problemas, que é feito pela intervenção de times.

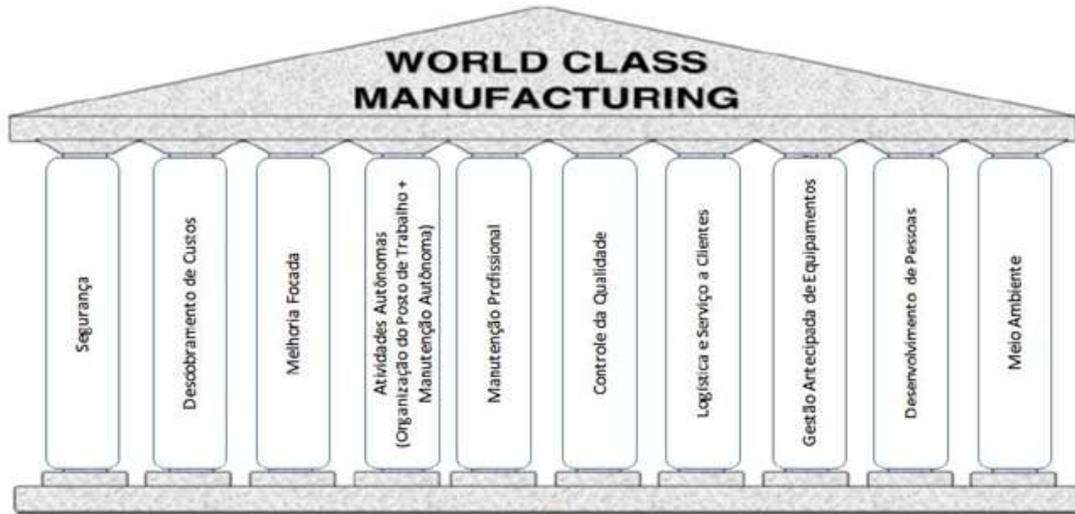


Figura 2 : Pilares do WCM (Fonte: Palucha 2012)

Para Yamashina (2007) o primeiro pilar “segurança” tem como propósito melhorar o ambiente de trabalho, trabalhando com a integridade física e psíquica do operador tornando-o menos propício às condições e atitudes inseguras analisando e eliminando as causas, desenvolvendo uma atitude preventiva, evitando assim os acidentes, ou quase acidentes. Para tal, é necessário atuar por meio de procedimentos sistêmicos, visando à prevenção de acidentes, por meio de observações, análise e eliminação de causas que propiciaram um acidente ou um quase acidente no local de trabalho.

Para Yamashina (2007), o pilar “desdobramentos de custo” é a bússola do WCM, pois norteia todos os outros pilares em transformar as perdas em custo, quantificando-as em medidas mensuráveis, como hora parada de máquina em unidade financeira, energia, refugos, falta de material, identificando qual o tipo de perda será atacada. Isso só é possível porque há uma comparação das perdas com as suas causas e origens. Depois de toda implementação de melhoria esse pilar avalia a economia obtida.

Yamashina (2000) afirma que caminho correto para se alcançarem resultados nesse pilar é por meio de dados confiáveis, isto é, somente assim é possível escolher as áreas para estudar e realizar monitoramento dos dados, de modo que se dê para comprovar a eficiência das ações realizadas na área.

- O pilar “melhoria focada” está direcionado a suprimir grandes perdas apontadas no pilar desdobramentos de custos, que depois de identificadas o pilar escolhe quais pilares que terão mais atenção por parte da gerência, e na orientação técnica sobre quais ferramentas e metodologias devem ser aplicadas para determinado tipo de problema. Esse pilar tem como premissa de não se limitar a fazer uma ação de contenção, mas sim investigar a causa raiz do problema e atacá-la para que não ocorra mais. (YAMASHINA, 2007).
- O pilar “manutenção autônoma e organização dos postos de trabalho”. O pilar “manutenção autônoma” trabalha com a eficiência global do equipamento tem por objetivo prevenir os problemas dos equipamentos e as pequenas paradas quando acontecem devido à falta de manutenção das condições de base dos maquinários. Yamashina (2007) esclarece que a manutenção autônoma é de extrema importância para o WCM, já que os operadores podem executar trabalhos essenciais nos equipamentos que colaborarão com a manutenção e a preservação das máquinas ajudando assim em melhorias do produto, processo e equipamento.

- O pilar “organização do posto de trabalho”, trabalha para melhorar a eficiência e a produtividade do setor produtivo, eliminando as atividades que não geram valor ao produto, como por exemplo: se um funcionário vai buscar um produto em outro setor distante, na fábrica, gasta muito tempo para fazer tal atividade, há agregação de valor e menos desperdício de tempo se houvesse alocação do estoque para perto da linha. Este pilar desenvolve melhorias para que toda ferramenta fique em uma posição confortável para o operador, implantando a ergonomia e segurança do trabalho. (YAMASHINA, 2007)
- O pilar “manutenção profissional” abrange as atividades finalizadas com a construção de um sistema de manutenção capaz de reduzir a zero as quebras de máquinas, atuando na análise de avarias, as micro paradas dos equipamentos, aumentando o ciclo de vida das máquinas por meio de práticas de manutenção baseadas na capacidade de prorrogar a vida dos componentes (manutenção corretiva e preventiva). Este pilar tem atuação junto ao pilar de Manutenção Autônoma restaurando as condições básicas do equipamento e planejando a manutenção preventiva (YAMASHINA, 2007).
- O pilar “logística” é conhecido por gerir o fluxo produtivo em conjunto com o sistema de produção para garantir a satisfação dos clientes com menor *lead time* (tempo de entrega) e menor custo. Ou seja, tem por finalidade, produzir um fluxo eficiente por meio de análises de variáveis envolvidas na cadeia produtiva, diminuindo estoques, movimentações e transporte de materiais e também a possibilidade de danos aos produtos, além de trabalhar com toda cadeia logística de cliente e fornecedor. (YAMASHINA, 2000) Para Yamashina (2007), é necessária uma interligação entre os pilares para que os objetivos do pilar “logística” aconteçam realmente, já que a produção e o setor de vendas têm certa interdependência, a qual influencia diretamente sobre a logística.
- O pilar “gestão preventiva de equipamentos” tem como objetivo melhorar a competitividade das máquinas por meio da previsão de problemas que surgem nos equipamentos e garantir na aquisição de um equipamento novo, que a empresa deva comprar uma máquina que seja igual ou superior a que já está instalada na fábrica. Isso pode ser feito incluindo no projeto das máquinas todo o conhecimento e experiência vivida nas antigas. Sua função é aumentar o ciclo de vida dos equipamentos e desenvolver projetos em conjunto com os pilares de manutenção autônoma e profissional e integrar fornecedores. (YAMASHIMA 2000). A fim de alcançar a qualidade elevada, custos mínimos, *lead time* de projeto reduzido, maior flexibilidade, segurança, facilidade de operações, confiabilidade, facilidade de manutenção, é fundamental a participação das pessoas envolvidas no gerenciamento, fornecimento e operadores das máquinas (YAMASHINA, 2007).
- O pilar “gestão de pessoas” é premissa para a implantação do WCM no que diz respeito ao desenvolvimento das competências das pessoas. Isso se deve ao fato de que, na metodologia WCM, a execução dos métodos e técnicas, bem como os resultados, dependem das pessoas. O pilar se baseia na avaliação dos problemas relacionados com competência, na formação para preencher essa deficiência e, por fim, na administração dos caminhos de aprendizagem. De acordo com Yamashina (2007), cabe a esse pilar desenvolver e motivar pessoas, reduzindo os erros humanos e trabalhar em conjunto com o pilar de segurança diminuindo os atos inseguros. Esse pilar identifica e organiza treinamento das ferramentas necessárias para os grupos de projetos para desenvolvimento de melhorias nos equipamentos.
- O pilar “ambiental” tem como propósito a melhoria contínua do local de trabalho ou do ambiente produtivo, mais especificamente a redução do consumo de energia e o uso de energias alternativas, promovendo a conscientização ambiental mediante o envolvimento com normas e regulamentos ambientais. O foco é dado na minimização dos impactos ambientais por meio de perdas individualizadas e ações contra o desperdício.
- O pilar “controle de qualidade”, tem por objetivo fabricar produtos sem qualquer tipo de defeito, por meio da pesquisa aprimorada da capacidade e controle do processo. Para tal, realiza mudanças essenciais na lógica de controle de qualidade, isto é, atua não só nos controles e liberações, mas também na perspectiva interna do processo produtivo, analisando as causas da má qualidade para, enfim, saná-las. Segundo Cortez, ET al (2010), este pilar trabalha para garantir a satisfação do cliente, atuando na conscientização dos operadores e na importância da qualidade na atividade de cada processo e seus atos. Além de diminuir as reclamações dos clientes através da análise de todos os defeitos de qualidade e reduzir o tempo entre a ocorrência do defeito, detecção e correção.

Segundo Yamashina (2007), a integração desses pilares contribui, de forma eficaz, na redução das perdas que não agregam valor ao processo produtivo, elevando assim a empresa a níveis mundiais de manufatura.

Os resultados da implementação são avaliados através de auditorias que pontuam (de 0 a 10) cada um dos pilares, estabelecendo a atual condição da empresa quanto ao WCM. Plantas com mais de 50 pontos são certificadas com Medalha de Bronze; mais de 60 pontos, Medalha de Prata; mais de 70 pontos, Medalha de Ouro; e mais de 85 pontos a planta é classificada como Manufatura em Word Class. Em resumo, para uma empresa atingir o nível World Class, a metodologia influencia em todos os processos produtivos e logísticos, suportando-os com um sistema de auditoria e medindo seus indicadores principais (MIDOR, 2012). Para o presente trabalho foi desenvolvido uma nova estrutura de pilares, conforme orientação do professor orientador experiente em avaliar a aplicação deste método, para ampliar a visão estratégica e analisar mais detalhadamente a metodologia WCM conforme mostrado na Tabela 1.

Item	PRÁTICAS DE GESTÃO
1	5S
2	6 Sigma
3	Sistema Toyota de Produção (STP)
4	Sistema de Gestão da Qualidade (ISO 9001)
5	Sistema de Gestão Ambiental (ISO 14001)
6	Sistema de Gestão da Segurança e Saúde Ocupacional (OHSAS 18001)
7	Sistema de Manutenção Produtiva Total (TPM)
8	Sistema de Controle de Qualidade Total (TQC)
9	Sistema de Gestão de Riscos (ISO 31000)
10	Sistema de Desdobramento de Custos
11	Sistema de Gestão de Energia (ISO 51000)
12	Sistema de Gestão de Logística
13	Sistema de Controle de Processo (CEP)

Tabela 1: Nova estrutura de pilares do WCM
(Fonte: Elaborada pela autora)

4 Método

A pesquisa é um instrumento pelo qual a investigação do problema proposto é viabilizada a fim de que os objetivos traçados sejam atingidos. Portanto, tendo em vista a abordagem deste trabalho, optou-se por realizar uma pesquisa de natureza indutiva, por meio de amostra de Empresas Pernambucanas que utilizam a WCM como Modelo de Gestão.

Para Vieira (2002) e Malhotra (2006), a pesquisa descritiva objetiva conhecer e interpretar a realidade, por meio da observação, descrição, classificação e interpretação de fenômenos, sem nela interferir para modificá-la. Conforme Vieira (2002), as pesquisas descritivas podem

se interessar pelas relações entre variáveis e, dessa forma, aproximar-se das pesquisas experimentais. A pesquisa descritiva expõe as características de determinada população ou fenômeno, mas não tem o compromisso de explicar os fenômenos que descreve, embora sirva de base para tal explicação. Segundo Gil (2007), as pesquisas exploratórias são aquelas que possuem como objetivo principal o desenvolvimento ou esclarecimento de conceitos, propiciando estudos posteriores advindos de formulações de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis.

O trabalho foi desenvolvido através dos preceitos do estudo exploratório, por meio de uma pesquisa bibliográfica, desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído de livros e artigos científicos e a elaboração de um questionário de pesquisa constituído com as partes da metodologia WCM em estudo através da respostas das empresas. Depois da elaboração do questionário foi realizada a entrevista com as empresas selecionadas a partir de ligações telefônicas e contatos via e-mail. Após o levantamento de todas as informações importantes. Com todos os dados disponíveis foram realizados gráficos e tabelas para saber realmente qual a situação das empresas estudadas evidenciando como esta a implantação do WCM nas empresas da região Nordeste.

Esta seção tem como objetivo apresentar os dados levantados durante o desenvolvimento da pesquisa. Primeiramente foram definidas as empresas do Estado de Pernambuco que buscam maior competitividade com novas tecnologias e soluções inovadoras através da implementação da metodologia do WCM que seriam pesquisadas no trabalho. Após o levantamento da pesquisa, por meio de telefonema e tratado pessoalmente com o Gerente de Produção ou o Representante da Direção – RD, foram estratificados os resultados e montada uma tabela, conforme Tabela 2, com as 20 empresas e os 13 itens presentes na metodologia WCM. Na tabela 1 mostra como está à aplicação da metodologia nas empresas da região Nordeste separando as empresas por grupos de atuação. Sendo Grupo 1 – Alimentos, Grupo 2 – Bebidas, Grupo 3 – Bens de Consumo, Grupo 4 – Metal mecânica, Grupo 5 – Petróleo, Grupo 6 – Automobilística, Grupo 7 – Cimentos, Grupo 8 – Energia, Grupo 9 – Gases Industriais, Grupo 10 – Resinas e Grupo 11 – Saneamento. Na tabela 1 também percebe-se uma coerência nos resultados, pois todas as empresas do Grupo 5 apresentaram as mesmas respostas devido às empresas terem a mesma governança.

Em seguida pesquisei o contato das empresas e realizei a consulta com o responsável da área de gestão ou qualidade para indicar quais itens da pesquisa estão presentes em suas empresas ajudando na melhoria continua. Com os dados tabulados surgiram gráficos para melhor representar como estão as empresas diante da metodologia WCM.

Item	PRÁTICAS DE GESTÃO	GRUPO 1- SETOR ALIMENTOS						GRUPO 2- SETOR BEBIDAS		GRUPO 3- SETOR BENS DE CONSUMO		GRUPO 4- SETOR METAL MECÂNICA		GRUPO 5- SETOR PETRÓLEO		GRUPO 6- SETOR AUTOMOBILÍSTICA	GRUPO 7- SETOR CIMENTOS	GRUPO 8- SETOR ENERGIA	GRUPO 9- SETOR GASES INDUSTRIAIS	GRUPO 10- SETOR RESINAS	GRUPO 11- SETOR SANEAMENTO	PERCENTUAL DE ATENDIMENTO POR ITEM
		1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	5.1	5.2	6.1	7.1	8.1	9.1	10.1	11.1	
1	5S	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X			X				X		75,0%	
2	6 Sigma																				15,0%	
3	Sistema Toyota de Produção (STP)		X	X	X		X	X	X	X	X	X			X				X	X	65,0%	
4	Sistema de Gestão da Qualidade (ISO 9001)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	95,0%	
5	Sistema de Gestão Ambiental (ISO 14001)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100,0%	
6	Sistema de Gestão da Segurança e Saúde Ocupacional (OHSAS 18001)	X		X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X	X		80,0%	
7	Sistema de Manutenção Produtiva Total (TPM)	X	X	X	X			X	X	X	X	X			X				X	X	65,0%	
8	Sistema de Controle de Qualidade Total (TQC)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X			X	X	X	80,0%	
9	Sistema de Gestão de Riscos (ISO 31000)				X				X						X	X	X	X			30,0%	
10	Sistema de Desdobramento de Custos				X				X						X						15,0%	
11	Sistema de Gestão de Energia (ISO 51000)				X						X	X	X	X	X		X				35,0%	
12	Sistema de Gestão de Logística			X			X	X				X	X	X		X	X	X			40,0%	
13	Sistema de Controle de Processo (CEP)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X				X	X	65,0%	
PERCENTUAL DE ATENDIMENTO POR EMPRESA		53,8%	53,8%	69,2%	92,3%	38,5%	61,5%	61,5%	84,6%	53,8%	69,2%	53,8%	46,2%	38,5%	38,5%	92,3%	46,2%	61,5%	38,5%	61,5%	61,5%	
PERCENTUAL DE ATENDIMENTO POR SETOR		61,5%						73,3%		61,5%		50,0%		38,5%		92,3%	46,2%	61,5%	38,5%	61,5%	61,5%	

Figura 1 : Exemplo de como apresentar código dentro de uma figura – para centrar a legenda use o estilo **figuraesq**

5 Resultados

No Gráfico 1 pode-se observar que as práticas mais utilizadas consistem nos Sistemas de Gestão ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001, demonstrando que a busca pelo Sistema de Gestão Integrados - SGI é uma prática corriqueira nas empresas deste nível. Alie-se a este fato o sistema TQC. Essas metodologias foram as primeiras a surgirem na busca pela gestão da Qualidade nas organizações que queriam implementar um diferencial competitivo. Também clientes costumam exigir, de forma compulsória estas certificação para contratar seus fornecedores, fomentando a prática para implantação destas metodologias. Pelo Gráfico 1 verifica-se que o Sistema de Gestão Ambiental é utilizada por todas as empresas pes-

quisadas representando 100% de implantação e o Sistema menos utilizado é o Desdobramento de Custos representando apenas 15% (apenas três empresas pesquisadas utilizam este sistema de gestão) representando uma aplicação muito baixa. Este ato é notório no Brasil e no Mundo, em que o refinamento da gestão de custo não existe. Neste gráfico também se verifica que o Sistema de Gestão Ambiental (ISO 14001) superou o Sistema de Gestão da Qualidade (ISO 9001), sendo uma surpresa, deve-se ao fato que a regulamentação e exigência ambiental é compulsória para licenças de funcionamento e operação. Algo interessante e coerente é o fato das Empresas do setor de Petróleo terem o mesmo resultado e mesmas prática, deve-se ao fato de serem da mesma Governança corporativa. metodologia WCM.

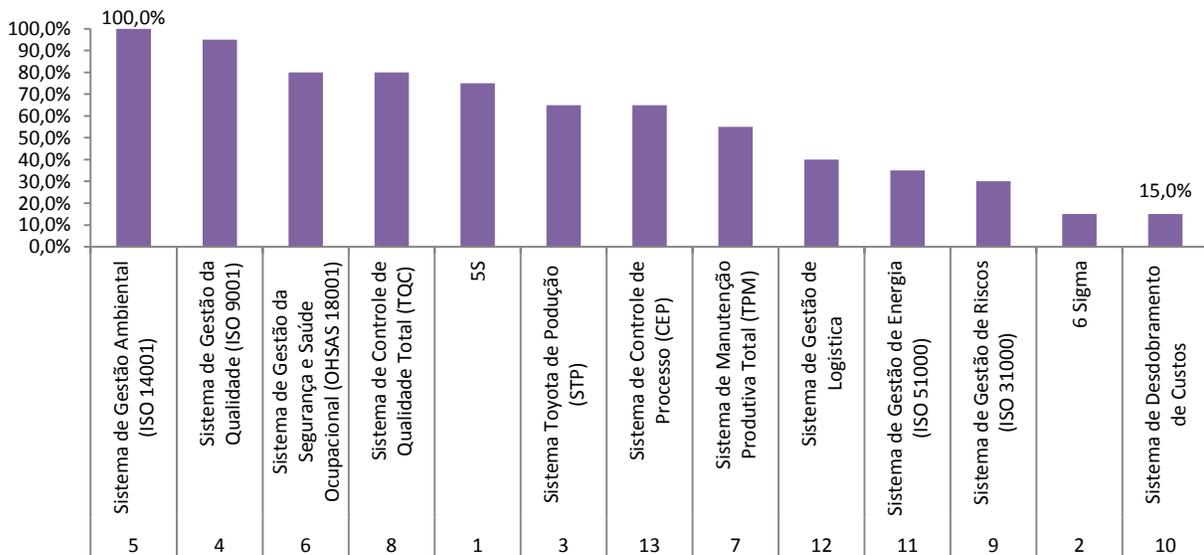


Gráfico 1 : Percentual de atendimento dos itens/práticas do modelo de gestão WCM nas empresas pesquisadas – Pareto

Fonte: Elaborado pela autora

No Gráfico 2, a seguir, percebe-se que o Grupo 6 é o que supera todos os outros grupos, mas é composto por uma única empresa automobilística pesquisada neste região, deve-se ao fato que é uma multinacional que adota em todas as filiais o WCM como Modelo de Gestão. Já no Grupo 2 as duas empresas pesquisadas são também multinacionais que adotam várias práticas de classe mundial. Vê-se também que a grande maioria dos grupos (7 em 11) estão acima de 50% da implementação do WCM verificando-se que a busca por práticas de gestão de classe mundial faz parte dos objetivos estratégico das empresas pesquisadas.

No Gráfico 3 pode-se observar que existe três empresas que se destacam na implantação indicando que a metodologia está sendo implementada de forma intensa e as outras empresas estão em busca para obterem eficácia na sua implementação. Estas três empresas tem o ramo de atuação diferentes com isso ratifica-se que a metodologia realmente pode ser aplicada em todas os tipos de empresas, de qualquer ramo, independente dos seus processo e produtos e da cultura organizacional.

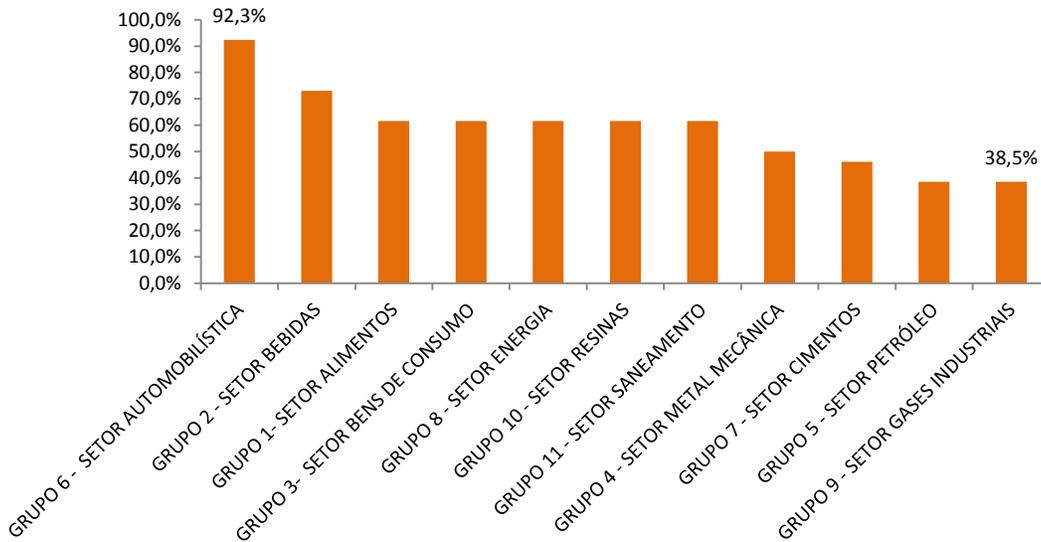


Gráfico 2: Percentual de atendimento por setor/grupo do modelo de gestão WCM nas empresas pesquisadas – Pareto
 Fonte: Elaborado pela autora

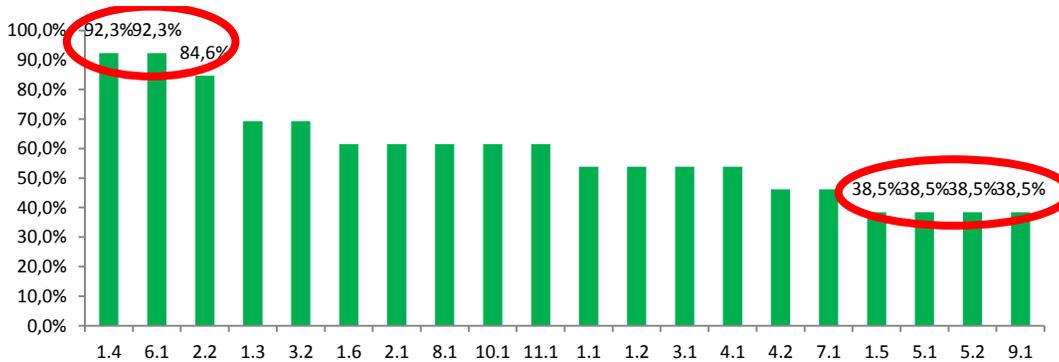


Gráfico 3: Percentual de atendimento das empresas pesquisadas no WCM
 Fonte: Elaborado pela autora

5 Resultados

Pelo estudo apresentado conclui-se que a implementação do método WCM já está sendo utilizado pelas empresas, mas ainda falta muito para a obtenção de um índice de 100% das práticas, em particular no que se refere à Gestão de Custos. Das 20 (vinte) empresas pesquisadas apenas 03 (três) se destacam neste Modelo de Gestão. Estas empresas que se destacam na implementação do método atuam em setores diferentes de mercado, com isso percebe-se que a cultura do WCM pode ser aplicado em todas as empresas não importando o setor de atuação.

O SGI e TQC ficam destacados por serem as primeiras práticas de gestão a serem implementadas nas empresas para ajudar na gestão dos processos.

O Sistema de Gestão Ambiental ISO 14001 é utilizada por todas as empresas pesquisadas representando 100% de implantação e o sistema menos utilizado é o Desdobramento de Custos representando apenas 15%, no caso, representando uma aplicação muito baixa deste sistema nas empresas pesquisadas. Também verifica-se que o Sistema de Gestão Ambiental (ISO 14001) superou o Sistema de Gestão da Qualidade (ISO 9001), não obstante este último sendo mais conhecido no mercado, pois as empresas estão sempre querendo melhorar sua competitividade em busca da sua sustentabilidade empresarial, o fato da ISO 14001 superar a ISO 9001 deve-se ao fato da elevação da exigência das legislações ambientais, pois em caso de não atendimento as empresas ficam sujeitas a multas elevadas. Já com o Sistema de Gestão da Qualidade (ISO 9001) não se adota muitas, só a necessidade de atendimento as características técnicas mínimas do produto ou serviço.

Já o Sistema de Gestão de Logística representa apenas 40%, não obstante este seja um influenciador dos custos dos produtos e serviços e as empresas necessitem de analisar e melhorar o impacto destes tanto internamente como externamente. Com o ambiente de recessão no país o Sistema de Gestão de Energia ISO 50001 deveria ser superior a 35%, pois as empresas necessitam repensar seus custos e buscar sua redução, pois o impacto pode chegar em até 30% dos custos de produção.

O Sistema de Gestão de Riscos ISO 31000 pelo estudo representou apenas 30% de aplicação, mas acredita-se que irá mudar, pois a ISO 9001/2015 já exige uma melhor avaliação dos riscos estratégicos, táticos e operacionais e as empresas, que buscam práticas de classe mundial como WCM, não poderão deixar esta prática com percentual tão baixo, portanto o incremento deste Sistema de Gestão terá um tendência crescente nos próximos anos.

Por fim, o 6 Sigma representou somente 15%. Isto se deve ao fato que o investimento em treinamento, desde funcionários até gerentes, nesta metodologia é muito alta e as empresas decidem não gastar tanto, mesmo com impactos em seus produtos e serviços.

Em relação ao desdobramento de custos percebe-se que as empresas brasileiras não dão atenção devida a este item, de forma refinada, pois se preocupam com a implantação dos Sistema de Gestão, mas continuam com deficiência nesta prática, não obstante seja o grande objetivo empresarial.

Neste ramo do estudo existem muitas oportunidades de melhoria, pois na metodologia WCM pelos dados apresentados existem muitas lacunas que ainda não foram exploradas. A exploração dessas lacunas pode melhorar a gestão da empresa para manter sempre competitiva e diferenciada no mercado no mercado de atuação

Referências

- [1] CHIAVENATO, I. Introdução à teoria geral da administração. 4. ed., São Paulo: Makron Books, 1993.
- [2] CORTEZ, P. R. L. Análise das Relações entre o Processo de Inovação na Engenharia de Produto e as Ferramentas do WCM: Estudo de Caso Em Uma Empresa do Setor Automobilístico. XXX ENGEPE – Encontro Nacional de Engenharia de Produção. São Paulo. 2010.
- [3] FELICE, Fábio; PETRILLO, Antonella; MON-FREDA, Stanislao. Improving Operations Performance with World Class Manufacturing Technique: A Case in Automotive Industry. Intech, Cassino, Itália, v. 1, n. 3, mar. 2013. Disponível em: <www.intechopen.com>. Acesso em: 15 julho 2016.
- [4] GAITHER, N. & FRAIZER, G. Administração da Produção e Operações. 8ª ed. São Paulo: Cengage Learning. 2002. 598 p.
- [5] GIL, A.C. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- [6] MIDOR, Katarzyna. World Class Manufacturing – characteristics and implementation in an automotive enterprise. Scientific Journals Maritime University of Szczecin. Krynica Morska, 2012.
- [7] MALHOTRA, Naresh K. Malhotra. *Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada* Porto Alegre: Bookman, 2006.
- [8] MARTINS, P. G. e LAUGENI, F. P. Administração da Produção. 2 ed. São Paulo: Editora

- Saraiva. 2005. 562 p.
- [9] OHNO, Taiichi. O Sistema Toyota de Produção – Além da Produção em larga escala.- Ed. Bookman. 1997.
- [10] OLIVEIRA, D. P. Rebouças de Planejamento Estratégico: conceito, metodologia, práticas: 22. ed. 2.São Paulo, 2009.
- [11] PADDOCK, B. Top management's: Guide to World Class Manufacturing. 1st ed. Kansas City: Buker, Inc., 1993. 83 p.
- [12] PAŁUCHA, K. World Class Manufacturing model in production management. Archives of Materials Science and Engineering, Zabrze, dez. 2012.
- [13] PASSARELLA, M. *Benchmarking Production System*. 2007.
- [14] RUBRICH, L.; & WATSON, M. Implementing World Class Manufacturing. 2 ed. Fort Wayne, Indiana, 2004. 437p.
- [15] SCHONBERGER, R. J. World Class Manufacturing: The Lessons of Simplicity Applied. New York, New York. 1986. 253 p.
- [16] SLACK. N. et al. Administração da Produção. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2002. 747 p.
- [17] VIEIRA, V. A. As tipologias, variações e características da pesquisa de marketing. *Revista da FAE*, Curitiba. 2002.
- [18] WIREMAN, T. Total Productive Maintenance – An American Approach, Industrial Press Inc., New York, NY. 1990.
- [19] WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. A mentalidade enxuta nas empresas *Lean Thinking*: Elimine o desperdício e crie riqueza. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2006.
- [20] YAMASHINA, Hajime. Challenge to world-class manufacturing. Institute Journal of Quality & Reliability Management, Kyoto, 2000.

Fatores Influenciadores da Garantia e Controle da Qualidade em Pesquisas Econômicas

Title: Influencing factors assurance and quality control in economic research

Márcio de Oliveira Maia

Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
mmaialds@gmail.com

Luis Cordeiro de Barros Filho

Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
lbarros27@gmail.com

Resumo *Este artigo aborda a importância da Garantia e o Controle da Qualidade em Pesquisas econômicas, delineando alguns dos principais fatores que tem influência significativa nos resultados esperados. Abordando os processos e as diversas variáveis envolvidas na coleta de dados e procurando entender as relações interpessoais e socioeconômicas inerentes ao meio estudado. O papel do pesquisador, sua comunicação, sua percepção e sua motivação como tendo papel proeminente para assegurar a garantia da qualidade e sua relação com as partes envolvidas. Este trabalho também apresenta conceitos de gestão de qualidade como instrumento de garantia e controle no tratamento e filtragem de dados coletados.*

Palavras-Chave: *Pesquisas Econômicas, Garantia, controle, Qualidade, Comunicação*

Abstract *This article discusses the importance Assurance and Quality Control in economic research, outlining some of the key factors that have significant influence on the expected results. Addressing the processes and the different variables involved in collecting data and trying to understand interpersonal and socio-economic relations inherent in the medium being analyzed. The role of the researcher, his communication, his perception and motivation to have a prominent role to ensure quality assurance and its relationship with the parties involved. This work also presents quality management concepts like security and control instrument in the treatment and filtering of collected data.*

Keywords: *Economic Research , Warranty, Control, Quality , Communication*

1 Introdução

A busca por novas informações e a necessidade de tomada de decisões com dados atualizados e confiáveis torna-se um comportamento necessários em qualquer meio. São cada vez maiores os interesses e a necessidade de se fazer pesquisas. A pesquisa torna-se ferramenta para novos conhecimentos. No Brasil, o próprio panorama da conjuntura social e econômica do País tornar-se um campo fértil para estudos diversos. Pesquisar preços, tendências, concorrência, perspectivas, mobilidade, e os impactos sociais e ambientais, principalmente a economia como um todo é parte integrante de um meio em busca de melhores resultados. Estatísticas são traçadas, números são calculados e índices são gerados e delineados buscando entender os diversos comportamentos. As pesquisas aplicadas têm como principal finalidade, diagnosticar, quantificar e avaliar os impactos das políticas econômicas e sociais para apoiar a tomada de decisão pessoal ou corporativa. Há pesquisas que buscam também atender as solicitações de um determinado governo em todos os seus níveis, a instituições nacionais e internacionais, a empresas e a organizações da sociedade civil.

Nessa dinâmica de pesquisas a qualidade das informações passou a ser instrumento de força. Auxiliar as organizações em seu posicionamento perante a sociedade é função estratégica da comunicação. Essa função estratégica, segundo ela, abre canais de comunicação entre a organização e públicos, em busca de confiança mútua, construindo a credibilidade e valorizando a dimensão social da organização [1]. Gerenciar o controle da qualidade é parte fundamental nos processos, na qualidade das informações coletas, geradas e difundidas [2].

“Sistema de gestão da qualidade tem sido um conjunto de recursos e regras básicas, inserida de maneira adequada, com o objetivo de orientar cada processo da empresa para que realize de maneira correta e no tempo devido a suas atividades, sintonia com as outras, estando todas voltadas para o objetivo comum da organização: ser competitiva (ter qualidade com produtividade)”, com o propósito de que qualidade é a satisfação dos clientes e produtividade, fazendo mais com cada vez menos recursos [3]. Nisso, a qualidade vai muito além da verificação técnica em busca de defeitos e imperfeições, mas envolve todo o processo produtivo dos produtos ou serviços, é responsabilidade de toda a empresa e a ênfase passa a ser a melhoria para prevenir futuros problemas.

1.1 Os Institutos de Pesquisas no Brasil

No Brasil, são vários órgãos, institutos e empresas que trabalham com pesquisas diversas. Quando se fala em pesquisas no Brasil, um dos primeiros nomes lembrado é o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IB-

GE). Em sua já razoavelmente longa história, o IBGE elaborou e produziu um conjunto de pesquisas bastante significativo no que diz respeito à oferta de informações sobre as diversas características demográficas e socioeconômicas da população brasileira. Dentre essas pesquisas, o censo demográfico é um eixo de referência para todas as demais.

A Fundação Getúlio Vargas também é outro grande nome quando se trata de pesquisas sobre a economia brasileira. Realiza diversas pesquisas e trabalhos sob encomenda para o setor público, iniciativa privada e organismos internacionais. Além disso, através do Instituto Brasileiro de Economia (IBRE), gera e divulga indicadores e relatórios que contribuem para o direcionamento da economia brasileira. A Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (Fipe) é uma entidade ligada ao Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo (FEA-USP) que também tem contribuído substancialmente na área de pesquisas no Brasil [4].

1.2 Pesquisas e Economia

As Pesquisas econômicas tem abrangência em todo o País, de norte a sul, e a todo momento. A Mídia, os Economistas e a Sociedade têm trabalhado essas informações geradas por Pesquisas, de forma abrangente sempre visando atender suas expectativas, entendimento e tomadas de decisões. Para que possa de fato representar a realidade de um contexto socioeconômico nacional. Porém, a confiabilidade dessa gama de informações cada vez mais presente no dia a dia pode ser questionada sob o ponto de vista das diversas variáveis que formam os seus processos de coleta, processamento e divulgação. Sendo assim, é importante observar que há vários fatores que podem interferir na Garantia e no Controle de Qualidade de uma Pesquisa Econômica.

Nesse sentido, a busca pela qualidade é parte constante nos processos. Programas como Círculos de Controle de Qualidade, Controle Estatístico de Processo, Manutenção Produtiva Total, Melhoria Contínua (Kaizen), Análise dos Efeitos e Tipos de Falhas passaram a ter grande aceitação no mundo ocidental a partir do sucesso percebido com a implantação de técnicas que combinavam o aumento da qualidade e da produtividade [6].

A garantia da qualidade apresenta que em todas as atividades planejadas e sistemáticas que são implementadas dentro do sistema de qualidade procura assegurar que o projeto irá satisfazer os padrões esperados de qualidade. Isso desse acontecer em todo o projeto. Todos os processos envolvidos [7]. A garantia da qualidade é normalmente é implementada pelo Departamento de Garantia da Qualidade ou outro departamento similar, mas lembrando que isso não é uma exigência. A garantia pode ser forne-

cida à equipe de gerência do projeto e à gerência da organização executora (garantia da qualidade interna), ou pode ser fornecida ao cliente e outros não ativamente envolvidos no trabalho do projeto (garantia da qualidade externa) [8].

2 Objetivos

2.1 Objetivo Geral

Apresentar os processos que envolvem a coleta de dados para pesquisas econômicas e abordar os aspectos relevantes que contribuem para sua garantia e controle da qualidade.

2.2 Objetivos Específicos

- Apresentar conceitos de controle e Garantia de Qualidade
- Descrever os processos que envolvem a coleta de dados para Pesquisas.
- Fornecer variáveis influenciadoras da garantia e controle de qualidade.

3 Referencial Teórico

3.1 Pesquisa

O homem sempre está em busca de mais informação, de mais conhecimento. Os questionamentos, os problemas, as quantidades, as qualidades sempre foram e serão analisadas. Pesquisar é buscar novos conhecimentos. Pesquisa é a construção de um conhecimento, a construção de novas técnicas, a criação ou exploração de novas realidades. "Essencialmente, pesquisa visa à produção de conhecimento novo e socialmente fidedigno". Um conhecimento que preenche uma lacuna importante no conhecimento disponível em uma determinada área do conhecimento [10].

Ainda não se vê estabelecida uma cultura de realizações de pesquisas como base sistemática para a tomada de decisões. O ciclo de gestão PDCA (do Inglês: *Plan, Do, Check, Act ou Action*) é à base do processo da rotina e da melhoria contínua, mas sem informações adequadas o ciclo não pode gerar benefícios em busca da excelência, seja no nível micro ou no nível macro. O fato é que sem pesquisa não há informação. E sem informação não há excelência. E sem excelência não há competitividade. É cada vez mais necessário que nossos empresários, gestores públicos do setor em geral entendam a importância da pesquisa e da informação na tomada de decisões. A partir dessa análise a pesquisa, que com certeza não será mais vista por muitos como um custo; mas passará a ser

vista como um instrumento de investimento em busca de excelência e competitividade por meio de provimento de informações que contribuam para decisões mais precisas e conscientes.

3.1.1 A Evolução da Pesquisa

A Pesquisa tem sua evolução constante. A cada momento os meios e métodos são aperfeiçoados. Na década de 1960, a pesquisa participativa teve uma crescente de pesquisadores que, principalmente na América Latina, onde se opuseram a uma dominância dos pressupostos da pesquisa positiva e estruturalista. O paradigma convencional foi identificado como parte dos problemas sociais. Paradigmas de pesquisas mostraram-se ineptos para a solução de conflitos e suscitaram uma busca por uma nova relação entre o pesquisador e o pesquisado, uma negociação em torno do objeto da pesquisa, uma outra metodologia de investigação e uma redefinição dos beneficiários da pesquisa [11].

3.1.2 Conhecimento produzido

A pesquisa participante considera que o conhecimento é um instrumento de poder e controle, e a pesquisa é um processo oportuno de formação. Todo processo de pesquisa é concebido com um aprendizado educativo e todas as atividades consideradas como ocasião de ampliação do conhecimento da realidade, o conhecimento dará suporte as decisões e garantirá uma unidade ideológica e ética entre o pensamento e a ação. A nova economia é uma economia de conhecimento, onde a tecnologia da informação possibilitou uma economia baseada no conhecimento. Apesar da ascensão da inteligência artificial e de outras tecnologias do conhecimento, este é criado por trabalhadores do conhecimento e por consumidores do conhecimento.

O intelecto avançado e seu principal facilitador, as tecnologias dos serviços estão remodelando não apenas as indústrias de serviço mas também os padrões globais, argumenta James Brian Quinn, professor da Dartmouth's Tuck School, em Intelligent Enterprise [12].



3.2 Garantia e Controle de Qualidade

3.2.1 Garantia da Qualidade

Segundo a norma NP EN ISO 9001:2008, “a organização deve melhorar continuamente a eficácia do sistema de gestão da qualidade (SGQ) através da utilização da política da qualidade, dos objetivos da qualidade, dos resultados das auditorias, da análise dos dados, das ações corretivas e preventivas e da revisão pela gestão” [13]. Para isso, há várias ferramentas disponíveis para a melhoria dos processos, produtos e serviços. Ferramentas essas que podem servir para acompanhar os processos em suas mais variadas etapas.

O Ciclo PDCA, conhecido também como Ciclo de Shewhart ou Ciclo de Deming, é muito utilizada nas gestões das empresas. Este sistema concebido por Walter A. Shewhart e amplamente divulgado por Willian E. Deming e, assim como a filosofia Kaizen, tem como foco principal a melhoria contínua.

O Fluxograma, conforme Figura 2, tem como finalidade identificar o melhor caminho para um produto ou serviço com o objetivo de identificar as falhas e os desvios. Mostra ainda como cada etapa está relacionada e dependente. Por meio de símbolos, são facilmente reconhecidos para denotar os diferentes tipos de operações em um processo.

O Diagrama Espinha-de-Peixe, ou também chamado de Causa e Efeitos, tem como finalidade explorar e indicar todas as causas possíveis de uma condição ou um problema específico nos processos. Tal Diagrama foi desenvolvido para representar a relação entre o efeito e todas as possibilidades de causa que podem contribuir para esse efeito. Também conhecido como Diagrama de Ishikawa, foi desenvolvido por Kaoru Ishikawa, da Universidade de Tóquio, em 1943 [14].

As folhas de verificação consistem em tabelas ou planilhas usadas para facilitar a coleta e análise de dados. O uso dessas folhas de verificação proporciona uma economia de tempo e organização de informação, eliminando o excesso de números e desenhos repetitivos. São formulários devidamente elaborados para se agir com simplicidade e facilidade, e concisa. O grande objetivo é permitir que informações sejam de rapidez nas percepções da realidade e uma imediata interpretação da situação, ajudando a diminuir as falhas e a confusão de interpretação.

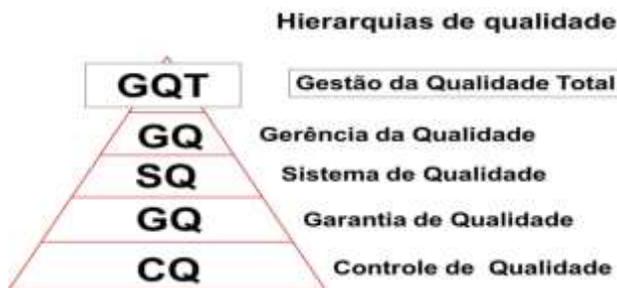
O Diagrama de Pareto tem como principal finalidade, mostrar a importância de todas as condições existentes em um processo, buscando escolher o ponto de partida para solução do problema e identificar a causa básica, partindo assim para um monitoramento. Este diagrama pode ser usado para identificar o problema mais importante através do uso de diferentes critérios de medição, como frequência ou custo.

O histograma tem como finalidade mostrar a distribuição dos dados através de um gráfico de barras indicando o número de unidades em cada categoria. Um histograma é um gráfico de representação de uma série de dados. O Diagrama de Dispersão mostra o que acontece com uma variável quando a outra muda, para testar possíveis relações de causa e efeito [15].

3.2.2 Controle da Qualidade

A ISO 9001 é uma norma de Requisitos de Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) reconhecida internacionalmente, utilizada por organizações que desejam comprovar sua capacidade de fornecer produtos e serviços que atendem às necessidades de seus clientes e das partes interessadas. A norma ISO 9001 é uma referência mundial em SGQ, com mais de um milhão de certificados emitidos em mais de 150 países. Na NBR ISO 9000-2005 “controle da qualidade é parte da gestão da qualidade, focada no atendimento dos requisitos da qualidade”. Dessa maneira, tem como papel principal fiscalizar, controlar e tem como objetivo avaliar e garantir se a especificação esta ou não sendo atendida. Já “garantia da qualidade faz parte da gestão da qualidade focada em prover confiança de que os requisitos da qualidade serão atendidos”, estando diretamente relacionada ao atendimento dos requisitos de qualidade no processo como um todo (produção, pessoas, equipamentos, demais departamentos) [16].

Segundo a ISSO 9000-2000, de conceitos, controle de qualidade é “a atividade e técnica operacional que é utilizada para satisfazer os requisitos de qualidade”. O controle de qualidade pode ser feito de diversas maneiras. Por inspeções, revisões e testes, usados através do ciclo de desenvolvimento para garantir que cada trabalho produzido está de acordo com sua especificação/requerimento. Portanto, o controle de qualidade é parte do processo de desenvolvimento e, como é um processo de feedback, ele é essencial para minimizar os defeitos produzidos. A norma ISO 9001 é aplicável a qualquer organização - independentemente do tamanho, setor em que opera, tipo de produto ou serviço e localização geográfica. Um dos principais pontos fortes da norma ISO 9001 é a sua adequação a todos os tipos de organizações.



4 Aplicações e Resultados

4.1 Fatores Influenciadores da Garantia da Qualidade

4.1.1 As Interrogações iniciais

Toda pesquisa tem um objetivo: levar a tomar conhecimento da situação de existência ou não de um problema, formulando interrogações iniciais e dar apoio a tomada de Decisão com precisão contribuindo-se para agregar valor e maximar resultados das ações a posteriori.

Nossas experiências são essencialmente uma mistura de conhecimento e de valores, dos quais se dispõe, em maior ou menos quantidade, como mais ou menos variedade de amplitude e de domínio. Esses conhecimentos e valores são recebidos prontos e conservados, ou aprende-se ou transforma-se, adaptando-os por vezes, ou seja desenvolvendo-os.[15]

4.1.2 O Problema da Pesquisa

O que mobiliza a mente humana são os problemas. A busca de um maior entendimento de questões postas pelo real, ou ainda a busca de soluções para problemas nele existente, tendo em vista a sua modificação para melhor.

A pesquisa parte de um problema e se escreve em uma problemática. A fase de estabelecimento e de clarificação da problemática e do próprio problema é considerada muitas vezes como a fase crucial da pesquisa. Ela serve para definir e guiar as operações posteriores.[17] O controle é parte das pesquisas. O objetivo é documentar, registrar e comprovar. Quanto maior a formalização para estes processos, maior é o controle e a qualidade.[18]

4.1.3 Pesquisas Ativas

A pesquisa-ação e pesquisa de intervenção; e a pesquisa participativa. Estas abrigam um amplo aspecto de orientação epistemológicas e prática de pesquisa que derivam de diferentes concepções, pressupostos, origens e usos distintos na América, Europa, Austrália e Ásia, tendo como interesse comum a classificação dos fatos com a finalidade de orientar a ação em uma situação concreta, mantendo alguns elementos comuns. Criticar o modelo convencional, manifesto de aprofundar conhecimento, escolha e análise de informações e favorecer o desenvolvimento. Tais pesquisas visam auxiliar a promoção de algum tipo de mudança desejada.[5]

4.1.4 Pesquisas Participativas

Pesquisas participativas surgem como uma forma alternativa, desgarrando-se das formas manipulativas de pesquisa-ação. Ela tem como pressuposto a democratização da produção do conhecimento e da sociedade e o desenvolvimento da justiça social. Não é um mero con-

junto de métodos, meios e técnicas, mas se fundamenta em uma ética e em uma concepção alternativa de produção popular do conhecimento. Trata-se de um modelo e de um meio de mudança efetiva na qual os sujeitos implicados devem elaborar e trabalhar uma estratégia e mudança social.[6]

4.1.5 Comunicação e Pesquisa

Ao registrar a busca do conhecimento objetivo não se pode, entretanto, esquecer que a ciência é um fenômeno social e histórico, sujeito a condicionamentos e influências. O que significa: é também parcial e sujeita a erros. Não ultrapassa, por vezes, o senso comum, e é com frequência permeada pela ideologia (ou pelo viés dos interesses, da preservação ou conquista de posições de poder).

Facilitar a comunicação passa a ser tarefa fundamental nas relações. No próprio sentido da palavra comunicação origina-se do latim, que significa tornar comum ou compartilhar. Sendo assim, a comunicação é uma informação transmitida a alguém, compartilhada.[19]

Trata-se aí de um conhecimento vivo, intuitivo, espontâneo – e que apresenta uma grande riqueza em função de seu enraizamento no terreno da experiência e sua sintonia com o viver cotidiano, com as indagações, problemas e desejos que povoam a vida do dia-a-dia.[20]

4.1.6 Os Prazos

Os prazos de pesquisas são importantíssimos para a qualidade das informações. Os prazos são diversos. Muitos índices têm periodicidade diária. Índices como o Índice de Preço ao Consumidor (IPC), da Fundação Getúlio Vargas, tem periodicidade diária. As donas de casas, autônomas que pesquisam feiras livre e supermercados, logo cedo estão nas ruas coletando preços.

Há também periodicidades diversas. Semanais, descendais, mensais e anuais. Tudo de acordo com a necessidade dos índices ou solicitações públicas e privadas.

A busca para se atingir os prazos estabelecidos sofre interferências de inúmeros fatores que vão desde a mobilidade nas grandes cidades até a dificuldade de encontrar produtos com descrição única ou exclusiva. Os produtos que são fabricados por um único fabricante podem condicionar a pesquisa a uma espera bem maior que o comum e, coloca em risco os prazos estabelecidos e objetivos das informações.

Informações coletadas fora dos prazos podem influenciar significativamente nos resultados das pesquisas, mesmo que existam meios que minimizem as ausências destes dados.

A regularidade e a constância da coleta de dados das pesquisas também são bastante comprometedoras para os

prazos. A condição rotineira de se coletar dados numa determinada organização, empresa ou com uma pessoa, pode gerar um certo desconforto e desinteresse na continuidade, podendo até correr o risco de se coletar informações incorretas devido a desmotivação por parte do pesquisado. Tal pesquisado começa a ver as pesquisas com insignificância, descaso e incompreensão, interferindo involuntariamente ou proposital nos dados fornecidos. Para os casos de pesquisas de preços, um risco eminente oriundo do desestímulo por se pesquisar com muita frequência, é que o pesquisado acaba solicitando ao pesquisador que repita os preços anteriores. Essa postura, se não bem averiguada e percebida pode causar sérias interferências nos resultados, principalmente em pesquisas com grande quantidade de informações a serem coletadas em um único informante.[21]

4.1.7 A quantidade de informações

A quantidade de informações coletadas para cada pesquisa, normalmente é outro fator bastante influenciador dos resultados. Questionários extensos, perguntas longas e, grandes quantidades de produtos e preços, tem gerado um desafio para as pesquisas e pesquisadores, promovendo um certo descontentamento e desinteresse pelas partes envolvidas no processo de coleta.

Se por um lado a grande quantidade de informações otimiza a questão tempo versus dados coletados, por outro lado corre-se o risco eminente de parte das informações coletadas não representar o contexto esperado, pois muitos dos pesquisados não querem dispendir tempo demasiado para tais pesquisas em virtude de muitos destes entrevistados encontram-se em plenas atividades profissionais. Sendo assim, podem passar informações incorretas e até informações inexistentes. Um exemplo disso é passar o preço de um medicamento em que o estoque está zerado.

Muitas pesquisas de preços são realizadas com vendedores dos estabelecimentos comerciais. Estes veem nas pesquisas longas, com grandes quantidades de informações a serem coletadas, como um momento em que estão perdendo oportunidades de efetuarem suas vendas e aumentar seus rendimentos.

Para buscar não impactar tanto nesse tipo de situação, cabe ao pesquisador ter uma boa e amigável relação de confiança e, sempre procurar agendar o dia de sua visita, atentando assim para a melhor conveniência do entrevistado.[22]

Supervisores, gerentes e diretores de empresas e estabelecimento comercial por vezes também não querem que seus funcionários se envolvam nas pesquisas. O tempo despendido e até a confidencialidade das informações passadas preocupa os gestores e torna-se mais um empecilho para o bom andamento das pesquisas rotineiras e

longas. Para estes casos, também se torna necessário o bom entendimento e a relação amigável que deverá ser construída entre todas as partes envolvidas.

Muitas pesquisas apresentam questionários longos com até mais de trinta perguntas, como são os casos das pesquisas de sondagens industriais, expectativas do consumidor e demais sondagens conjunturais. Para as pesquisas de preços, nos supermercados, farmácias e feiras livres, esse número de informações a serem coletadas chegam a mais cem preços.

Para o caso das pesquisas em supermercados, o próprio pesquisador vai até os produtos sem quase nenhum suporte e auxílio de funcionários, salvaguardando em momentos específicos de dúvidas ou não encontrar o produto solicitados na pesquisa.

Mesmo não necessitando de suporte para coletar as informações, ainda assim o ambiente de supermercado por vezes é dinâmico e pode interferir no tempo hábil para coletar.[23]

4.1.8 Pesquisas e Sazonalidade

Não é somente a questão dos preços que ficam mais caros dependendo de um determinado período do ano. Sazonalidade também é outro fator impactante para a coleta de dados dentro dos prazos estabelecidos. Um grande exemplo disso é coletar valores de mensalidade escolares justamente no período de início de ano letivo, onde normalmente todas as atenções da administração das escolas estão voltadas para as matrículas e assuntos relacionados ao início do ano curricular e retorno de férias. Muitos se esquivam em passar informações que não estejam voltadas diretamente e exclusivamente a matrícula de alunos.

Para minimizar problemas como este, cabe ao pesquisador munido de um bom treinamento e um senso de percepção atento agir com o informante com clareza e cordialidade, visando sempre manter uma relação de confiabilidade e cordialidade.[24]

4.1.9 Autorização para pesquisa

Muitos dos itens solicitados nas pesquisas abrangem inúmeros seguimentos que vão desde um supermercado, feira livre e farmácia até a uma multinacional como a Petrobras e empresas estrangeiras. Sendo assim, outra dificuldade impactante no ato de coleta de informações, principalmente em empresas de grande porte, são suas políticas organizacionais de confidencialidade e privacidade. Para algumas destas empresas é necessário obter uma autorização prévia da diretoria da empresa para assim ter acesso às informações. Esse processo para autorizar a coleta de dados pode durar até meses para se concluir. Isso é muito comum, sobretudo para produtos e itens de exclusividade de monopólio industrial. Parece

parte inerente de uma cultura organizacional. O comportamento humano nas organizações tem sido motivo de muitos estudos ao longo do tempo. Tornou-se um assunto abrangente e voltado sempre a entender as diversas performances das pessoas e os ambientes em que estão inseridos, sobretudo diante do crescimento e novos desafios das empresas em um panorama cada vez mais crescente e globalizado. Existem diversos trabalhos e pesquisas que abordam cuidadosamente, analisam e fundamentam os comportamentos organizacionais.[25]

A cultura está vinculada à existência de um grupo social, que compartilha de uma mesma língua e espaço durante certo período de tempo, criando formas de perceber, pensar e decidir que tenham dado certo a ponto de serem institucionalizadas em procedimentos padrões, costumes, scripts e pressupostos não declarados que guiam os comportamentos das pessoas que dele fazem parte.[26]

4.1.10 Pesquisas e mobilidade

As pesquisas presenciais de cunho econômico ainda são muito comuns e necessárias. E, movimentar-se nas grandes regiões metropolitanas no Brasil é uma tarefa cada dia mais complicada e, tais problemas de mobilidade tem interferência direta e indiretas na coleta de dados. Os problemas são comuns desde para quem se utiliza de veículo próprio até para quem usa o transporte público. Ficar preso em um engarrafamento ou procurar vaga de estacionamento num momento em que uma determinada pesquisa tem prazo estabelecido para ser coletado pode ser o maior agravante para um pesquisador atingir seus objetivos.

As pesquisas diárias sofrem grande influência desse problema, cabendo ao pesquisador grandes esforços e planejamento extra de roteiro. A Norma Brasileira 9050 da Associação Brasileira de Normas Técnicas[2] visa promover a acessibilidade no ambiente construído e proporcionar condições de mobilidade, com autonomia e segurança, eliminando as barreiras arquitetônicas e urbanísticas nas cidades, nos edifícios, nos meios de transporte e de comunicação. Sendo assim, ainda se encontra muitas dificuldades de locomoção nos grandes centros urbanos. O custo com transporte e mobilidade extra para se chegar a um determinado local de pesquisa tem levado muitos pesquisadores a pensar mais ponderadamente quando aceitam o encargo de ser pesquisador.

4.1.11 A percepção do pesquisador

O profissional pesquisador assume papel importante de animar o intercambio de informações. Ele atua no sentido educativo, organizando a participação, as condições de discussão e de análise. Ele precisa garantir a interlocução dos diferentes seguimentos sociais e a comunicação permanente de todos os participantes. Sendo

assim, o pesquisador necessidade de atributos e grande capacidade de percepção e comunicação. Deve ser treinado e preparado para perceber e analisar as diversas situações enfrentadas. Assim, a percepção ambiental está ligada à captação e ao tratamento da informação externa considerada útil para a organização. Contudo, na seleção e percepção ambiental não são as organizações em si que selecionam e percebem seus ambientes, mas sim as pessoas que administram as organizações.[25]

Na Figura 1, mostra a figura onde é apresentado os dados do índice nacional de de preço ao consumidor, norteando a economia nacional. São esses e demais dados gerados por pesquisas que representam informações onde empresas e sociedade fazem uso e buscam atender sua diversas necessidades sociais. As pessoas precisam reconhecer objetos para interagirem significativamente com seu ambiente, dentro desse processo tem-se a percepção social, a qual envolve uma sequência de processamento de informações (daí o rótulo “processamento de informações sociais”). Seguindo um modelo básico de processamento de informações, é possível observar três dos estágios neste modelo: atenção seletiva/compreensão; codificação e simplificação; e armazenamento e retenção – descrevem como informações sociais específicas são observadas e armazenadas na memória. O quarto e último estágio, de recuperação e resposta, envolve transformar representações mentais em julgamentos e decisões do mundo real.[6]

4.1.12 Treinamento e recrutamento dos pesquisadores

Os novos pesquisadores são recrutados assim que a necessidade demandar. Tais necessidades são oriundas de novas pesquisas ou mesmo para compor o quadro atual de pesquisadores. Para os institutos federais a ingresso se dá por meio de concursos públicos. Em outros Institutos ou empresas de pesquisas, muitos novos funcionários são inseridos por meio de estagiários. Os pesquisadores e demais funcionários recebem treinamentos periodicamente nas sedes da empresa. Todas as mudanças e novos procedimentos são passados presencialmente ou por meio de vídeo conferencia. Para as empresas que não tem a sede na cidade referência, os técnicos, analistas e economistas viajam para o devido fim.

Manter os padrões e metodologias estabelecidas é papel fundamental para a qualidade. A formalização serve para reduzir a variabilidade da informação. Ele impõe a rigidez e obediência a liberdade pessoal, a fim de assegurar que as coisas sejam feitas exatamente de acordo com o previsto. Porém, um ponto fundamental nos processos de trabalho e treinamento de pessoal, é entender que o instrumento essencial é a Comunicação. Conectividade e interação estão substituindo a formalidade nas relações entre as pessoas.[27]

As ameaças às organizações, vindas dos clientes, da concorrência e em decorrência das mudanças no contexto socioeconômico requerem habilidades humanas em alto grau de refinamento. A compreensão do comportamento individual e dos grupos em situação de trabalho constitui o campo de estudo do Comportamento Organizacional e é capaz de identificar situações de liderança, melhoria e aprendizagem.[25]

4.1.13 Padronização dos processos de coletas

Todos os processos de coleta de dados são devidamente padronizados. Desde uma simples planilha e questionários, até os mais complexos sistemas de dados. As abordagens realizadas por telefone, presencial e por diversos meios seguem um script de procedimento, normas e ética. Os pesquisadores são identificados por meios de uniformes ou mesmo usando um crachá. Os informantes são catalogados, sobretudo aqueles que participam de pesquisas rotineiras e sequencial, estes são cadastrados seguindo o padrão de coleta de dados que inclui desde o CNPJ, endereço, e os nomes dos principais contatos. As pessoas, empresas e órgãos que participam das pesquisas precisam estar cientes de que estão participando de uma pesquisa, que isso segue como parte da boa relação entre pesquisador e pesquisado e preparação do profissional frente a suas atribuições. O treinamento nas organizações é voltado principalmente para complementar a competência de conhecimento em “o que fazer” e em “como fazer” [2]. Ressalte-se que não se pode esquecer que o aprendizado ocorre no dia-a-dia ao longo do tempo e que existem mecanismos onde a organização que aprende pode influir nos resultados finais.[29] Em alguns casos será necessário uma autorização formal para se realizar a pesquisa, seguindo um modelo previamente estabelecido.

4.1.14 Padronização dos processos de divulgação

Algumas pesquisas ganharam muita expressividade no meio social e é tratada com muita importância para os meios de comunicação. Os economistas e a imprensa de modo geral necessitam de pesquisas que tenham notoriedade e confiabilidade. As pesquisas são divulgadas amplamente e, devido demanda e os prazos, são estabelecidos meios padronizados para a divulgação destas. Meios, datas e procedimentos devidamente agendados e monitorados. É reservado um setor específico para a área de divulgação, que se integra em muitos casos com a área comercial, mantendo assim a padronização deste processo tudo isso visando a qualidade das informações geradas. Sendo assim, entende-se que o mais importante é o que o usuário percebe em relação à qualidade.[30]

4.1.15 Confidencialidade nas informações

Todos dados coletados, gerados e divulgados são na íntegra devidamente envolvidos num caráter de confidencialidade. Tal procedimento é deixado bem evidente logo

na parte inicial do processo de coleta, onde quem está sendo pesquisado também estará sendo informado que suas informações serão mantidas em sigilo. Em alguns casos termos de responsabilidades são assinados visando sempre a segurança das informações e das partes envolvidas. Segundo a ISO 9001 versão 2008, os registros são um tipo especial de documento e precisavam ser controlados.

Os registros são estabelecidos e mantidos para proverem evidências da conformidade com requisitos e da operação eficaz do Sistema de Gestão da Qualidade. Todos os registros devem ser mantidos legíveis, prontamente identificáveis e recuperáveis. Um procedimento documentado é estabelecido para definir os controles necessários para identificação, armazenamento, proteção, recuperação, tempo de retenção e descarte dos registros da qualidade.

4.1.16 Segurança dos Sistemas de dados

Os sistemas informatizados que regem os grandes bancos de dados das Instituições de pesquisas são mantidos sob um rígido controle de segurança. O acesso e manuseio destes equipamentos somente são possíveis mediante a um padronizado e especializado sistema de privacidade. Isso vai desde um simples computador de mesa, notebook até aos grandes processadores dos centros gerenciais. Em sua grande maioria serão necessários mais de um tipo de senha e login para adentrar estes sistemas. O foco é manter protegido aquilo que é de mais importante e fruto de um empenho considerável, buscando assim fundamentar a questão qualidade na segurança frente a quem busca e necessita dessas informações. Uma gestão da qualidade eficiente é responsável por gerar níveis de satisfação que garantam que os usuários fiquem fidelizados.[31]

4.1.17 Os meios de coleta de dados

Os meios de coleta de informações para pesquisas também são processos bem definidos que se diferenciam um do outro não somente quanto a metodologia e ferramentas usadas mas também pelo grau de complexidade, de comunicação, percepção e motivação, onde necessariamente cabe estudos e análises dentro da gestão da qualidade dos processos.

Os princípios da gestão da qualidade relaciona-se ao “enfoque por processos”. De acordo com esse princípio, um resultado desejado é alcançado mais eficientemente quando as atividades e os recursos relacionados são gerenciados como um processo. Segundo a ISO 9000, processo é o “conjunto de atividades inter-relacionadas ou interativas que transformam insumos (entradas) em produtos (saídas)”.[2]

4.1.18 Pesquisas por telefone

É cada vez mais comum e necessário a interação por telefone principalmente para pesquisas. A viabilidade do sistema facilita em todos aspectos. Grande parte das pesquisas na atualidade são realizadas por telefone. Pesquisas de economia também é realizada por telefone, muito comum em pesquisa de preços e de opinião.

Esse tipo de pesquisa é prático e também reduz custos diversos e problemas de mobilidade nos grandes centros.

“A entrevista telefônica está se tornando gradualmente o método dominante para obtenção de informações de grandes amostras, à medida que os custos e problemas de não respostas de entrevistas pessoais tornam-se mais complicados. Ao mesmo tempo, muitas das limitações conhecidas das entrevistas telefônicas tem se revelado de pouca significância para uma grande parte dos problemas de marketing.”[32]

Com o crescente acesso à telefonia por parte da população das mais variadas camadas sociais, a pesquisa por telefone vem sendo cada vez mais utilizada em pesquisas quantitativas. Tem se observado uma crescente insatisfação das pessoas por serem muitas vezes incomodadas com excesso desse tipo de prospecção de informação. Excesso de pesquisas, de perguntas e até pesquisas ilegais. Para as pesquisas de preços e de sondagens conjunturais, o primeiro passo é fidelizar um contato. Um representante da empresa que possa passar as informações regularmente. Ligar para uma empresa já sabendo com quem vai se falar é estrategicamente mais proveitoso e confiável. Nestes casos, busca-se por meio de uma visita presencial fortalecer a relação pesquisa, pesquisado e pesquisador visando estreitar o entendimento e o comprometimento das partes envolvidas e assim, mantendo nas pesquisas por telefone a relação previamente de comprometimento e fidelização de um processo. A exposição e o uso permanente dos meios de comunicação fazem deles práticas e objetos familiares e amplamente conhecidos pelos membros da sociedade. Fala-se dele, de seus conteúdos, do desempenho dos personagens que os habitam; domina-se, em certa medida, seu funcionamento e para eles são dirigidas as críticas.[33]

Para atenuar os impactos causados pela assiduidade e constância dessas pesquisas por telefone torna-se necessário conhecer também a cultura organizacional de cada empresa envolvida na amostragem, para assim poder adaptar ao informante a melhor forma de coleta dos dados, se por telefone, e-mail ou mesmo presencial. As ligações não completadas por estarem ocupadas, ou porque o aparelho encontrar-se com defeito, gerarão novas tentativas. Quantas tentativas forem necessárias. E, se finalmente não se consegue a comunicação por telefone, será buscado outro meio. Pesquisar na internet se há outro número de telefone. Se o problema persistir, ainda restam as iniciativas de ligar para um estabelecimento vizinho

para obter informações. E, em outra tentativa, se fará uma visita presencial.

4.1.19 Pesquisas por E-mails

As interações por e-mails para pesquisas é cada vez mais comum no contexto de pesquisas econômicas. Traz algumas das problemáticas encontradas em outras formas de coleta, porém representa um meio confiável e padronizado. Já existem empresas que disponibilizam funcionários exclusivos para atender também as demandas de pesquisas diversas.

A pesquisa por e-mail tem certas particularidades devido ao padrão do questionário ou planilha, e do direcionamento específico para o setor necessário. Diferente da pesquisa por telefone onde o pesquisador geralmente coleta a informação no ato da ligação, a pesquisa por e-mail o contato saberá que tem uma data limite para enviar as informações. A maneira como se descreve as informações e questionamentos no corpo de um e-mail pode ser extremamente influenciador na relação pesquisa e pesquisador. O e-mail também se torna um documento de confiança e comprovação.

4.1.20 Pesquisas por Sites

Tem se mostrado um dos meios mais práticos de se coletar preços para pesquisas os sites na internet. Muitos estabelecimentos comerciais já disponibilizam seus portfolios, tabelas de preços e produtos nas suas páginas da internet. Apesar dos pontos positivos, ainda existe a insegurança. Alguns sites não atualizam suas informações imediatamente. Órgãos públicos, sindicatos e até empresas comerciais não atualizam suas informações com a precisão necessária para a pesquisa com data marcada. Para esse tipo de pesquisa também torna-se necessário que haja um contato por telefone para eventuais esclarecimentos.

4.1.21 Pesquisas presenciais

A pesquisa presencial já foi o meio mais comum de coleta de dados. Hoje, em virtude das facilidades apresentadas por modernos meios de comunicação some-se a isto as dificuldades de mobilidade nos grandes centros urbanos, é cada vez menos comum esse tipo de abordagem para se executar pesquisas de preço. Redução de despesa é um fator também contribuinte. As pesquisas in loco segue um cronograma sempre direcionado a pesquisas com um grau de dificuldade diferenciado. Normalmente para informantes que não querem passar informações por telefone ou por outro meio de pesquisa. Normalmente segue conforme fluxograma na Figura 3:

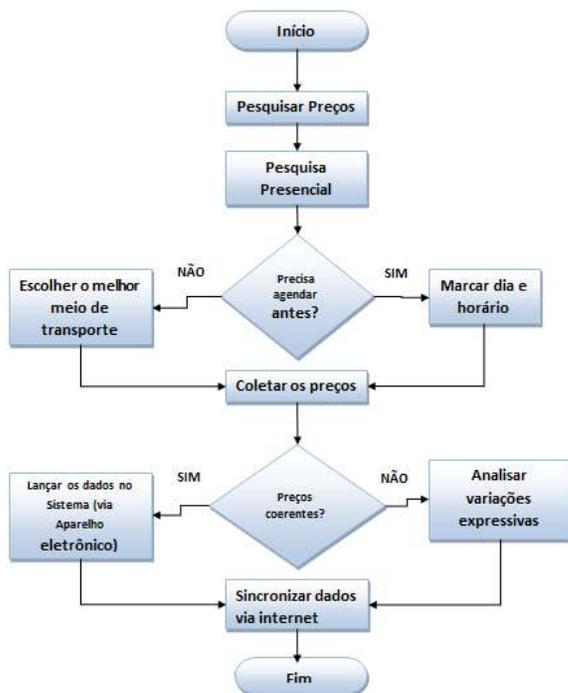


Figura 3: Fluxograma do processo de pesquisa presencial.

As pesquisas presenciais têm sua grande importância e pode apresentar características únicas e determinante para um estudo conforme esse material. As análises dos processos inerentes a pesquisas *in loco* vão desde a abordagem, a comunicação, a percepção até ao perfil profissional do pesquisador. A Figura 4 mostra um pesquisador em uma pesquisa presencial fazendo uso de um equipamento de coleta de dados.[34]



Figura 4: O pesquisador coletando informações com um dispositivo eletrônico.

4.1.22 As Donas de Casa e as Pesquisas

Nada melhor para entender de preços e economia no lar do que as donas de casa. Elas estão de frente quanto o assunto é variação de preços e descrição de produtos., Elas são provavelmente as primeiras a perceberem os reajustes e demais influências nas variações de preços. Sendo assim, percepção é fundamental no ato de uma pesquisa. Percepção é o processo pelo qual os indivíduos selecionam, organizam, armazenam e recuperam informações. Decisão é o processo pelo qual as informações

percebidas são utilizadas para avaliar e escolher entre vários cursos de ação. As pesquisas têm demonstrado que o modo como as organizações tomam decisões exerce um grande impacto no seu desempenho financeiro e na sua capacidade de sobrevivência, e isso é particularmente verdadeiro em ambientes complexos e dinâmicos.[25]

Recrutar donas de casa para conferir os preços praticados pelos estabelecimentos comerciais que atendem o consumidor final é uma tradição do Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getúlio Vargas. Algumas destas donas de casa já somam mais de 30 anos na função. Com smartphones nas mãos, essas donas de casa seguem um roteiro de pesquisa de preços em Supermercados, feiras livre e farmácias. Tudo previamente definido. Já são conhecidas nos estabelecimentos que frequentam para realizar as pesquisas. Para candidatar-se, é preciso preencher uma ficha nos escritórios regionais de pesquisa da Fundação. Após uma pré-seleção, chama-se a candidata para uma entrevista, a fim de avaliar se ela tem as características necessárias para a execução do trabalho. A remuneração do trabalho é definida pela faixa de produção.[35]

4.1.23 Auditorias de qualidade

Parte necessária para um acompanhamento da qualidade, a auditoria de qualidade vem a ser uma revisão estruturada das outras atividades de gerência da qualidade. A principal finalidade da auditoria da qualidade é identificar as lições aprendidas que melhorem o desempenho deste projeto ou de outros projetos da organização. Para as empresas de pesquisas, as auditorias são instrumentos também de exigências dos clientes, tendo em vista que muitas pesquisas atendem a órgãos e instituições públicas e privadas. A auditoria de qualidade pode ser implementada em qualquer período, podendo ser conduzida tanto por auditores internos adequadamente treinados, quanto por empresas contratadas com registro de sistemas de qualidade. Nessa nova abordagem, o controle de qualidade deixa de ser uma função de responsabilidade específica de gerentes de departamentos de qualidade para ser exercida por todos os empregados em todas as fases do processo produtivo. Daí a origem de sua nova denominação — Controle de Qualidade Total.[36]

A melhoria da qualidade inclui a tomada de ações para aumentar a efetividade e a eficiência do projeto fornecendo benefícios adicionais para as partes envolvidas do projeto. Na maioria dos casos, a implementação de melhorias na qualidade exigirá preparação de requisitos de mudanças ou tomada de ações corretivas e serão gerenciadas de acordo como os procedimentos do controle integrado das mudanças. Na Figura 5, exemplo de um processo de auditoria em pesquisas realizadas por telefone, em uma empresa do ramo de pesquisas econômicas no Estado de Pernambuco.

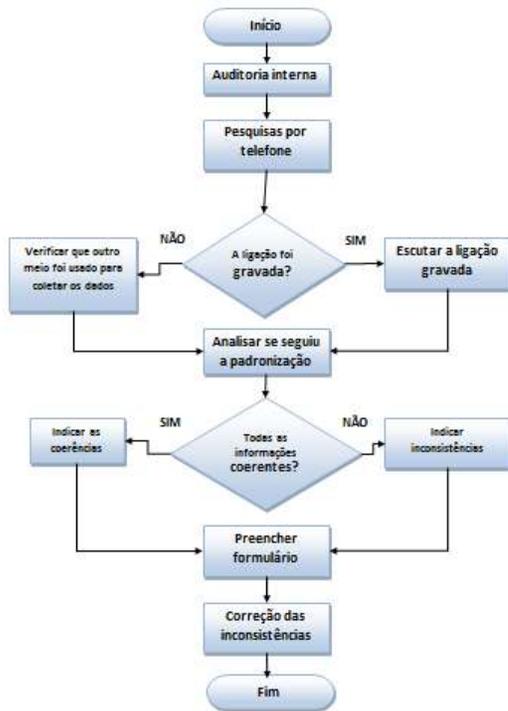


Figura 5: Fluxograma do processo padronizado de auditoria interna.

4.2 Fatores influenciadores do Controle da Qualidade

4.2.1 Disseminação dos Resultados

Parte relevante da pesquisa participativa, a disseminação dos resultados precisa ser organizada de forma que a difusão das informações e das ações propostas sejam compartilhadas, para que a maior parte da comunidade partilhe dessas informações e ingresse no processo, engajando-se nas ações ou apoiando efetivamente as iniciativas.

Para Gale (1996) a qualidade percebida é o que os usuários pensam a respeito dos produtos ou serviços, comparando com os da concorrência, enquanto o valor percebido é a qualidade que o mercado percebe em relação ao produto ou serviço. Sem esse cuidado, a pesquisa pode perder seus objetivos e inviabilizar os resultados esperados.[37]

4.2.2 Pesquisas econômicas

A Economia é uma ciência social, não está livre de críticas dessa natureza. Se as críticas feitas aos economistas são fundamentadas não cabe discutir aqui. Basta dizer que a Economia, como outras ciências sociais, apresenta mais dificuldades do que as ciências naturais para fornecer explicações satisfatórias acerca de seus fenômenos. É importante considerar que com a introdução dos procedimentos estatísticos na investigação da economia, essa ciência passou a gozar de maior grau de precisão.[34]

4.2.3 Pesquisas de Preços

Os preços norteiam a economia brasileira como sendo um dos principais fatores de acompanhamento inflacionário. O momento é de pesquisar preços. Com a economia nacional instável as famílias brasileiras não podem deixar de pesquisar preços nos supermercados, farmácias e quitandas. O povo brasileiro já tem feito isso com muita sutileza e, o que se tem aprendido é, para manter o padrão de consumo da família, tem se mudado costumes, feito trocas e comprando menos os produtos que mais encarecem nas gôndolas. Sendo assim o carrinho de supermercado sai mais leve, mas a fatia do salário consumida com os alimentos cresce a cada mês. É a inflação amedrontando as famílias. Tendo essa percepção cada vez mais aguçada, os preços tornam-se uma ferramenta indispensável em termos de acompanhamento da carestia. A inflação no Brasil é dividida em preços livres e preços administrados. Os Livres são aqueles regulados pelo próprio mercado, como os ligados aos produtos de alimentação. Estes têm um peso próximo de 75% no PIB no País. Já os preços administrados, como gasolina, energia, água e esgoto, transporte público, etc., estes tem peso próximo de 25%. Nota-se que os preços administrados tem tido grande peso na inflação. Por isso a grande necessidade de ser acompanhado, pesquisado e analisado sistemática e integralmente sempre visando nortear decisões, comportamentos e perspectivas.[39]

Alguns institutos de pesquisas tem um foco bem direcionado as pesquisas de preços. O Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getúlio Vargas, a FIPE e o Dieese são algumas dessas organizações brasileiras que tem referencial e credibilidade significativa quando se trata de preços diversos coletados. Preços de alimentos, preços de medicamentos, aluguel, carros. Essas pesquisas são realizadas presencialmente, por telefone, por e-mail e pela internet. A periodicidade da coleta varia chegando a ser semanalmente, quinzenalmente e mensalmente. Normalmente são produtos, itens e serviços já previamente selecionados de acordo com a importância e peso nos índices.

4.2.4 Os itens pesquisados

O tipo de produto e a questão analisada numa pesquisa pode ser um do problema enfrentado pelos pesquisadores em suas rotinas diárias de pesquisas. Muitas perguntas de difícil entendimento, dúvida ou descrições de produtos incoerentes, com códigos e referências, e termo técnico tem trazido muitas divergências nos resultados. Excesso de informações ou mesmo, a ausência de informações específicas e claras promovem dificuldade e confusão no ato da coleta de preço. Em exemplo evidente disso é pesquisar um produto onde o pesquisador sequer sabe sua finalidade. Não saber o objetivo e a finalidade pode interferir em algum momento de argumentação para esclarecer eventual dúvida existente e, não confundir com

outro produto similar. Fabricantes também alteram suas embalagens, gramaturas e códigos com regularidade. Sendo assim, além da dificuldade de compreensão essa problemática tem causado muito desinteresse e equívocos em pesquisas, sobretudo econômica. Muitos informantes não estão dispostos a fornecer dados minuciosos e dispendem muito tempo para responder pesquisas do gênero.

4.2.5 Descrição do produto

Quanto a compreensão da descrição de um produto, um exemplo clássico observado na Região Metropolitana do Recife está nas pesquisas realizadas em armazéns de material de construção para a coleta do preço de cimento. Tendo em vista que, uma grande maioria de vendedores não entende a diferença ou mesmo não sabem a descrição correta do produto, pois, para cimento portland existem várias classificações para diferentes tipos de aplicações. No Brasil são mais de 10 tipos de Cimento, porém, muitos desconhecem e acabam fornecendo preços incorretos, pois o preço de um Cimento Portland CP II é diferente do CP IV.

Há também a descrição do produto que muda dependendo da região do país. Alguns apresentam nomes completamente diferentes ou com acréscimo de informação. Na Região Metropolitana do Recife em armazéns de material de construção civil, se compra brita pelo tamanho. A brita dezenove é a brita de dezenove milímetros, conforme granulometria. Em outras regiões do país essa mesma brita é comprada com a descrição de brita número dois. Se esta brita for pesquisada em Recife como brita número dois, poucos terão esse conceito e entendimento, podendo em muitos casos gerar informações incoerentes para os dados das pesquisas e seus resultados. Então, para os itens pesquisados numa pesquisa desse tipo, cabe ao pesquisador ser coerente, minucioso e detalhista, pois qualquer ausência ou mal-entendido da descrição do produto poderá acarretar problemas diversos.

4.2.6 Tipo de preço

O tipo de preço deve ser observado com bastante atenção. Preço varejo a vista, preço atacado, preço com frete e preço com incidências de impostos nacionais e federais são diferenciais de grande importância na análise final de um índice. Cada tipo de preço tem um objetivo específico para ser coletado e, ignorar essa informação é literalmente mudar o foco da pesquisa a qual está sendo direcionada.

4.2.7 As incidências nos preços

Os impostos e incidências nos preços é algo que requer muita atenção e algum conhecimento tributário por parte do pesquisador. ICMS - Imposto sobre Circulação de Mercadorias e prestação de Serviços, IPI - Imposto sobre produtos industrializados, FRETE, PIS - Programa de Integração Social, COFINS - Contribuição para o

Financiamento da Seguridade Social, são apenas algumas incidências que dão configurações diferentes e expressivas nos preços, podendo torna-los completamente diferente do que a necessidade da pesquisa está precisando. Há produtos com muitas incidências nos preços. Saber se o preço coletado já está incluso ou não tais incidências é fundamental para a formulação dos índices. As bebidas alcoólicas por exemplo, tem em sua maior composição de preço, os impostos.

4.2.8 Índices de Pesquisas

As informações coletadas nas diversas pesquisas, em sua grande maioria serão transformadas em índices. São estes índices que norteiam as tendências e comportamentos. Os índices apresentam uma variedade de particularidades, objetivos e direcionamentos. Os índices buscam atender um expectativa e formular um conceito de um determinado parâmetro estudado. Devido a esta complexidade, cada processo e método usado na coleta, processamento e divulgação na formação de um índice são devidamente monitorados e estudados com base na mais apurada capacitação profissional e instrumentos tecnológicos.

A ênfase nos processos, entretanto, exige um enfoque mais acentuado na maneira como a atividade é realizada na organização, em contraste com a visão relacionada ao produto ou serviço em si, que se centra no que é o produto ou serviço.[40]

4.2.9 Índice de Preço ao Consumidor

Dentre os vários índices gerados pelos Institutos de pesquisas no Brasil, o Índice de Preços ao Consumidor (IPC) tem sido um índice de referência para avaliação do poder de compra do consumidor, conforme Figura 6, e este mede a variação de preços de um conjunto fixo de bens e serviços componentes de despesas habituais de famílias com nível de renda situado entre 1 e 33 salários mínimos mensais. Sua pesquisa de preços se desenvolve diariamente, cobrindo sete das principais capitais do país: São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Salvador, Recife, Porto Alegre e Brasília. A pesquisa engloba as seguintes classes de despesas: Alimentação, Habitação, Vestuário, Saúde e Cuidados Pessoais, Educação, Leitura e Recreação, Transportes, Despesas Diversas e Comunicação.

4.2.10 As Pesquisas e o Foco

O propósito e objetivos das pesquisas são diversos. Porém, sempre as abordagens estão direcionadas a atender as necessidades econômicas do País. As metas estão direcionadas a atender sobretudo as diversas necessidades nacionais. Os Institutos de Pesquisas procuram atender essas necessidades e, muitos realizam pesquisas exclusivas e outros, com ampla variedade e metodologias. A motivação de uma pesquisa pode ser a problemática de se

preencher uma lacuna nos conhecimentos. Satisfazer o cliente é o papel dos órgãos que geram e divulgam informações. Satisfação é o sentimento de prazer ou decepção que é resultado da comparação do que foi recebido com as expectativas da pessoa.[37] Os pesquisadores orientam a observação e o questionamento dos fenômenos sociais contribuindo para os conceitos e questões analíticas. Sendo assim, o economista não tenta pesar o valor real dos sentimentos humanos, e ele o avalia por seus efeitos que são muito mais concretos.[34]

4.2.11 O Pesquisador e o Pesquisado

Pode-se afirmar que nos processos de pesquisas existe uma verdadeira parceria entre pesquisador e pesquisado. Ambos precisam entender os propósitos por meio de uma clara e objetiva comunicação. A comunicação eficaz aliado ao senso de percepção aguçado pode viabilizar e facilitar o processo de coleta de dados. A comunicação, a percepção e a motivação são instrumentos que permitem desenvolver qualidades individuais e coletivas.[17] Ter habilidades apropriadas torna-se instrumento fundamental para o melhor desempenho e objetivos. Uma pessoa precisa de habilidades relacionadas à disciplina. Habilidades podem acrescentar algo a mais na análise de entendimento do desenvolvimento de um indivíduo e organização. O comportamento humano nas organizações também se resume na realização da pessoa em compreender as outras pessoas, e de desenvolver capacidades exclusivas, e é dessa forma que se destaca o autoconhecimento e a auto percepção. A gestão dos recursos humanos e organizacionais é um meio de entender e estabelecer parâmetros para empresas bem sucedidas. Os aspectos comportamentais humanos e organizacionais serão apresentados e abordados através do entendimento das relações de comunicação, percepção e motivação para o melhor desempenho.

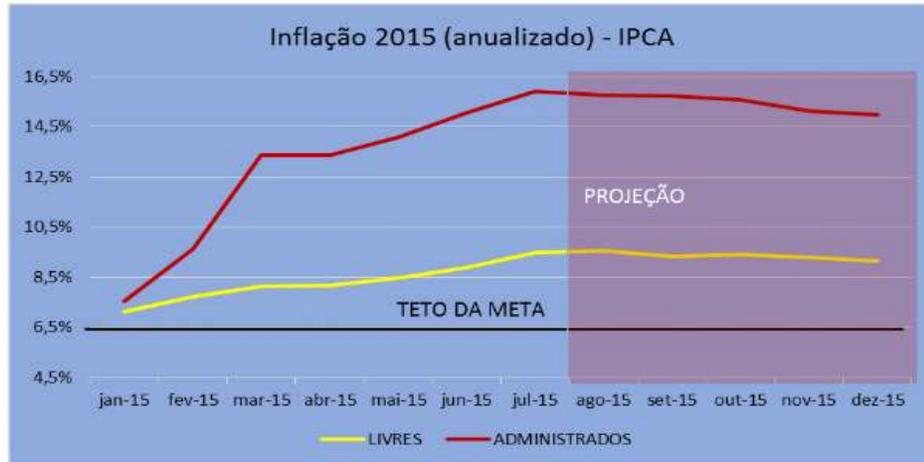
4.2.12 A liderança, as Pesquisas e os Resultados

Todos os profissionais envolvidos em pesquisas estão cada vez mais esclarecidos de seu papel como instrumento direto na formação do conhecimento e divulgação da informação. O pesquisador, o economista e toda a liderança organizacional são treinados e orientados na busca para atender as expectativas. O professor Julio Lobos (1976), da Universidade Federal de Minas Gerais explica

que o simples “bom senso” profissional não é suficiente para legitimar certas decisões organizacionais. Sendo assim, é possível perceber a ocorrência de avanços teóricos em termos de administração de pessoas, mas não há a incorporação direta destes avanços em muitas áreas. Administrar o comportamento das pessoas nas organizações por meio da formulação de objetivos que explicitem ações contextualizadas – especificando as situações nas quais as ações irão ocorrer e o modo como devem ocorrer, bem como os resultados desejados a partir delas – parece ser uma forma alternativa de discutir modos de gestão, entendimentos comportamentais e desempenho.[4]

4.2.13 Comunicação e Motivação nas Pesquisas

Em pesquisas não é diferente. A motivação no ambiente de trabalho atrelado a uma comunicação eficiente promove melhores resultados. Um fator muito presente aos meios de pesquisa está as influências internas e externas do meio. Segundo Nassar e Figueiredo (2007, p. 20) a comunicação organizacional é um verdadeira frente de batalhas.[39] Frente de batalha ecológica, a frente de batalha para manter e conquistar novos consumidores, a frente de batalha da comunicação interna e a frente de batalha das relações da empresa com governos e políticos. Sendo assim, manter-se imparcial é objeto de qualidade em pesquisas sobretudo na área de economia. Não ceder as questões particulares e políticas torna-se uma necessidade para uma informação consciente e transparente. Em relação a motivação profissional, um trabalhador que domina suas habilidades profissionais pode ser um ponto a mais na motivação e desempenho organizacional e investir em qualificação profissional é uma forma de garantir desempenho e competitividade. Pois, segundo a Teoria da necessidade de McClelland, um indivíduo pode ser treinado a aumentar sua motivação, e que essa motivação para a realização de uma tarefa específica está relacionada com o desempenho. Muitas competências comportamentais são valorizadas no ambiente empresarial. Habilidades de liderança; automotivação, para o trabalho em equipe, criatividade destacam-se entre os diferenciais que as empresas buscam encontrar em seus colaboradores, entretanto, a excelência na comunicação interpessoal é item fundamental para o sucesso de líderes, colaboradores e equipes.[40]



Fonte: Banco Central do Brasil e ITAÚ BBA; Elaboração própria

Figura 6: Gráficos são gerados e divulgados nas mídias

5 Conclusões

O objetivo deste trabalho foi investigar as variáveis que influenciam diretamente na qualidade de pesquisas, sobretudo na área de economia, utilizando como fonte de embasamento uma empresa do ramo de pesquisas em economia no estado de Pernambuco. Observou-se durante esse estudo que, a qualidade das informações geradas de pesquisas na área de economia, pode sofrer inúmeras influências internas e externas, que em grande parte aparecem quase que imediatamente no ato da coleta. Que, alguns fatores influenciadores que possam ser entendidos como de menor grau de interferência, tais como a mobilidade nos grandes centros urbanos e o senso de percepção do pesquisador, estes também tornam-se parte de uma problemática cada vez maior na garantia e controle da qualidade das informações coletadas e geradas. Conforme delineado, conclui-se que, a garantia e o controle da qualidade em pesquisas econômicas precisam impreterivelmente de padronização das inúmeras atividades e, uma efetiva implantação de um modelo gerencial para a melhoria contínua, tornando-se imprescindível o envolvimento do pesquisador e pesquisado numa comunicação assertiva e percepção social. Nota-se ainda que, o fator humano tem peso consistente e significativo e, muito suscetível a erros e interferências, e que pesquisadores motivados e treinados, com visão sistêmica para o Sistema de Gestão da Qualidade poderão promover um maior comprometimento das partes envolvidas no processo.

A ética, o comportamento organizacional e o panorama socioeconômico pode conduzir meios que se não devidamente identificados e monitorados, interferirão nos resultados finais de uma pesquisa, levando a erros graves. O senso de percepção de um pesquisador é visto como fator preponderante para mensuração das informações

desejadas e análise das questões sociais inerentes ao meio estudado.

As ferramentas da qualidade devidamente implementadas tornam-se instrumento para mensurar e acompanhar os processos desde uma pesquisa pela internet, por telefone ou presencial, até sua divulgação nos meios de comunicação e aplicabilidade nas empresas. O pesquisador, o pesquisado e a liderança são todos suscetíveis aos fatores influenciadores da qualidade, e devem entender como objetivo principal da qualidade total, que a satisfação e a melhoria da qualidade de vida dos clientes internos e externos nas organizações é o foco final de toda e qualquer pesquisa. A avaliação durante todo o processo é de vital importância para mensurar o quanto se avança em direção às metas e corrigir possíveis desvios que venham a atrapalhar e/ou impedir o alcance das mesmas. Sendo assim, resumidamente conclui-se que é necessário:

- Maior autonomia do pesquisador no ato de coleta de informações de pesquisas: promover treinamentos regulares dos funcionários para tomada de decisão;
- Investimento na área de gestão de pessoas: promover visão sistêmica e identificar as necessidades de cada pesquisador;
- Promover material e equipamentos de fácil manuseio e acesso, contribuindo para maior agilidade nos prazos das pesquisas;
- Manter controle de segurança sempre ativo: manutenção de equipamentos;
- Oferecer subsídios de incentivos as pessoas e organizações que participam efetivamente das pesquisas.

Referências

- [1] KUNSCH, M. M. K. Planejamento e gestão estratégica de relações públicas nas organizações contemporâneas. In: *Analisis*, n. 34, 2006, p. 125-139. Disponível em: <http://ddd.uab.cat/pub/analisi/02112175n34p125.pdf> Acesso em: 02 fev. 2016.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. ABNT/CB-25 – gestão da qualidade e garantia de qualidade – terminologia NBR ISO 9001. Rio de Janeiro, 2008, 15p.
- [3] M. M.. ISO série 9000 (versão 2000) – Manual de Implementação. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.
- [4] Percepção da qualidade da informação – Ronaldo Ronan. *Brasília*, v.35, n1, p.57-62, jan2006.
- [5] B. C. F. L e R.J.M. *Conversas com Economistas Brasileiros 1*. São Paulo, Ed. 34, 1996.
- [6] C. Antônio Lázaro; D. Gislene Regina. *Qualidade*. In: FACULDADES BOM JESUS. *Gestão empresarial*. Curitiba: Gazeta do Povo, 2002, p. 52.
- [7] C. Antônio Lázaro; D. Gislene Regina. *Qualidade*. In: MENDES, Judas Tadeu Grassi. *Gestão empresarial*. Curitiba: Editora Gazeta do Povo, 2002.
- [8] http://www.cin.ufpe.br/~if717/Pmbok2000/pmbok_v2p/wsp_8.2.html. Acesso em: 02 fev. 2016.
- [9] D. Pedro. *Pesquisa e Construção de conhecimento: metodologia científica no caminho de Habernas*. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 2000, p. 125.
- [10] L. Sergio Vasconcelos de. *Planejamento de Pesquisa: uma introdução*. São Paulo: EDUC, 2000, p. 108.
- [11] C. Antônio. *Pesquisa qualitativa em ciências humanas e sociais*, Rio de Janeiro, ed. Vozes, 2011.
- [12] G. Etienne. *Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem*. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 1998.
- [13] DEMING, W. E. , *Qualidade: a revolução da administração*. Ed Marques Saraiva, 1990.
- [14] ISHIKAWA, K. *Controle de qualidade total: a maneira japonesa*. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- [15] A. Cristian. DIONNE Jean. *A construção do saber. Manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas*. Ed. UFMG, 2007
- [16] C. Idalberto. *Administração: teoria, processo e prática*. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007. V. 1. C. Idalberto. *Gestão de Pessoas*. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.
- [17] W. III, John A.; H. John R. *Comportamento organizacional: criando vantagem competitiva*. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2012.
- [18] M. Edmilson José Tonelli. *Organização, sistemas & métodos*. Campinas: Editora Alínea, 2001.
- [19] G. Ricky W.; M. Gregory. *Fundamento do Comportamento Organizacional*. São Paulo: Ática, 2006.
- [20] D. Keith; N. John W. *Comportamento humano no trabalho: uma abordagem organizacional*. 2. Ed. São Paulo: Pioneira, 1996.
- [21] R. Rui Martinho. *Pesquisa Acadêmica Como Facilitar o Processo de Preparação de suas etapas*, ed. Atlas, 2007.
- [22] P. Roseli Aparecida Fígaro. *Comunicação, mundo do trabalho e subjetividade*. *Revista de Economia Política das Tecnologias da Informação e Comunicação*. v. 3, n. 3, set.-dez./2001.
- [23] T. Maria Luísa Mendes. *Valores humanos & gestão: novas perspectivas*. São Paulo: SENAC, 2009.
- [24] T. Don. *Economia digital: promessae perigo na era da inteligência em rede*. São Paulo, ed. Makron Books, 1997.
- [25] Q. Dante; T. Rosi Mary. *Comportamento Organizacional*. Fae, 2003. Disponível em: http://sottili.xpg.uol.com.br/publicacoes/pdf/cap_humano/1.pdf. Acesso em: 11 mai. 2016.
- [26] S. Peter. *A quinta disciplina: caderno de campo: estratégias e ferramentas para construir uma organização que aprende*. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2000, p. 592.
- [27] M. Gabriel Sperandio; B. Juliana; D. T. Deonir. *A qualidade percebida dos serviços prestados por uma agência de comunicação e satisfação do cliente: um estudo exploratório*. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*. São Paulo, v. 10, n. 26, p. 17-26, jan./mar. 2008.
- [28] C. Henrique Luiz; C. Mauro. *Gestão de serviços: lucratividade por meio de operações e de satisfação dos clientes*. São Paulo: Atlas, 2002.
- [29] A. David A; K. V; D. George S., *Pesquisa de marketing*. Trad. Reynaldo Cavalheiro Marcondes. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2004.
- [30] (artigo) *Estudo dos aspectos comportamentais de vendedores de material de construção e sua relação com a comunicação, percepção e motivação nos resultados*. Marcio Oliveira Maia. Set2013.
- [31] <http://economia.ig.com.br/financas/meubolso/as-donas-de-casa-que-sao-experts-eminflacao/n1237972481045.html>. Acesso em 11 mai. 2016.

- [32] A. Fernanda Nayara da Silva. A comunicação no processo de gestão pela qualidade total no setor público: um estudo de caso do tribunal de Justiça do Estado de Minas Gerais. In: Intercom, 2009, Curitiba. Anais eletrônicos... Curitiba. 2009. Disponível em: [http://www.intercom.org.br/papers / regio-nais/sudeste2009/expocom/EX14-0869-1.pdf](http://www.intercom.org.br/papers/regio-nais/sudeste2009/expocom/EX14-0869-1.pdf)>. Acesso em: 11 mai. 2016.
- [33] G. Bradley T. Gerenciando o valor do cliente: criando qualidade e serviços que os clientes podem ver. São Paulo: Pioneira, 1996.
- [34] G. Antônio Carlos. Técnicas de pesquisa em economia e elaboração de monografia. 4. ed. São Paulo, ed. Atlas, 2002.
- [35] <http://www.jornalopcao.com.br/reportagens/2015-sera-o-ano-dos-reajustes-para-economia-brasileira-entenda-o-porque-7027/>. Acesso em 21 mai. 2016.
- [36] M. Edmilson José Tonelli. Organização, sistemas & métodos. Campinas: Editora Alínea, 2001.
- [37] K. Philip. Administração de marketing: análise, planejamento, implementação e controle. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1998.
- [38] L. Júlio. Administração de pessoal: prática versus teoria. Rev. adm. empres., São Paulo, v. 16, n. 4, Aug. 1976. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid =S0034-75901976000400003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75901976000400003&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 23 mai. 2016.
- [39] N. Paulo; F. Rubens. O que é comunicação empresarial. São Paulo: Brasiliense, 2007.
- [40] K.. Angelo; K. Robert. Comportamento Organizacional. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

Patologias em Piso de Concreto Armado Polido: Um Estudo de Caso

Title: Pathologies in Polished Concrete Floor: A Study Case

Maria Fernanda de Almeida Portela

Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
fernandaportela40@gmail.com

Carlos Wellington Pires Sobrinho

Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
carlositep@gmail.com

Resumo

O presente trabalho busca mostrar a necessidade de utilizar projetos executivos de pisos polidos de concreto, a fim de que sejam executados de forma a desempenhar o seu papel de acordo com a sua vida útil esperada sem apresentar patologias que possam vir a comprometer a sua durabilidade e utilização. Foi utilizado um estudo de caso, baseado em uma edificação vertical localizado na Região Metropolitana do Recife (RMR), confrontando os aspectos do piso aplicado in loco com as características semelhantes estudadas em outros estudos e artigos acadêmicos anteriores. Ficou evidente que para executar este tipo de elemento/revestimento deve-se seguir um projeto que atenda às cargas solicitantes e aos esforços a fim de prolongar sua utilização com o menor custo possível de manutenção.

Palavras-Chave: *Projetos; Piso; Concreto; Patologias; Durabilidade; Manutenção*

Abstract

This study aims to show the need for executive projects of polished concrete floors, so that they are executed in order to play its role according to their expected useful life without presenting conditions that may compromise their durability and use. For this we used a case study, based on a vertical building located in the Metropolitan Region of Recife (RMR), comparing the floor aspects applied in loco with similar traits in other previous studies and academic papers to this. It was evident, therefore, that to perform this type of element / coating must follow a project that meets loads applicants and efforts to extend its use at the lowest possible cost of maintenance.

Keywords: *Project; Floor; Concrete; Pathologies; Durability; Maintenance*

1 Introdução

Junto ao crescimento imobiliário ocorrido a partir da última década, a utilização de diferentes tipos de revestimentos e acabamentos que pudessem trazer um aspecto refinado ao cliente final e que tivesse uma execução rápida por parte das construtoras, foi mais utilizado e em escalas maiores.

A escolha de executar pisos de concreto polido em áreas de estacionamento, no lugar de outros revestimentos largamente utilizados na década de 90 na região do Grande Recife, tem tomado maiores proporções à medida que os edifícios incorporaram novas tecnologias desde a sua concepção até a execução final. Deve-se também à flexibilidade que este material/sistema possui, no que se refere a maneira de aplicar e modelar para uma utilização específica.

No entanto, para este tipo de revestimento, a adoção de procedimentos padronizados e controlados de forma eficiente devem se apresentar de forma imprescindível a fim de que o desempenho esperado para uma determinada vida útil seja atingida. Dessa forma, é importante ressaltar que a utilização dos materiais e de processos executivos inadequados interferem diretamente no aspecto do produto acabado.

A busca pela redução de custos por parte das empresas construtoras interfere diretamente nesse aspecto, sob o ponto de vista de que em muitos dos casos, por ser constituído basicamente por um material construtivo largamente utilizado na construção civil, o concreto. Acredita-se, em grande parte deles, que este pode ser aplicado da mesma forma que em outros sistemas, descartando muitas vezes a existência de um projeto específico para este fim.

Devido a este tipo de prática, entre outras, os pisos de concreto polido podem apresentar diversos tipos de patologias, sejam desde danos estéticos até a inutilização do local onde irão trafegar pessoas e veículos. No entanto, para cada caso há diferentes causas, e como tais diferentes formas de tratamento/recuperação.

Sendo assim, serão apresentados alguns tipos de patologias ocorridas em piso de concreto polido aplicado em uma edificação vertical da Região Metropolitana do Recife (RMR), de modo que sejam citadas as suas possíveis causas a fim de evidenciar a necessidade de utilizar projetos adequados [1], baseados nas normas mais atuais, para uma execução correta desse tipo de revestimento.

2 Referencial Teórico

Segundo Camargo [2], os pisos cimentícios devem

apresentar propriedades e requisitos mínimos de desempenho como resistência mecânica, capacidade de absorver deformações, estanqueidade, resistência a agentes químicos e durabilidade, entre outros.

Para atender a todas as propriedades citadas, é preciso antes de qualquer análise e ponto de partida de projeto, definir a que uso tal elemento vai se destinar. Cada uso implicará em diferentes solicitações, no que diz respeito aos esforços, implicando em diferentes resistências e consequentemente elementos aplicados em cada tipo de estrutura.

Além de analisar o elemento piso de concreto isoladamente, é necessário estudar o solo utilizado como base de assentamento, o qual deverá suportar as solicitações propostas para cada sistema de piso.

Cuidados como adensamento das camadas de solo sobre o qual se assentará o piso de concreto, nivelamento da camada, espessura suficiente para suportar a carga solicitada em projeto, aplicação de lona plástica entre o substrato e o concreto, aplicação de tela metálica para distribuir as cargas e utilização de barras de transferência para as juntas de dilatação, são medidas que levam a uma redução na probabilidade de aparecimento de fissuras [3].

Segundo Gasparetto [4], o projeto define a execução, tendo a mesma, sem ele, caráter de improvisado com resultado final duvidoso. Devendo dessa forma, de acordo com o uso a que se destina, o projeto ser feito considerando todos os agentes atuantes antes, durante e depois da execução deste piso a fim de que este tenha durabilidade prolongada.

Todos cuidados tomados desde a fase de projeto até a execução não eliminam por completo o aparecimento de patologias, pois além destes pontos a composição do concreto pode implicar também em patologias posteriores à execução. Mesmo com uma vida útil prolongada, cada material utilizado em sua execução possui vida útil limitada, podendo ainda assim apresentar sinais de desgaste que não podem aparecer de forma precoce, mas que se não utilizados dentro dos limites estabelecidos, os materiais podem apresentar sinais de que necessitem ser substituídos.

De acordo com a revista Rodrigues [5] e Koslinski [6], entre as possíveis patologias que venham a se apresentar nos mais variados tipos de piso polido de concreto, tem-se como as mais comuns: fissuras, desgaste e esborcinamento de juntas. No que se refere as fissuras, as causas ligadas à execução podem se dar por atraso no corte das juntas, exsudação natural ou excessiva da água contida no concreto, cura inadequada (causando a retração por secagem), armaduras mal posicionadas (para combater a tração), problemas no acabamento e por má compactação

do solo, podendo esta última levar a fissuras de caráter estrutural. Estas últimas, por sua vez, representa a maioria dos casos de fissura em piso, pois apresenta maior preocupação por parte dos projetistas e executores.

Quanto ao desgaste, normalmente, ainda segundo a revista, a dosagem do concreto, ou seja, a sua qualidade, tem papel fundamental neste tipo de patologia, fator que pode ser agravado pelo tempo de pega que, atualmente tem aumentado para uma execução mais tranquila por parte daqueles que a fazem.

Já o esborcinamento de juntas (Figuras 1 e 2) é retratado tendo como causa principal a ausência das barras de transferência, erros em seu posicionamento e até mesmo atraso no corte dessas juntas. A determinação do local nos quais essas juntas devem ser executadas, a distância entre as mesmas e o seu preenchimento, devem ser determinados em projetos, a fim de que sejam evitadas fissuras dessa natureza.



Figura 1: Esborcinamento de juntas.



Figura 2: Esborcinamento de juntas.

3 Exsudação e retração como fatores causadores de patologias

3.1 Exsudação

A exsudação é um fenômeno que pode ocorrer nas primeiras idades do concreto e se refere basicamente à separação de parte da água contida na mistura, sendo esta deslocada para a superfície, aumentando dessa forma a relação água/cimento no local afetado. A sua ocorrência, de acordo com Rocha et al [9] pode se dever à vibração e acabamento excessivo do concreto.

Devido ao aumento da relação a/c na superfície da área concretada, o aparecimento de patologias como as fissuras de assentamento plástico e o desgaste.

As primeiras, ocorrem durante a concretagem, na qual a água passa a preencher a parte envolta da armadura no lugar do concreto, e esta, posteriormente, percola até a superfície, sendo um local propício ao aparecimento de fissuras. No entanto, outros fatores podem tornar a superfície concretada mais vulnerável à ocorrência deste tipo de patologia, como por exemplo a bitola da armadura utilizada. Os processos externos, como a atuação da luz solar que aquece o concreto aumentando a saída de água do mesmo não influenciam nesse processo, pois a água referente à exsudação diz respeito apenas àquela que se deslocou durante a concretagem.

O desgaste, por sua vez, além de outras motivações pode se dever também à exsudação, pois, a água acumulada na superfície ocasiona a redução de resistência da região, quando comparado às camadas inferiores, levando esta área a apresentar desgaste com mais facilidade. Isto ocorre porque a relação água/cimento define a resistência mecânica do concreto, e à medida que esta relação aumenta, a resistência do concreto diminui deixando-o mais susceptível ao desgaste quando submetido a algum tipo de sollicitação.

3.2. Retração

A retração do concreto, diferentemente da exsudação, sofre a influência dos fatores climáticos, como o calor e a variação de umidade, pois afetam diretamente a variação volumétrica da peça concretada, levando ao aparecimento de tensões de tração e compressão durante o tempo ao qual está submetida.

Dentre os tipos de fissuração causados por retração, o aparecimento de patologias pode se dar em duas fases: no concreto endurecido e no estado plástico. Neste último o aparecimento de fissuras tem maior propensão a ocorrer devido à perda de água.

Segundo Rocha et al [9] a retração plástica se divide em quatro fases diferentes. São elas: assentamento plásti-

co, retração plástica primária, retração autógena e retração plástica secundária.

O primeiro refere-se a exsudação, ou seja, as partículas de água sobem para a superfície por percolação após o assentamento do concreto e lá repousam, propiciando posteriormente o aparecimento de fissuras.

A segunda é aquela que ocorre quando a atuação dos fatores climáticos influencia na evaporação, ou seja ela se dá exclusivamente com a sua atuação associada à presença da água na superfície. No entanto, este fenômeno não ocorre apenas antes da pega, ele atua também durante a pega tendo como fator primordial que a taxa de evaporação seja maior que a de exsudação (Figura 3).



Figura 3: Retração por secagem. [10].

A retração autógena, definida por Rocha et al [9], é a retração que ocorre sem troca de massa com o meio ambiente, ou seja, sem que exista perda de água. Esta retração se dá quando a hidratação do concreto de desenvolve e os produtos envolvem os agregados, mantendo todos unidos. Assim, os níveis de capilaridade, o assentamento plástico e a retração plástica primária decrescem. Tal fenômeno ocorre quase que totalmente após a pega do concreto. Atualmente leva-se muito em consideração este estágio, tendo em vista que a relação água/cimento apresenta níveis muito baixos.

Já na fase de endurecimento do concreto, a retração plástica diminui e quase não se faz mais presente, por isso sendo chamada de retração plástica secundária (Figura 4), finalizando as quatro fases de retração. Esta, por ocorrer na fase em que o concreto está apresentando ganho de resistência mecânica, as fissuras não surgem em grande número neste momento, e por isto, apenas as três fases citadas acima são as mais comuns.



Figura 4: Retração após a fase de endurecimento do concreto.

4 Utilização de fibras

O uso de fibras tem sido utilizado em larga escala em diferentes materiais para obter os materiais chamados de compósitos. Estes, são materiais nos quais dois compostos diferentes, quando juntos, formam um novo material com algumas propriedades diferentes daquelas que o materiais individuais não apresentavam enquanto não tinham sido unidos.

Segundo Figueiredo [11], compósitos, como já diz o nome, são materiais compostos basicamente por duas fases: a matriz e as fibras. As fibras podem atuar como um reforço da matriz em função das propriedades deste e das próprias fibras. Tais como concreto, composto por uma fase agregado e outra fase pasta, que é a matriz, cujo comportamento consiste na combinação das propriedades dos materiais que o constituem.

Ainda de acordo com Figueiredo [11], as fibras de polipropileno, nylon e polietileno podem ser classificadas como fibras de baixo modulo, que restringe sua aplicação ao controle de fissuração quando as matrizes possuem baixo modo de elasticidade, como é o caso de retração plástica em argamassas.

Dessa forma, é possível inferir que as fibras tem, quando utilizadas junto ao concreto, a função de controlar a fissuração, principalmente aquelas provenientes de retração.

Como medida de evitar a fissuração por exsudação, as fibras de polipropileno aplicadas junto ao concreto atuam no impedimento da saída de água para a superfície (Figura 5), fato que reduz o aparecimento de fissuras causadas

por assentamento plástico. Como consequência, por não haver deslocamento de água para a superfície concretada na mesma proporção na qual o concreto que não possui fibras em sua composição, o desgaste por abrasão também tem ocorrência reduzida. Fato este que ocorre pois, não há perda tão significativa da resistência das camadas superficiais, conferindo às camadas superiores maior resistência mecânica quando comparadas ao concreto em seu estado normal.

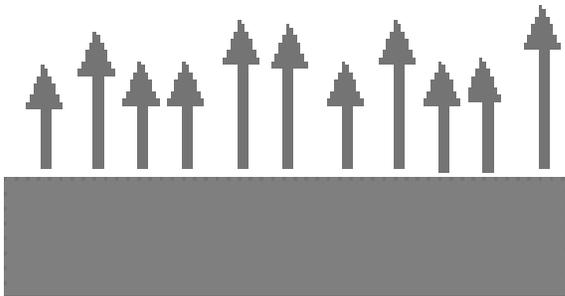


Figura 5: Saída de água para a superfície sem utilização de fibras.

As fibras não absorvem água, e portanto não retém a água em seu interior. Elas atuam no sentido de formar barreiras que impedem a saída de água em grande quantidade para a superfície, permitindo que a água fique no concreto (Figura 6), durante o período de hidratação do cimento por mais tempo. Dessa forma, permite que os compostos sejam formados antes do aparecimento de possíveis patologias.

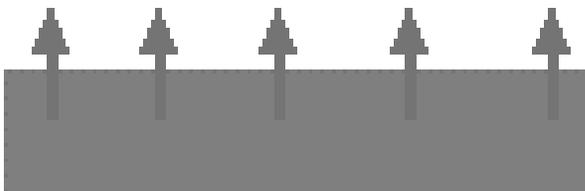


Figura 6: Saída de água para a superfície com utilização de fibras.

Na retração a utilização de fibras de polipropileno tem papel fundamental na redução do aparecimento de fissuras devido às causas relacionadas a tal fenômeno que ocorre em concretos submetidos a diferentes condições climáticas, principalmente na sua fase plástica.

O aparecimento de fissuras, neste caso, começa a se dar quando o concreto vai passando do seu estado fresco para o endurecido, ou seja, com a pega do cimento. Nesse estado o concreto vai perdendo a sua fluidez e com isso a sua capacidade de deformação também se reduz. Quando por influência de condições de temperatura, entres outros fatores, a água proveniente da exsudação evapora, inicia-se o aparecimento de fissuras, pois o concreto passa a não absorver mais as deformações solicitadas, demonstrando patologias.

Segundo Rocha et al [9], as fibras de polipropileno (Figura 7) de baixo módulo, ao adicionado no concreto, torna o mesmo mais maleável nas primeiras idades. Esta propriedade da fibra é transmitida ao concreto, que passa a trabalhar de forma eficaz a deformação por retração. Desta forma, as fissuras são controladas e, em alguns casos, até totalmente contidas.



Figura 7: Fibras de polipropileno [12].

Para obter resultados satisfatórios, o tipo da fibra, seu tamanho, espessura e módulo de elasticidade junto às propriedades do concreto têm que ser estudadas a fim de que se obtenha um material final (compósito), com características as quais sejam capazes de absorver fissuras sem prejudicar a aparência e a utilização da estrutura de concreto durante a sua vida útil.

Tendo como pressuposto estes parâmetros de utilização atuando junto a outros elementos que evitam o aparecimento de patologias, como as barras de transferência e as telas soldadas por exemplo, é que pode-se chegar a uma estrutura final com menor probabilidade de aparecimento de patologias

5 Metodologia

Para a apresentação de algumas das patologias citadas anteriormente e demonstrar as possíveis causas das mesmas, foi utilizado como estudo de caso o piso de concreto polido executado em uma edificação vertical situada na Região Metropolitana do Recife (RMR), por empresa terceirizada a uma construtora de médio porte. Para tal, será tomada como base as características do piso in loco, registradas através de fotografias, as quais evidenciam os sintomas patológicos do sistema.

Inicialmente foram coletados dados relativos a todas as etapas de construção deste elemento. Os mesmos englobam desde a escolha de utilizar ou não utilizar projetos, passando pela definição dos seus materiais constituintes baseados em experiências anteriores, até a escolha da mão-de-obra e fornecedor que irão participar da execução do piso na etapa de execução propriamente dita e o seu aspecto final.

A fim de identificar as possíveis causas dos problemas encontrados, foram tomados como base artigos científicos e monografias que tratam do tema de forma aprofundada e generalizada no que se refere aos mais diversos tipos de patologias. Para embasamento técnico, foram utilizadas as normas técnicas: NBR 6118 [7] e DNIT [8].

6 Estudo de caso

6.1 Anamnese do problema

A edificação trata-se de um edifício de uso empresarial, o qual consta de 01 (um) pavimento térreo, 01 (um) pavimento pilotis, 05 (cinco) pavimentos tipo e 01 (um) pavimento convenções. O piso de concreto polido foi executado apenas no pavimento térreo com a finalidade de abrigar as vagas de garagem relativas às salas comerciais e foi executado a cerca de 01 (um) ano.

Atualmente a obra encontra-se em execução, estando na fase de acabamento. Decidiu-se executar o piso antes de aplicar os revestimentos devido à logística na distribuição de suprimentos na obra. A necessidade de estocar materiais no pavimento térreo, por possuir uma área relativamente pequena para este fim foi o principal fator que levou a escolha da execução fora dos padrões convencionais de cronograma físico.

Além do estoque de materiais, o piso também é utilizado para abrigar parte das instalações provisórias como a sala de segurança do trabalho, o estoque de EPI's (equipamentos de proteção individual), refeitório e almoxarifado.

O piso foi construído sem elaboração de projeto, sendo sua execução baseada em obras anteriormente entregues. A concretagem de placas executadas em datas diferentes foi feita devido à escolha particular da administração, não tendo relação com procedimentos baseados em normas.

Sendo assim, o piso apresenta como principais patologias a presença de fissuras, a diferença de nível entre diferentes placas.

6.2 Diagnóstico das manifestações patológicas encontradas

Inicialmente foram coletadas informações a respeito das condições nas quais o piso foi planejado e executado

para que a partir dessas informações fosse possível inferir quais são as possíveis causas das patologias encontradas.

A construtora informou que não foi adotado nenhum projeto para execução do piso, definindo apenas, com base em execuções anteriores a melhor forma de aplicação. Os requisitos adotados, portanto, apresentam falhas na idealização dos materiais empregados e das técnicas necessárias para um bom desempenho.

Armações como aquelas que fazem a ligação entre as diferentes etapas de concretagem, a definição dos locais de corte de acordo com o trabalho que o piso necessita, o retardo no tempo de execução das juntas e até mesmo a resistência característica do concreto (fck) são fatores determinantes para que futuras patologias possam se desenvolver.

Por não ter projeto definido, alguns elementos, os quais foram citados acima, não foram utilizados durante a execução e a presença de patologias se deu assim que o piso passou a ser solicitado por cargas provenientes do armazenamento de materiais, como cerâmicas e materiais ensacados, por exemplo.

Dentre os problemas encontrados pode-se destacar a presença de fissuras (Figura 8) e a diferença de nível entre as placas executadas (Figura 9). A detecção das possíveis causas se deu por meio de observação juntamente às informações do processo executivo fornecido pela construtora.



Figura 8: Presença de fissuras na emenda entre duas concretagens.



Figura 9: Diferença de nível entre duas placas.

De acordo com a construtora, não foram aplicadas barras de transferência entre as diferentes concretagens e consequentemente entre placas diferentes, sendo uma possível causa para o aparecimento de fissuras paralelamente ao elo de ligação entre as mesmas e para o surgimento de um “degrau” entre placas diferentes. No entanto, para este último caso, apenas a não aplicação das barras não seria suficiente para a diferença de nível entre as mesmas, e ao ser questionada a construtora informou que em uma das placas (a primeira a ser executada) foi aplicada carga temporariamente, a qual não foi prevista para a utilização da mesma, ocasionando, portanto, tal patologia.

Entretanto, outras fissuras, com diferente característica da citada anteriormente também foram encontradas (Figura 10). Estas por sua vez, conservaram o fato de surgir a partir de quinas, sejam elas a partir de quinas reentrantes tanto nos limites de concretagem como em locais em que se encontram as tampas para caixas de inspeção. Para estes casos, verificou-se que não foram aplicadas barras perpendiculares às quinas, para assim combater os possíveis esforços que surgem nessa direção. Em contrapartida nos pilares a construtora fez a aplicação, e sendo assim não surgiram fissuras nesses locais.



Figura 10: Fissura a partir de quinas reentrantes.

O último tipo de fissura encontrada foi aquela localizada com surgimento e fim a partir de juntas cerradas. Segundo a construtora houve atraso no corte da mesma por pelo menos um mês, o que, de acordo com a bibliografia consultada é uma possível causa do surgimento dessa patologia, a qual se apresenta logo após ao corte retardado do piso.

7 Considerações finais

Dentre as manifestações patológicas observados no piso de concreto armado polido, as que se apresentam em maior intensidade são as fissuras e diferenças de nível entre as placas executadas em datas diferentes.

A ausência de algumas armaduras, a não utilização de fibras e o retardo no corte das juntas de concretagem são as mais prováveis causas do aparecimento dessas patologias nos pontos indicados anteriormente.

Dessa forma, é notória que a falta de um projeto com especificações de materiais e posicionamento das estruturas inerentes a execução desse projeto é de extrema necessidade, tendo em vista que se houvesse um projeto determinado para tal obra e o mesmo fosse seguido de acordo com as normas técnicas, respeitando elementos que levam a um desempenho mínimo dessa estrutura, tais patologias poderiam ter sido evitadas.

Referências

- [1] D.F. OLIVEIRA. Levantamento de causas de patologias na construção civil. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro, 2013.
- [2] M. F. S. CAMARGO. Pisos à base de cimento: caracterização, execução e patologias. Monografia, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Belo Horizonte, Minas Gerais, 2010.
- [3] F.C.B. SILVA. Sistemas construtivos de piso de concreto industrial com altos índices de planicidade (Ff) e de nivelamento (Fl). Trabalho de conclusão de curso, Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2009.
- [4] W.E. GASPARETTO. Recuperação no chão. *Revista Técnica*, Edição 154. 2010.
- [5] P. P. F. RODRIGUES. Piso novo. *Revista Técnica*, Edição 114. 2006.
- [6] M. KOSLINSKI, et al. Manifestações patológicas em pisos industriais. *Revista eletrônica FACEAR*, Faculdade Educacional Araucária, Volume 1. Curitiba, Paraná. 2013.
- [7] NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 2007.
- [8] Norma DNIT 049/2004. Pavimento rígido – Execução de pavimento rígido com equipamento de forma deslizante – Especificação de serviço. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. 2004.
- [9] ROCHA, L. F. P.; JUNIOR, E. S. D. Estudo de concreto com adição de fibra de polipropileno para controle da fissuração. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade da Amazônia. Belém. 2011.
- [10] Retração por secagem. Disponível em: <http://propriedadesdoconcreto.blogspot.com.br/2012/10/fissuras-em-lajes-sintomas-parecidos.html> 26/08/2016. Acessado em: 25/08/2016.
- [11] FIGUEIREDO, A. D. Concreto com Fibras de Aço. Boletim Técnico. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.
- [12] Fibras de polipropileno. Disponível em: http://www.vedacamp.com.br/site/documento_550_fibra-de-polipropileno.html?PHPSESSID=f7c16aea7bfb6528fe179a93f3c8d3f0. Acessado em: 25/08/2016.

Procedimento e tratamento para evitar fissuras nas ligações entre alvenaria e estrutura de concreto armado - Um estudo de caso

Title: Procedure and treatment to prevent cracks in the connections between masonry and structure of concrete armed - A study case

Diego Victor Siqueira Reis e Silva
Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
diegovsrs@hotmail.com

Carlos Wellington Pires Sobrinho
Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
carlositep@gmail.com

Resumo *As fissuras apresentadas nos encontros entre alvenaria e estrutura, é uma problemática bastante recorrente nos serviços de garantia das construtoras. Assim sendo, saber as causas de uma forma mais eficaz, é de extrema importância para determinação de quais métodos de recuperação ou reforço serão utilizados, a fim de melhorar o desempenho do empreendimento.*

Palavras-Chave: *fissura; alvenaria; estrutura; ligação; tela metálica; encunhamento*

Abstract *The cracks presented in meetings between masonry and structure, are a fairly frequent problem in guarantee of construction services. Thus, knowing the cause of a more effective manner, it is of extreme importance for determining which increase or recovery methods are used to improve the performance of the enterprise.*

Keywords: *fissure; masonry; structure; link; metal screen; wedging*

1 Introdução

As alvenarias são parte integrante do sistema da edificação, sendo muito utilizadas nos mais diversos tipos de construções como forma de vedação. No entanto, quando aplicada junto a outros elementos construtivos, esta pode passar a sofrer interferência de comportamento podendo apresentar problemas mesmo antes da entrega total do edifício.

Com a aceleração do crescimento imobiliário, o número de edificações tem crescido de maneira que o tempo de sua execução tem sido cada vez menor para atender a demanda de mercado de venda de imóveis. Aliado a isto, a execução dos sistemas construtivos vem sendo feita mais rapidamente, muitas vezes não respeitando as normas relativas ao tempo mínimo ao qual certos elementos devem ser aplicados.

Segundo Sabbatini [1], desde meados da década de setenta até o momento atual, as fissuras e trincas nas vedações em alvenaria de edifícios de multipavimentos com estrutura de concreto armado têm aumentado continuamente, em termos da frequência de manifestações, intensidade de ocorrências e gravidade.

Junto a esta problemática, o aparecimento de manifestações patológicas na ligação estrutura de concreto armado está surgindo de maneira recorrente. A aplicação de elementos que venham a absorver possíveis esforços que sejam transferidos para ela deve ser feita de modo que patologias dessa natureza sejam evitadas.

Diversos estudos, apontam o alto custo que as construtoras estão submetidas para correção de problemas ocorridos na pós entrega das obras. Valores estes, que não estão inclusos no orçamento inicial da obra, acarretando um estouro orçamentário. Como forma de prevenir patologias, é indispensável a correta execução de todos os serviços, desde a fundação até o acabamento, sempre buscando os procedimentos mais adequados.

Para isso, se faz necessário a exposição de meios para a correta execução dos serviços, reiterando a indispensabilidade de seguir os procedimentos citados em normas e com o intuito de evitar futuras patologias que possam vir a prejudicar o desempenho do elemento construtivo, durante a vida útil da edificação.

2 Fissuras na ligação entre alvenaria e concreto armado

Grande parte dos edifícios brasileiros, são executados com estrutura de concreto armado com a vedação em alvenaria tradicional, ou seja, alvenaria de blocos cerâmicos. A alvenaria aplicada junto à estrutura de concreto,

passa a sofrer influência de carregamentos ou esforços os quais não são esperados. Além disso, existem as diferenças nas propriedades dos materiais, o que pode influenciar no surgimento de patologias, as quais podem comprometer ou não a utilização da edificação.

Sabbatini [1] afirma que a alvenaria cerâmica utilizada nos dias de hoje como vedação de edifícios, tem menor resistência à compressão e é mais rígida, ou seja, tem menor deformabilidade. Diz ainda que, mesmo antes da fixação superior, a alvenaria passa a interagir com a estrutura, devido ao peso desta, a estrutura de apoio tende a se deformar, o que passa a ser inibido pela alvenaria que, com o endurecimento da argamassa, já é um corpo rígido que reage contra a deformação do suporte, podendo apresentar, portanto, patologias.

Um tipo de patologia muito comum que ocorre no encontro entre os elementos citados, são as fissuras. Estas por sua vez podem ser evitadas através da introdução de elementos que distribuam melhor os esforços entre o concreto e a alvenaria, dissipando os esforços sem que haja comprometimento do ponto de vista estético. A importância desses elementos e o desenvolvimento de novas soluções para o reforço ou recuperação das fissuras, são temas bastante recorrentes na comunidade da construção civil. Entre as principais causas do aparecimento de fissuras, se destacam: movimentações térmicas; movimentações higroscópicas; recalque das fundações; deformações das estruturas de concreto armado (Figura 01).

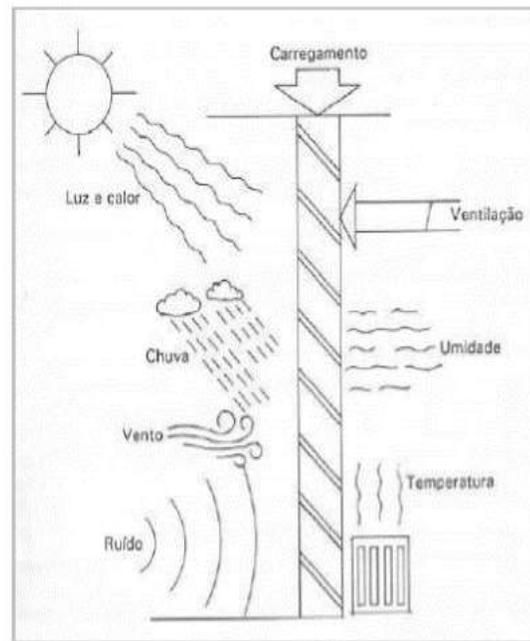


Figura 01: Solicitações impostas às superfícies das edificações (CINCOTTO et al, 1995 apud SAHADE, 2005)[2]

2.1 Movimentações térmicas

As movimentações térmicas são ocasionadas por variação de temperatura atuando sobre os componentes da edificação, gerando uma variação nas suas dimensões. Com essa variação surgem tensões que ora são de tração ora de compressão, gerando tensões que podem vim a provocar fissuras.

Os elementos de coeficiente de dilatação térmica diferentes, como materiais cerâmicos e as estruturas de concreto, possuem comportamentos distintos. Além deste fator, a atuação diferenciada do calor do sol em pontos distintos aliada a gradientes de temperatura ao longo do mesmo componente podem levar ao aparecimento de fissuras[3].

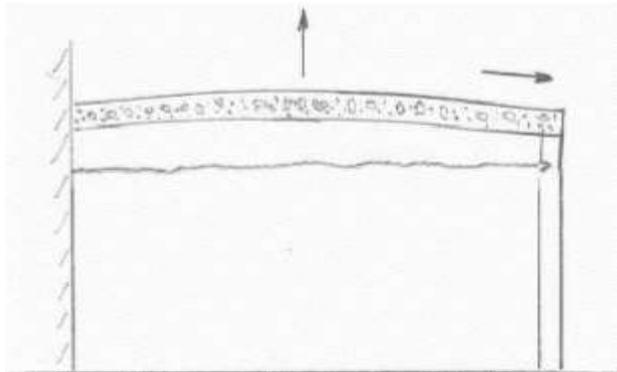


Figura 02: Fissuras de movimentação térmica (THOMAZ, 1989) [4]

2.2 Movimentações higroscópicas

As fissuras ocasionadas por esse tipo de movimentação se parecem bastante com as mencionadas anteriormente, entretanto as higroscópicas correspondem a dilatação ou contração relacionadas com a quantidade de água absorvida por um material de construção dependendo de sua porosidade e capilaridade.

Para este caso, o aumento do teor de umidade provoca uma expansão do material, enquanto que a diminuição desse teor provoca uma contração. Esses tipos de movimentações podem provocar destacamentos entre a alvenaria e a argamassa de assentamento, dependendo da intensidade da variação da umidade. Como exemplo, cita-se os alicerces das paredes que ficam em contato com o solo e absorvem a umidade do mesmo, provocando assim, o aparecimento de fissuras horizontais na parede [5].

2.3 Recalque das fundações

De acordo com as características do solo de assentamento das fundações, com a aplicação de carga, diferentes comportamentos podem ser obtidos. Deslocamentos verticais das fundações, chamados de recalque, pode ocorrer de duas formas: imediata ou ao longo do tempo (também chamado de adensamento). Contudo, ambos devem ser previstos em projetos.

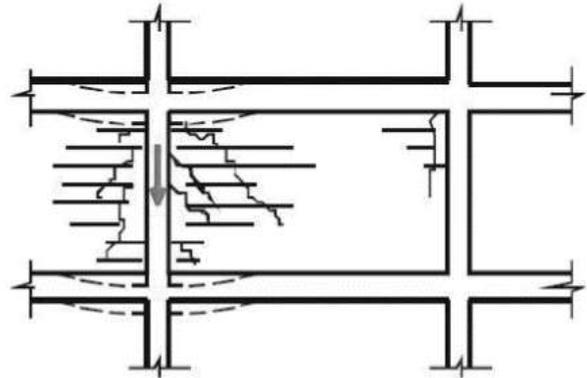


Figura 03: Fissuras ocasionadas por recalques diferenciais entre pilares (THOMAZ, 1989) [4]

Em caso de haver deslocamentos não previstos ou excessivos e de diferentes extensões, pode-se ter o que se chama de recalque diferencial, ou seja, quando um elemento da fundação se desloca diferencialmente de outro, levando ao aparecimento de fissuras.

Além das propriedades do solo, a má compactação, pode gerar deformações plásticas e elásticas pois o mesmo sempre está sujeito a carregamentos. Com a movimentação do solo e conseqüente recalque das fundações, as fissuras que geralmente são inclinadas, aparecem principalmente nos pavimentos próximos ao térreo. Deve-se estar atento a gravidade do recalque, pois pode haver fissuração nos pavimentos superiores.

2.4 Deformações das estruturas de concreto armado

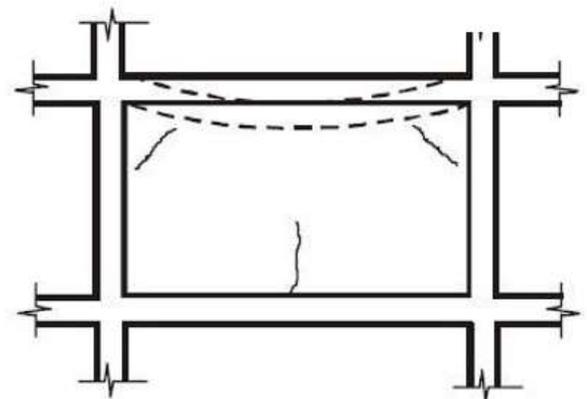


Figura 04: Fissuras ocasionadas pelas deformações das estruturas de concreto (DUARTE, 1998) [6]

Os componentes estruturais admitem flechas que podem não comprometer em nada sua própria estética, a estabilidade e a resistência da construção; tais flechas,

entretanto, podem ser incompatíveis com a capacidade de deformação das paredes [4].

Com o aumento da esbelteza das estruturas, vão cada vez maiores entre pilares, comprimentos extensos de vigas e dimensões reduzidas das seções dos pilares o concreto passa a permitir maiores deformações sem que haja prejuízo do ponto de vista estrutural e até mesmo estético. Sob esse ponto de vista a alvenaria aplicada sobre a estrutura de concreto acaba por receber cargas para as quais não foi dimensionada, podendo levar ao aparecimento de fissuras, as quais podem comprometer a utilização durante sua vida útil de projeto.

3 Técnicas preventivas

Em caso de obras executadas com maior velocidade, nas quais o intervalo de tempo entre concretagens de diferentes pavimentos é mínimo, as deformações do concreto podem atingir valores que podem levar ao aparecimento de sintomas patológicos.

Medidas relacionadas aos elementos que fazem o elo com a alvenaria, como as estruturas de concreto (pilares, vigas e lajes) podem evitar o aparecimento de patologias. Cuidados como o tempo mínimo de escoramento de lajes e vigas, o qual corresponde as deformações iniciais da estrutura e a cura adequada das peças concretadas, são fatos que podem reduzir o seu surgimento. No entanto, essas medidas não são suficientes para anular a presença de patologias.

3.1. Ligação pilar/alvenaria

De maneira geral, por ser uma área susceptível à fissuração, esta interface pode ser ligada por dispositivos que façam a ancoragem entre esses dois tipos de materiais. Para evitar o aparecimento dessas fissuras, algumas soluções são executadas, entre elas a utilização de ferro cabelo e da tela metálica, as quais são bastante eficazes e vem sendo utilizadas na construção civil brasileira.

No entanto, a técnica mais utilizada é a da tela metálica devido à produtividade e facilidade de sua aplicação. Para este caso algumas medidas preliminares devem ser adotadas para que este elemento apresente um bom desempenho. A primeira delas é fazer a limpeza da superfície na qual a tela será aplicada, a fim de remover resíduos que estejam na estrutura. Posteriormente, deve ser aplicado chapisco, que pode conter aditivos a fim de que se obtenha uma superfície com boa aderência. Dessa forma, deve-se aguardar por um período igual ou superior a 72 horas para que a tela possa aplicada [3].

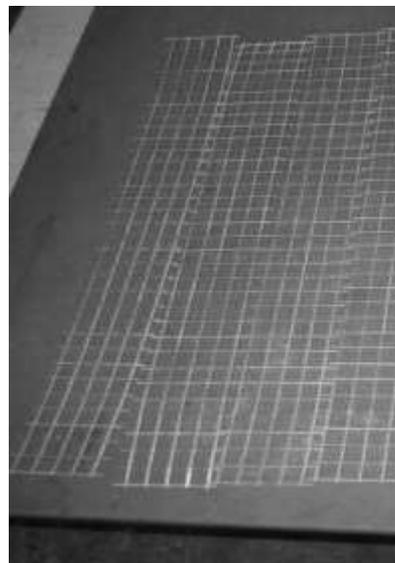


Foto 01: Tela metálica 9cm x 50cm, com malha de 1,5cm

Quanto à aplicação, deve-se iniciar pela escolha correta das dimensões da tela, a qual deve ter um tamanho mínimo o qual obedeça a 30 cm de transpasse entre a alvenaria e o pilar, depois manter a ligação perpendicular à junta horizontal, lembrando de respeitar a largura do bloco a ser utilizado. O preenchimento correto e uniforme das juntas e a obediência aos itens citados acima, são as técnicas de prevenção mais utilizadas atualmente no Brasil, reduzindo significativamente o aparecimento de manifestações patológicas ligadas à fissuras nessa região de trabalho da edificação.

3.2. Ligação Viga/Alvenaria

Quando a alvenaria passa a ser aplicada sobre a estrutura de concreto armado, a união dos elementos faz com que as paredes passem a sofrer influência deste outro material, solidarizando seus esforços. Os deslocamentos e as deformações, sejam por flexão de vigas ou por encurtamento de pilares devido as cargas aplicadas gradualmente passam a ser restringidos pela alvenaria.

A atuação dos de cargas horizontais e verticais passam da estrutura de concreto para a alvenaria, a qual passa a sofrer os esforços daquelas, transmitindo-os de cima para baixo, e assim absorvem parte das movimentações impostas, ficando sob tensão.

Para o encontro das vigas com as alvenarias, podem ocorrer, devido ao carregamento que poderá passar a atuar sobre a alvenaria ou até mesmo pela diferença de materiais, a presença de fissuras. A colocação de argamassa expansiva no encunhamento da alvenaria, pode absorver as tensões ali contidas evitando que ocorram essas fissuras. Entretanto, também devem ser tomados alguns cuidados para que o seu desempenho não leve ao aparecimento de manifestações patológicas.

As recomendações a serem seguidas são [3]:

- Retardar ao máximo possível a execução do encunhamento ou fixação para permitir a livre deformação inicial da estrutura de concreto;
- Executar o encunhamento ou fixação de cima para baixo, ou seja, dos pavimentos superiores para os inferiores, fazendo com que os pavimentos inferiores absorvam as deformações gradualmente. Quando a entrega da edificação é de curto prazo, pode-se adotar o encunhamento de pavimentos alternados;
- Realizar um intervalo entre o término da alvenaria de vedação e o encunhamento ou fixação de no mínimo duas semanas;
- Utilizar a bisnaga para aplicação garantindo uma camada de argamassa uniforme. Deve-se evitar colher de pedreiro para tal finalidade ;

Dessa forma, pode-se evitar que as fissuras possam vir a aparecer ao decorrer do carregamento e posteriormente ao uso da edificação.

4 Tratamento de fissuras

O aparecimento de fissuras na ligação entre alvenaria/pilar e/ou alvenaria/vigas pode ocorrer por diversos motivos. Devido a isto devem ser tomadas medidas e procedimentos que devem ser previstos na fase de projeto, a fim de que os elementos necessários sejam inseridos durante a execução da alvenaria e revestimentos de modo a minimizar o aparecimento das manifestações patológicas como as fissuras.

Contudo, em obras executadas sem projetos de alvenaria, sejam antigas ou recentes, e nas quais a execução dos padrões definidos em projetos não seja feita com procedimentos baseados em normas técnicas, o aparecimento dessas patologias ao longo do tempo e do uso da edificação pode ser praticamente inevitável.

Dessa forma, faz-se necessário aplicar técnicas de recuperação do local afetado. No entanto, a primeira etapa a ser executada deve ser a investigação da causa que venha a estar provocando o surgimento das fissuras, a qual é demonstrada através das manifestações que a peça construtiva apresenta.

No caso das fissuras apresentadas no alinhamento da ligação alvenaria/pilar e alvenaria/viga a patologia se desenvolve a partir de deficiência na fixação entre a alvenaria e a estrutura. Para o primeiro caso, em geral a patologia se aparece devido à ligação deficiente entre os dois elementos, como a falta de tela metálica fixada à estrutura, por exemplo. Já no segundo caso, no qual ocorrem fissuras horizontais, a problemática pode se dar pelo execução incorreta do encunhamento, seja pelo método

utilizado ou pelo tempo inferior ao necessário de aplicação da argamassa de encunhamento.

Para ambos os casos a técnica de recuperação mais indicada é a aquela descrita em cinco etapas, sendo elas [7]:

- Remover o revestimento e limpar a área;
- Colocar argamassa polimérica com tela de poliéster, transpassando a fissura com 20 cm para cada lado;
- Recompor a área com argamassa polimérica, fazendo o acabamento;
- Esperar, mínimo, 21 dias, para proceder emassamento o pintura.

5 Estudo de caso

A edificação trata-se de um edifício de uso residencial, o qual consta de 01 (um) pavimento térreo, 01 (um) pavimento pilotis, 17 (dezesete) pavimentos tipo e 01 (um) pavimento coberta com salão de festas. A estrutura é em concreto armado com a vedação em alvenaria de bloco cerâmico 9cm x 19cm x 19cm, em alguns casos ainda foi utilizado blocos cerâmicos com as dimensões 9cm x 14cm x 19cm.

A decisão de utilizar dois tipos de blocos diferentes no sentido de racionalizar a alvenaria, e de acordo com a modulação imposta em projeto, evitar a quebra e o desperdício de materiais cerâmicos.

Atualmente a obra encontra-se em fase de acabamento, não apresentando até o momento do estudo nenhum tipo de patologia referente ao encontro de estrutura de concreto armado com a alvenaria.

Desde o início da obra, as ancoragens entre alvenaria e estrutura foram feitas da forma correta, ou seja, utilizando-se telas metálicas nos encontros verticais, e aguardando o tempo para encunhamento das paredes para o qual foi utilizado argamassa expansiva.

Além destas medidas, na parte externa foi feita a aplicação de mastiche elástico, o qual foi aplicado exatamente no encontro entre vigas e alvenaria, formando uma junta de dilatação horizontal.

A alvenaria foi construída baseada no projeto, o qual foi elaborado por empresa localizada na Região Metropolitana do Recife.

5.1 Projeto para execução da alvenaria

No projeto de alvenaria, pede-se a presença das telas metálicas nas interfaces entre alvenaria e estrutura. Elas estão marcadas com círculos e localizadas no encontro entre alvenaria e estrutura.

Para este caso, os detalhes mostrados fazem menção à ligação vertical, ou seja entre pilar e alvenaria, determinando em quais paredes as telas deverão ser aplicadas.

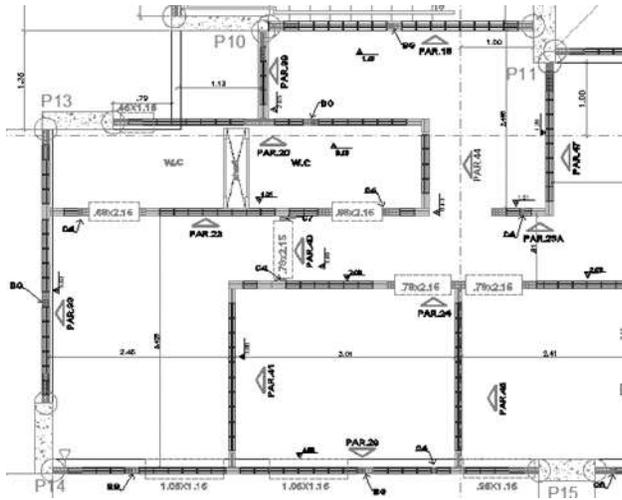


Foto 02: Projeto para execução da alvenaria

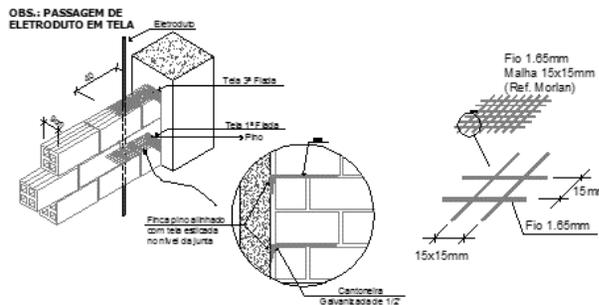
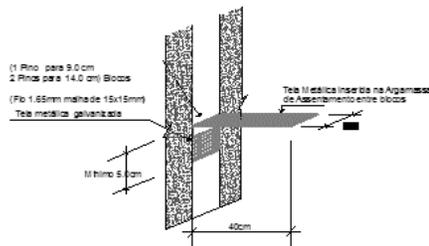


Foto 03: Detalhes da aplicação da tela metálica

A foto 03 representa os detalhes executivos da tela metálica e apresenta as especificações técnicas dos materiais que deverão ser utilizados, assim como a correta forma de aplicá-los.

A tela metálica galvanizada deverá ter uma malha de 15mm x 15mm e dimensão de 9cm x 50cm. A indicação mostra que deve ser respeitado um transpasse mínimo da tela de 5 cm na ligação pilar/alvenaria, como esta dela deve ser fixada na estrutura de concreto para que haja transferência das solicitações sem que haja surti, entre outras recomendações.

5.2 Elevação da alvenaria

A elevação da alvenaria é feita conforme o projeto, minimizando o aparecimento de patologias. Utilizando-se de pinos e uma pistola fina-pino, as telas metálicas são aplicadas em fiadas alternadas, ou seja, uma sim outra não. As mesmas são engastadas na estrutura de forma perpendicular à elevação.



Foto 04: Telas metálicas e pistola para aplicação

Além do cuidado com a aplicação de elementos que absorvem as deformações transferidas da estrutura ou do seu deslocamento diferencial em relação a alvenaria, a obra optou por utilizar argamassa industrializada, de maneira que o traço seja uniforme, cabendo apenas ao betoneiro (profissional responsável pela preparação da argamassa utilizada) a adição de água.

Dessa forma, evitam-se possíveis erros que acontecem durante a medição dos elementos componentes do traço de argamassa.

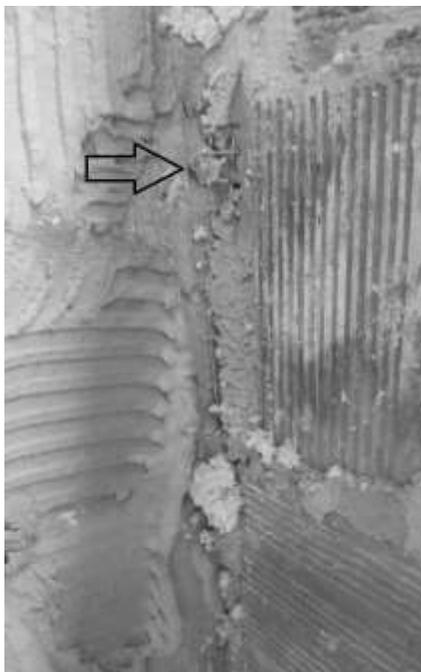


Foto 05: Telas metálicas na interface



Foto 06: Telas metálicas na interface

5.3 Encunhamento da alvenaria

A obra andava em grande ritmo e não poderia esperar acabar toda a elevação do edifício para que fosse iniciado o encunhamento, tendo em vista que a não execução do mesmo impediria a aplicação do forro de gesso. Assim sendo, o encunhamento foi feito conforme determinação do consultor, o qual determinou da seguinte forma: quan-

do a elevação da alvenaria chegou no pavimento 12, foi realizado o encunhamento dos pavimentos 1 ao 8, de cima para baixo; posteriormente, quando acabou a elevação foi executado o encunhamento dos demais pavimentos, também de cima para baixo, para que houvesse a acomodação dos esforços e fosse minimizado o risco de aparecimento de fissuras nesses pontos. Para execução do encunhamento, era utilizado um aditivo em pó, o qual era adicionado a argamassa conferindo-lhe propriedades expansivas, de modo a compensar a retração pela hidratação do cimento. Quando o espaço para encunhamento era pequeno, ainda se colocava as telas metálicas para auxiliar a acomodação dos esforços.



Foto 07: Telas metálicas para auxiliar no encunhamento

edificação.

6. Conclusões

Dentre as possíveis manifestações patológicas que a alvenaria pode apresentar, as fissuras entre este elemento e as estruturas de concreto armado são as que se apresentam de forma muito comum.

De acordo com a causa a partir da qual tem-se o aparecimento de patologias, é possível aplicar, durante a fase de construção, elementos que recebem as deformações e absorvem sem que haja o aparecimento e a degradação do revestimento aplicado.

O custo com a recuperação dos elementos, em geral é mais oneroso após estar sendo utilizado quando se compara com as medidas tomadas na fase de projeto e consequente execução.

Sendo assim, é possível inferir que a prevenção é a melhor opção no que diz respeito à aplicação de elementos que evitam o aparecimento de manifestações patológicas, tanto do ponto de vista de execução quanto de desempenho dos mesmos durante a utilização da edificação.

Referências

- [1] SABBATINI, F.H. et al. Vedações Verticais. Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios. Universidade de São Paulo. São Paulo. 1998.
- [2] CINCOTTO, M. A.; SILVA, M. A. C.; CASCAUDO, H. K. Argamassa de revestimento: características, propriedades e métodos de ensaio. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995.
- [3] TEIXEIRA, C. H. Fissuras na interface da alvenaria de vedação com estruturas de concreto armado: Recomendações para Técnicas de Prevenção. Trabalho de conclusão de curso. Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 64p.
- [4] THOMAZ, E. Trincas em edifícios: causas prevenção e recuperação. São Paulo: Pini, 1989.
- [5] JODAS, M. Estudo das ligações entre pilares de concreto e alvenaria cerâmica de vedação. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual Paulista. São Paulo, 2006.
- [6] DUARTE, R. B. Fissuras em alvenarias: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação. Porto Alegre: CIENTEC, 1998. Boletim técnico n. 25.
- [7] OLIVARI, Giorgio. Patologia em edificações. Trabalho de conclusão de curso. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2009.

Um Estudo das Manifestações Patológicas e das Condições Estruturais da Ponte sobre o Rio Igarassu na BR 101/PE

Title: A study of pathological manifestations and structural conditions of the bridge over the river in Iguassu BR 101/PE

Dayse Câmara Pereira dos Santos

Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
daysecamaraps@gmail.com

José Afonso Pereira Vitória

Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
afonsovitorio@gmail.com

Resumo *A ponte sobre o Rio Igarassu, construída no início da década de 1960, tem uma grande importância para o tráfego da BR-101 Norte no Estado de Pernambuco devido ao grande fluxo de veículos que se destinam ao polo industrial de Goiana e aos Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. Essa obra de Arte Especial, passa atualmente por estado bastante avançado de degradação estrutural, especialmente nas vigas do tabuleiro de concreto armado. Por se tratar de uma obra implantada em área de alta agressividade ambiental, e não ter recebido manutenções regulares ao longo de todas essas décadas, apresenta uma situação aparentemente de risco para os usuários que trafegam sobre ela. Nesse sentido, este trabalho se propõe em fazer uma análise dos fenômenos patológicos que atuam na ponte, a partir de vistorias, visando propor alternativas para a correção de tais problemas, de modo a possibilitar o restabelecimento das condições apropriadas de estabilidade e funcionalidade.*

Palavras-Chave: Pontes, estruturas, patologias, recuperação e reforço

Abstract *The bridge over the River Igarassu, built in the early 1960s, has a great importance for traffic of BR-101 North in Pernambuco due to the large flow of vehicles intended for the industrial center of Goiana and the States Paraíba and Rio Grande do Norte. This work of Special Art, is currently undergoing a fairly advanced state of structural deterioration, especially in the beams of reinforced concrete board. Because it is a work set in a high environmental aggressiveness area and have not received regular maintenance throughout all these decades, it presents a seemingly risky situation for users who travel on it. In this sense, this paper aims to make an analysis of the concepts and pathological phenomena that act on the bridge, from surveys, aiming to propose alternatives for the correction of such problems in order to enable the re-establishment of appropriate conditions of stability and functionality.*

Keywords: Bridges, structures, disease, recovery and strengthening

1 Introdução

A falta de manutenção preventiva nas pontes de Pernambuco implica na necessidade de estudos sobre as reais condições dessas obras para evitar grandes problemas ao tráfego e riscos aos usuários. A ponte objeto deste estudo está localizada sobre o rio Igarassu na BR 101 Norte e foi construída no início da década de 1960 com estrutura em concreto armado, sem receber uma adequada manutenção ao longo de todo esse tempo. Atualmente ela encontra-se em péssimo estado de conservação, com avançada degradação estrutural no tabuleiro, principalmente nas longarinas extremas. Fatores ambientais como atmosfera marinha, proximidade de indústrias e baixo cobrimento das armaduras, contribuíram para a situação atual. Nas vistorias foram observadas patologias diversas, destacando-se a corrosão das armaduras, eflorescências e deslocamento do concreto.

2 Metodologia

A metodologia adotada para este estudo consistiu em inspeção realizada de forma visual com registro fotográfico, identificando as possíveis patologias. As informações coletadas incluíram a localização, idade, comprimento, largura, os materiais da superestrutura/ mesoestrutura e a tipologia da estrutura.

3 Revisão bibliográfica relacionada ao objeto deste estudo

3.1 Durabilidade

“É a capacidade que um produto, componente ou construção possui de manter o seu desempenho acima dos níveis mínimos especificados, de maneira a atender às exigências dos usuários, em cada situação especificada”[1].

3.2 Vida Útil

É o tempo em que a estrutura se mantém dentro de um limite mínimo de comportamento em serviço para o qual foi projetada, sem elevar os custos de manutenção e reparação [2].

Segundo a NBR 6118/2014, as estruturas de concreto armado devem ser projetadas e construídas de modo que, sob condições ambientais previstas na época do projeto, e mantendo a sua utilização conforme preconizado em projeto, conservem sua segurança, estabilidade, e aptidão em serviço, durante o prazo correspondente à sua vida útil

3.3 Patologia e Terapia das Construções

Patologia em engenharia pode ser definida como sendo o estudo dos sintomas, dos mecanismos, das causas e das origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema [1].

As patologias podem ter origem nas fases de projeto e de execução e dependem da agressividade do meio e/ou de fenômenos atípicos.

Terapia estuda a escolha e a administração do tratamento para solução dos problemas patológicos. Para que se tenha sucesso no tratamento faz-se necessário um diagnóstico bem feito. A terapia a ser aplicada, nada mais é do que a consequência do processo investigativo.

O diagnóstico adequado é aquele que contemplam todos os aspectos do problema, que são: sintomas, mecanismos, origem e causas.

3.4 Principais Patologias nas Estruturas de Concreto

3.4.1 Corrosão das armaduras

Corrosão é uma interação destrutiva de um material com o ambiente, seja por reação química, ou eletroquímica [3].

Também é definida como a deterioração dos materiais pela ação química ou eletroquímica do meio, podendo estar ou não associada a esforços mecânicos [4].

3.4.1.1 Classificação dos processos de corrosão.

Dependendo do tipo de ação do meio corrosivo sobre o material, os processos corrosivos podem ser classificados em químico ou eletroquímico. De acordo com GENTIL (1994) [4]. No primeiro processo ocorrem reações químicas diretas entre o material metálico, ou não-metálico, com o meio corrosivo, podendo ou não haver transferências de cargas ou de elétrons e, portanto, não havendo a formação de uma corrente elétrica. No segundo processo ocorrem transferências de cargas ou elétrons através de uma interface entre metal e eletrólito. É um processo no qual há um ânodo e um cátodo, e a água presente no concreto serve de eletrólito. Assim, qualquer diferença de potencial entre os pontos pode gerar uma corrente.

A corrosão eletroquímica é o fenômeno mais típico de estruturas de concreto expostas à atmosfera marinha, como é o caso da estrutura em estudo. Trata-se de um processo no qual há um ânodo e um cátodo, e a água presente no concreto serve de eletrólito. Assim, qualquer diferença de potencial entre os pontos pode gerar uma corrente, iniciando a corrosão [5].

3.4.1.2 Manifestação da Corrosão

A corrosão pode se manifestar das seguintes formas nas armaduras das estruturas de concreto [2]:

- Manchas superficiais no concreto.
- Expansão das barras de armaduras.
- Fissuração do concreto.
- Destacamento da camada de revestimento de concreto.
- Redução da seção das armaduras.
- Perda de aderência das armaduras.

3.4.1.3 Mecanismos da Corrosão

Todo problema patológico ocorre através de um mecanismo. No caso da corrosão das armaduras os principais mecanismos são a carbonatação e a contaminação por cloretos.

A carbonatação é a transformação dos hidróxidos de cálcio com pH alto em carbonato de cálcio que tem um pH neutro. A existência de umidade no concreto, a quantidade de CO₂ do meio ambiente, a permeabilidade do concreto e a existência de fissuras influenciam bastante o avanço desse fenômeno, que é um dos mecanismos mais responsáveis pela deterioração do concreto armado.

A taxa de carbonatação depende de vários fatores, particularmente da permeabilidade do concreto (quanto mais permeável maior será a taxa) e da umidade relativa[6].

A ponte em estudo aparenta ter um concreto bastante permeável, proporcionando a ação da carbonatação. A utilização do indicador fenolftaleína, permite determinar in loco a profundidade da frente de carbonatação nas superfícies expostas das estruturas de concreto

O caso da contaminação por íons cloretos pode se dar pela própria composição do concreto, pela presença na água ou em aditivos aceleradores de pega que contenham cloreto de cálcio CaCl₂.

Os cloretos são encontrados no concreto em diferentes formas: combinados quimicamente ao C-S-H ou como cloroaluminatos adsorvidos fisicamente às paredes dos poros, ou livres na solução dos poros do concreto[5].

Podem ser também provenientes do ambiente, quando em contato com a água do mar, atmosfera marinha, poluentes industriais ou em contato com produtos químicos. A norma da ABNT-NBR 6118/2014-Estipula algumas diretrizes quanto ao risco de deterioração das estruturas de concreto em função da agressividade do ambiente em que serão inseridas. A ponte em estudo se enquadra no tipo III - Agressividade forte: risco de deterioração grande, atmosfera marinha e ambientes industriais.

3.4.2 Lixiviação

É um processo patológico que ocorre nas estruturas de concreto, devido à infiltração de água, que dissolve e transporta cristais de hidróxidos de cálcio e magnésio, podendo formar depósitos de sais conhecido como eflorescência. Com a perda de sólidos, a estrutura fica com sua resistência mecânica reduzida e também abre caminho para entrada de gases e líquidos nocivos à armadura e ao próprio concreto, causando dentre outros problemas a corrosão das armaduras e a carbonatação do concreto [7].

3.4.3 Eflorescência

A eflorescência ocorre devido à solubilidade do hidróxido de cálcio Ca(OH)₂ na presença de umidade. Essa patologia ocasiona manchas devido à precipitação do carbonato de cálcio CaCO₃ na superfície do concreto e da evaporação da água que contém o hidróxido dissolvido. O processo acontece em concreto com alta permeabilidade ou fissurados e são encontrados com frequência em lajes e vigas[8].

3.4.4 Fissuras

São fenômenos próprios e inevitáveis do concreto armado. São aberturas que afetam a superfície da estrutura, transformando-se em um caminho rápido para a entrada de agentes agressivos[8]. As fissuras podem ser classificadas como ativas ou passivas. Na ponte objeto deste estudo as fissuras são provavelmente passivas pois aparentam estar estabilizadas.

3.4.5 Desagregação

É a deterioração causada pela separação das partes do concreto, provocada pela expansão devido à oxidação ou dilatação das armaduras. Podendo também ser pelo aumento do volume do concreto devido a absorção de água[9].

4 Descrição da ponte estudada

A ponte sobre o Rio Igarassu construída na década de 1960 encontra-se em uma área de alta agressividade ambiental, fato que, contribuiu para o aparecimento de significativas manifestações patológicas ao longo de décadas de uso.

Com uma extensão de 27,10m e largura de 8,34m, a ponte tem tabuleiro em grelha de concreto armado com 4 longarinas com inércia variável e dois vãos iguais, apoiadas nas extremidades em encontros de concreto e em pilar-parede no meio do vão conforme mostram as figuras 1 e 2. No tabuleiro existem cinco transversinas, sendo três intermediárias e duas extremas. É possível identificar que em um dos encontros os aparelhos de apoio são do tipo pêndulo. No outro encontro e no apoio central não foi possível identificar os aparelhos de apoio,

porém é possível presumir que se tratem de chapas de chumbo, que eram muito utilizadas na época.

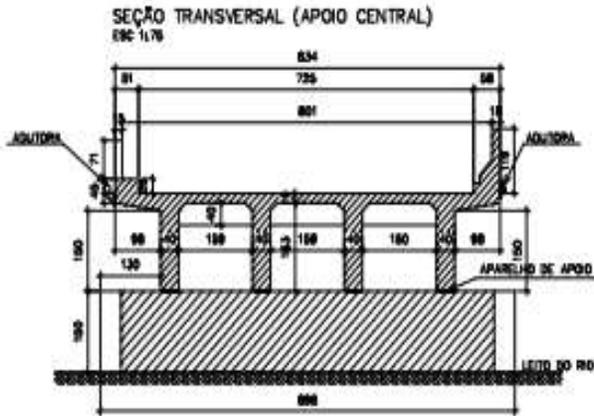


Figura 1: seção transversal no apoio central pilar-parede

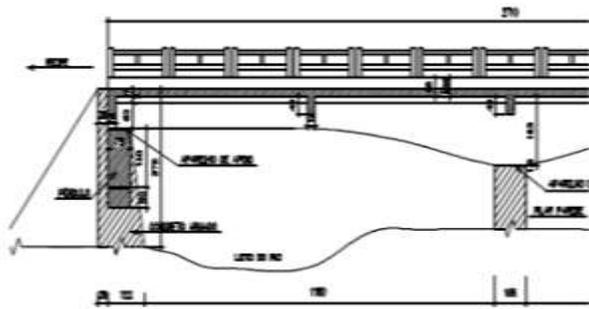


Figura 2: 1/2 corte longitudinal na ponte

Foi observada a ausência dos passeios de pedestres e apenas um guarda-corpo no lado direito sentido Goiana. No outro lado existe barreira de proteção em concreto do tipo New Jersey conforme mostra a Figura 3.



Figura 3: Vista superior da ponte

A pista de rolamento sobre o tabuleiro é de CBUQ, observando-se ainda a ausência de drenos para escoar a água sobre a ponte.

4.1 Geometria

Trata-se de uma obra cujo a estrutura é descrita a seguir:

Superestrutura: tabuleiro em grelha com vigas de inércia variável.

Mesoestrutura: encontros / pilar-parede

Largura do tabuleiro: 7,25m

Comprimento do tabuleiro: 27,10m

O tabuleiro é composto por 02 vãos de 13,55m

4.2 Principais danos e manifestações patológicas existentes.

Na vistoria realizada, foram observadas as diversas manifestações patológicas e danos estruturais, decorrentes da própria idade da obra, da sua localização em uma área de alta agressividade ambiental e principalmente da falta de manutenções preventivas e corretivas. A seguir são descritas as principais avarias identificadas na ponte analisada, considerando as super, meso e infraestrutura.

4.2.1 Na superestrutura

Na superestrutura, mesmo com a pavimentação asfáltica em razoável estado de conservação, foi observada a ausência da junta de dilatação nas extremidades do tabuleiro, de um sistema de drenagem, de pingadeiras e de passeios para pedestres, conforme pode ser visto na Figura 4.



Figura 4: Ausência de junta e de passeios

O guarda-corpo e a barreira de proteção encontram-se em razoável estado de conservação. A ausência de pingadeiras nas extremidades laterais da laje favoreceu a infiltração de água, o aparecimento de manchas e a aceleração

do processo de corrosão das armaduras das vigas e lajes conforme pode ser observado na Figura 5.



Figura 5: Ausência de pingadeira, contribuindo para o aparecimento de manchas no concreto e de corrosão nas armaduras

Das quatro longarinas, as duas intermediárias não apresentam maiores desgastes. Porém as extremas encontram-se em estado avançado de deterioração e apresentam sinais visíveis de grandes fissuras e destacamento do cobrimento, inclusive com grandes perdas da aderência entre as armaduras (de flexão e cisalhamento) e o concreto. As armaduras também estão com redução da seção transversal.

As longarinas internas bem como as transversinas, não apresentam este tipo de problema e sim de danos com menor gravidade, como fissuras e corrosões localizadas. Também foram constatadas eflorescências em todas as vigas transversais e longitudinais, e grande lixiviação nas vigas extremas.



Figura 6: Vista de uma longarina extrema, mostrando as armaduras de flexão sem aderência e estribos destruídos.

A laje do tabuleiro apresenta desgaste generalizado causado principalmente pela infiltração de água pelo concreto poroso ao longo do tempo, associado à exposição de armaduras pelo pouco cobrimento que era exigido pelas normas da época em que a ponte foi construída. As figuras 6, 7, 8 e 9 mostram aspectos do grau de deterioração estrutural das longarinas, em especial das extremas.



Figura 7: Perda total de aderência das armaduras e destruição do concreto.



Figura 8: As duas longarinas internas sem sinais visíveis de manifestações patológicas graves.



Figura 9: Situação da maior gravidade na face inferior de uma das longarinas extremas, com destruição total das armaduras e do concreto.

4.2.2 Na mesoestrutura

As vistorias meramente visuais não permitiram identificar grande problemas nos encontros nem no pilar-parede do apoio central. Porém, verificou-se que os pêndulos que funcionam como aparelhos de apoio em uma das extremidades das longarinas estão seriamente avariados e embora não seja possível afirmar que ainda estejam cumprindo com as funções para as quais foram projetados, significam uma situação preocupante pela importância de tais componentes na transmissão dos esforços do tabuleiro para os encontros e fundações.

Um desses pêndulos (o que serve de apoio a uma longarina extrema) está seriamente danificado, com o concreto parcialmente destruído e as armaduras expostas, corroídas e sem aderência, como pode ser visto na Figura 10.

Os encontros e o pilar-parede do apoio central embora tenham muitas manchas proveniente das infiltrações do tabuleiro e algumas fissuras discretas, não apresentam sinais visíveis de desaprumos, deslocamentos ou deformações que possam significar algum problema estrutural, conforme mostram as figuras 11 e 12.



Figura 10: Pêndulo que apoia viga extrema com corrosão e destacamento do concreto.



Figura 11: Pilar parede do apoio central não apresenta sinais de fissuras e deslocamentos e desaprumos



Figura 12: Os encontros apresentam manchas, mas não tem sinais de fissuras e deslocamentos.

Nas figuras 13 e 14 está indicado o apoio de uma das longarinas sobre o pilar-parede central, mostrando a dificuldade de identificar a existência ou o tipo de aparelho de apoio, levando a crer tratar-se de chapas de chumbo, pela pouca espessura observada da camada entre o fundo da viga e o topo do pilar.



Figura 13: Detalhe do apoio central das longarinas, presumindo ser do tipo chapa de chumbo ou a inexistência de aparelho de apoio.



Figura 14: Detalhe do apoio da longarina sobre o encontro do lado oposto aos pêndulos, indicando tratar-se de chapas de chumbo ou a ausência de aparelhos de apoio pela destruição por esmagamento do concreto em zona de compressão.

4.2.3 Na infraestrutura

Durante as inspeções e análises realizadas não foi possível identificar o tipo de fundação adotado no projeto original da ponte. Tendo em vistas as características geotécnicas locais indicarem solo de má qualidade, presume-se que se tratam de fundações profundas, em estacas ou tubulões. Porém, independentemente do tipo de fundação existente, não há como caracterizar problemas na infraestrutura, com base nas observações meramente visuais. Também, pelo mesmo motivo, não há como afirmar a integridade estrutural das fundações.

5 Conclusões e Recomendações

5.1 Conclusões

O surgimento de problemas patológicos é muito comum em pontes. As patologias causam uma redução nas propriedades de resistência dos materiais e do desempenho da estrutura como um todo, afetando consequentemente a durabilidade, e colocando em risco a integridade física das pessoas que diariamente utilizam a ponte para se locomoverem na rodovia.

A degradação estrutural da ponte em estudo, está associada a vários fatores tais como: a agressividade do meio ambiente, cobrimento insuficiente de armaduras, ausência de juntas de dilatação e de drenagem. Também foi observada a fixação inadequada de tubulações por meio de chumbadores, acarretando danos a estrutura conforme pode ser visto na Figura 15. Porém, a falta de manutenções preventivas e corretivas, sem dúvida, se constitui no fator mais preponderante para que a estrutura chegasse ao atual estado de deterioração, pois caso houvessem sido tomadas as devidas providências na época adequada, a maioria das manifestações patológicas presentes não estariam em processo tão evoluído.

A seguir é feito um diagnóstico sobre os principais danos estruturais e manifestações patológicas que foram observados durante as vistorias e descritos no capítulo anterior:

Como foi detalhado anteriormente, os principais problemas estruturais da ponte referem-se ao estado de pré-ruína das duas longarinas extremas do tabuleiro que certamente foi bastante influenciado pela ausência de pingadeiras nos bordos da laje, e também pelo fato de receberem diretamente as correntes de ar da atmosfera agressiva do local. Provavelmente a principal razão para o tabuleiro não ter entrado em colapso tenha sido a sua grande robustez, que era uma das características das antigas pontes rodoviárias.

A corrosão das armaduras e estribos está presente em vários pontos das vigas e lajes, tendo sido observado em muitos casos perda quase total das seções. A evolução desse processo se deu pelas causas já explicadas nos conceitos da revisão bibliográfica e também pelas peculiaridades da obra que também foram esclarecidas, com destaque para a falta de manutenção.

Aparentemente, essa Obra de Arte Especial da década de 1960 nunca passou por uma manutenção. Com o aumento do tráfego e da própria importância da BR -101 para a região, a ponte já deveria ter sido alargada e reforçada há muito tempo, principalmente ao se considerar a grande evolução das normas dos processos construtivos e do aumento nas resistências dos materiais estruturais, como é o caso do concreto.

O meio ambiente agressivo e o baixo cobrimento, fatores de grande importância para o aparecimento de corrosões, são grandes exemplos de elementos que não eram considerados para a durabilidade nos projetos antigos

Hoje, de acordo com a norma vigente 6118/2014 vários aspectos foram levados em consideração para termos estruturas mais duráveis, como é o caso da classe de agressividade ambiental e a relação água cimento. Para a obra descrita, a mesma se enquadra na classe de agressividade forte III, o cobrimento a ser utilizado deverá ser no mínimo de 4,0cm para vigas e pilares e de 3,5cm para lajes, com uma relação água/cimento $\leq 0,55$.

A ausência de drenos e a falta de declividade para o escoamento das águas do tabuleiro, acabou causando infiltração na estrutura, acarretando deterioração das vigas e lajes através do processo de lixiviação, que dissolve e transporta os cristais de hidróxido de cálcio e magnésio diminuindo a resistência mecânica que na época chegava no máximo a um fck da ordem de 18 Mpa. Observamos também fissuras em vários pontos das lajes, vigas e ala, que mesmo não sendo ativas, contribuíram para o processo de corrosão. Muitas manchas e lixiviação também foram observados nos balanços laterais das lajes, devido à ausência de pingadeiras no bordo inferior, o que causou uma constante umidade ao longo dos anos.

Outro aspecto que não deve deixar de ser considerado ponte em estudo além do fato de provavelmente durante toda sua existência não ter passado por nenhum tipo de manutenção é que pelas características das manifestações patológicas existentes nas longarinas externas, é bastante provável que tenham sido originados na fase de execução. O concreto mal adensado pode ter sido o responsável pela segregação entre os agregados e a argamassa, ocasionando assim a perda precoce de aderência. Observamos também que os aparelhos de apoios do tipo pêndulo e em chapas de chumbo não mais funcionam, por causa da grande deterioração ocorrida ao longo do tempo



Figura 15: Fixação de tubulação por meio de chumbadores

5.2 Recomendações

A princípio, diante do exposto, é recomendável como uma primeira providência emergencial, a execução de um escoramento provisório nas duas vigas da extremidade, com o objetivo de garantir a estabilidade da ponte, caso ocorra uma situação de ruptura em tais peças. Como solução definitiva, devido a sua importância e ao intenso tráfego da BR101 Norte, recomendamos o alargamento, reforço e recuperação da ponte, com a inclusão de dois passeios de pedestres e a implantação de uma adequada drenagem no tabuleiro por meio de dispositivos construídos por tubos de PVC, devendo ainda ser observada uma correta inclinação de 2% na pavimentação para um perfeito funcionamento do sistema.

Após o escoramento provisório, deverão ser executados os serviços de reforço e alargamento do tabuleiro, que poderá ser feito por um dos métodos atualmente adotados para as pontes convencionais de concreto da malha rodoviária brasileira. Estudos sobre em pontes rodoviárias brasileiras apresentados em trabalhos técnicos [10] e a própria experiência de especialistas, mostram que para tabuleiros com estas características, uma boa alternativa para alargamento é o método que utiliza concreto armado convencional moldado no local e concreto projetado. Esse método construtivo baseia-se no modelo de grelha, incluindo novas longarinas e solidarizando todas as vigas e lajes (novas e antigas) ao tabuleiro alargado.

É importante ressaltar que no caso da ponte sobre o rio Igarassu as vigas extremas necessitam ser totalmente reforçadas e recuperadas devido aos danos e patologias existentes, inclusive com o comprometimento da seção pela falta de aderência das armaduras de flexão e dos estribos. As vigas intermediárias certamente também precisam ser reforçadas. A Figura 16 mostra um exemplo de alargamento e reforço do tabuleiro de uma ponte antiga, com a adição de armaduras de reforço nas longarinas.



Figura 16: Exemplo de alargamento e reforço de uma ponte antiga com o uso de concreto armado convencional.

Outras soluções de alargamento também poderão ser utilizadas, como é o caso dos sistemas estruturais com perfis metálicos ou vigas de concreto pré-moldado. Um exemplo da utilização de concreto projetado para esse tipo de reforço está ilustrado no exemplo da Figura 17.



Figura 17: Exemplo da aplicação de concreto projetado no reforço das longarinas de uma ponte.

Outra questão importante a considerar é que o alargamento e reforço precisa contemplar a atualização das cargas móveis para o trem-tipo classe 450KN, previsto pela norma NBR 7188/2013. Considerando a possibilidade de inexistência de aparelhos de apoio ou a existência de chapas de chumbo altamente deterioradas, sugerimos a colocação de aparelhos de neoprene por meio da operação de macaqueamento do tabuleiro. No caso dos pêndulos, como não exercem mais sua função, a sugestão é reforçar o encontro e substituí-los também por aparelho de apoio tipo neoprene.

Deverão também ser colocadas juntas de dilatação nas extremidades da ponte entre a laje e os encontros. Quanto aos encontros e pilar-parede, mesmo considerando que, aparentemente não apresentam sintomas visíveis que possam comprometer a segurança da ponte, deverão passar uma análise minuciosa antes da elaboração do projeto de alargamento, inclusive com a realização de prospecções geotécnicas e estruturais visando avaliar a integridade das fundações, tendo em vista que haverá um acréscimo de cargas na estrutura e conseqüentemente também nos esforços transferidos para as fundações.

Por fim, após a realização das obras de alargamento e reforço, faz-se necessário a elaboração de um plano de manutenção preventiva para garantir um acréscimo na vida útil da estrutura recuperada.

Evidentemente, uma gestão de pontes eficaz deverá sempre se basear em um rigoroso cadastro de todas as obras que compõe determinada rodovia e em um programa de vistorias sistemáticas. Deverá, ainda, incluir diversas atividades técnicas, organizacionais e administrativas

com o objetivo de instruir e pôr em prática uma política que contemple a conservação, a recuperação, a ampliação e a substituição de obras [9].

A manutenção da ponte sobre o rio Igarassu, que foi objeto deste artigo, deverá estar inserida em um plano de conservação mais abrangente que envolva todas as pontes do trecho da BR 101 onde está localizada. Algumas questões não devem deixar de ser consideradas para que um sistema de manutenção e gestão de pontes alcance os seus objetivos: A primeira delas é a qualificação do pessoal técnico e administrativo que irá realizar as vistorias, fazer os relatórios, atualizar as informações cadastrais obtidas no campo e operar o sistema de gestão de pontes na sua totalidade.

Outra questão fundamental para a viabilização de todo o processo de conservação, recuperação, reforço e avaliação sistemática da avaliação das obras de Arte Especiais é a previsão de tais despesas no orçamento do Órgão responsável. O Figura 18 mostra de forma resumida as principais etapas que deverão fazer parte de um plano de manutenção e gestão de Obras de Artes Especiais.

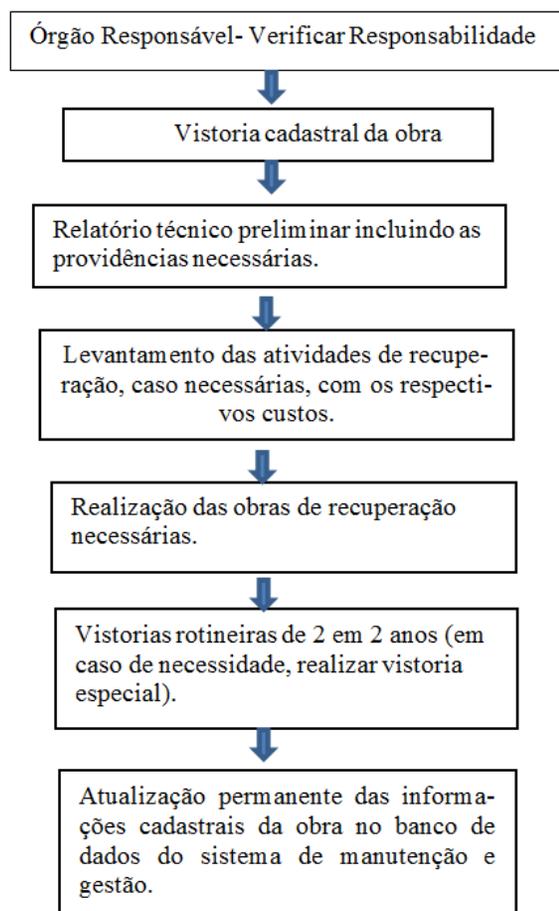


Figura 18: Fluxograma de um plano de manutenção e gestão de Obras de Artes Especiais.

Referências

- [1] D.P.Oliveira. Levantamento de Causas de Patologias na Construção Civil. <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10007893.pdf>, Agosto 2013.
- [2] E.M.Barreto.Nota de Aula da Disciplina Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto. Curso de Especialização em Inspeção e Recuperação de Estruturas. 2015.
- [3] P.R.L. Helene.Corrosão em Armaduras para Concreto Armado. Pini. São Paulo. 1986.
- [4] V.Gentil.Corrosão.LTC –Livros Tecnicos e Científicos Editora.Rio de Janeiro.1994
- [5] J. Nakamura. Concreto, Cuidados para Resistir à Maresia. Técnica. Edição88: Julho 2004.
- [6] A.Werle. Carbonatação do concreto-Fenolftaleína-na.aldowerle.blogspot.com.br/2012/09/carbonatacao-do-concreto-fenolftaleina.html. 05.04.2016
- [7] www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-lixiviacao.html.05.04.2016
- [8] E.A.B.Gonçalves.Estudo de Patologias e suas causas nas Estruturas de Concreto Armado de Obras de Edificações.<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014879.pdf> 06.04.2016.
- [9] J.A.P. Vitório.Pontes Rodoviárias, Fundamentos, Conservação e Gestão.CREA-PE. Recife. 2002.
- [10] J.A.P. Vitório.Uno Estudo Comparativo sobre Métodos de Alargamento de Pontes Rodoviárias de Concreto Armado com a Utilização das Normas Brasileiras e Eurocódigos, Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, mês, 2013

Análise dos danos estruturais e das condições de estabilidade da Ponte da Estrada Velha de Água Fria

Title: Analysis of structural damages and stability conditions of the Estrada Velha de Água Fria street bridge

Jhonata William Lopes

Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
tecnologojonatha@gmail.com

José Afonso Pereira Vítório

Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
afonsovitorio@gmail.com

Resumo

A política de conservações das Pontes no Brasil ,nas esferas federal, estaduais e municipais ,é de extrema deficiência , pois, lamentavelmente, não existe a cultura, nem o interesse, de por em prática planos de manutenção preventiva das estruturas de obras públicas. A principal preocupação é apenas com a execução e um exemplo evidente disso é a ponte da Estrada Velha de Água Fria, objeto deste artigo, cuja situação pode ser comprovada pela simples observação do seu atual estado de degradação ,resultante de uma série de patologias instaladas ao longo do tempo. Neste trabalho são avaliadas as atuais condições relacionadas à conservação e integridade estrutural da ponte com base nos conceitos da literatura existente sobre o tema e nas observações realizadas durante as vistorias visuais que fizeram parte deste estudo e que permitiram uma análise dos danos e das manifestações patológicas que afetam a funcionalidade e a estabilidade da obra. No final do trabalho são feitas conclusões e apresentadas recomendações para a realização de intervenções de recuperação e reforço visando dotar a ponte das condições apropriadas de segurança e funcionalidade para os usuários.

Palavras-Chave: Pontes, Conservação, Vistorias, Estruturas

Abstract

The conservations policy of bridges in Brazil ,in the federal, state and municipal spheres is extreme deficiency because lamentably, doesn't exist the culture, or interest, to put into practice preventive maintenance plans of public works structures. The main concern is only with the execution and an clear example of this is the bridge from Estrada Velha of Água Fria, the object of this article, whose situation can be proven by the simple observation of your current degradation state, resulting in a series of pathologies installed over time. In this work are evaluated current conditions related to the conservation and structural integrity of the bridge based on literature concepts existing about the subject and in the observations made during visual inspections that were part of this study and allowed an analysis of the damage and pathological manifestations that affects the functionality and the stability of the work. In the end of the work the conclusions are made and presented recommendations for performing interventions of the recovery and reinforcement aiming to provide the bridge with the appropriate conditions of security and functionality for users.

Keywords: Bridges, Conservation , Surveys, Inspections, Structures

1 Introdução

As primeiras pontes foram, provavelmente, o resultado natural da colocação de troncos de árvores sobre rios e sobre outros obstáculos criados pela natureza entre dois espaços, para que o homem pudesse continuar o seu trajeto [1].

Ao longo dos séculos, as pontes foram sendo aperfeiçoadas pelo homem com o uso de materiais e técnicas cada vez mais sofisticadas para facilitar o comércio, o transporte, as guerras, e as viagens, entre outros. Algumas delas têm se tornado ícones, símbolos do melhor que a engenharia civil pode oferecer [2].

O surgimento do cimento Portland no século XIX, as variedades de concreto e de outros materiais e técnicas de construção deram à engenharia o poder de fabricar pontes com vãos cada vez maiores [1]. Nessa época inicial, pensava-se que o concreto teria durabilidade ilimitada, mas com o passar das décadas verificou-se que o concreto, assim como outros materiais, sofre com a degradação produzida por fissuras, corrosão, elementos climáticos, poluição e a ação destruidora do homem, entre outros. De modo geral, as pontes têm dado verdadeiros exemplos de grande durabilidade, muitas vezes em condições totalmente adversas, mas a vida útil de tais obras é definitivamente finita como a da grande maioria dos bens produzidos no planeta.

Nesse sentido, o Sindicato das Empresas de Arquitetura e de Engenharia Consultiva, SINAENCO, realizou entre 2006 e 2008 uma campanha pela manutenção do ambiente construído, denominada “Infraestrutura de Pernambuco-Prazo de Validade Vencido”, com o objetivo de identificar os principais problemas de pontes, viadutos, rodovias, galerias e canais, de modo a avaliar o estado de deterioração da infraestrutura de Pernambuco. A campanha inspecionou diversas obras em Pernambuco e mostrou que as maiores causas das avarias observadas eram consequência da falta de conservação por parte do poder público. [3].

Uma das obras que fizeram parte da referida campanha foi a ponte localizada sobre o Canal do Arruda, na Estrada Velha de Água Fria que é objeto deste estudo. Trata-se de uma ponte de concreto armado, pertencente à malha viária da cidade do Recife, cuja data de construção não foi possível de identificar. Porém as características estruturais e construtivas indicam que deve ter sido construída entre as décadas de 1960 e 1970 do século passado. A ponte, localizada na II Perimetral, uma importante via para o trânsito do Recife, passa por um avançado processo de desgaste estrutural e necessita passar por intervenções de recuperação para que possa atender às finalidades estruturais e funcionais de uma Obra de Arte Espe-

cial. Este trabalho se propõe portanto, a identificar as principais manifestações patológicas e danos estruturais, emitindo diagnóstico e propondo a correção das avarias identificadas.

2 Metodologia

Este trabalho foi desenvolvido com base nas observações efetuadas durante as vistorias visuais realizadas na estrutura da ponte. A partir das informações obtidas nas vistorias, procedeu-se a uma análise dos danos e manifestações patológicas de modo a permitir caracterizar o estado atual da obra, respaldado pelos conceitos que constam da literatura técnica sobre este tema e que fazem parte da revisão bibliográfica deste texto. O trabalho também sugere a adoção de medidas para corrigir as anomalias identificadas e dotar a ponte das condições apropriadas de estabilidade e funcionalidade.

3 Conceitos da Literatura Técnica Aplicados a este Estudo

A seguir são apresentados os conceitos de durabilidade e vida útil e dos fenômenos patológicos mais conhecidos na literatura técnica que estão diretamente relacionados aos mecanismos de deterioração das estruturas de concreto armado e que em sua grande maioria, foram identificados na ponte que se constitui no estudo de caso deste artigo.

3.1 Durabilidade e vida útil

A durabilidade de uma estrutura de concreto está relacionada a uma série de parâmetros que dependem do projeto estrutural, dos materiais utilizados, da qualidade da execução da obra, da agressividade ambiental, do uso e do tipo de conservação.

Esses parâmetros interferem diretamente nos mecanismos responsáveis pela degradação das estruturas, como é o caso da permeabilidade, baixa resistência do concreto, cobrimento insuficiente de armaduras, etc.

A vida útil por sua vez é o período de tempo no qual uma estrutura é capaz de desempenhar as funções para as quais foi projetada sem a necessidade de intervenções não previstas. Existem vários modelos para prever a vida útil das estruturas expostas a determinados mecanismos de degradação em ambientes agressivos, como é o caso das pontes. Tais modelos devem fornecer aos projetistas estruturais as informações suficientes para avaliar as mudanças que certamente ocorrerão ao longo do tempo de utilização da obra [4]. A tabela 1 mostra os principais mecanismos de degradação das estruturas de concreto armado, inclusive das pontes.

AGRESSIVIDADE DO AMBIENTE		CONSEQUÊNCIAS SOBRE A ESTRUTURA	
Natureza do processo	Natureza do processo	Alterações iniciais na superfície concreto	Efeitos em longo prazo
Carbonatação	UR 60 a 85%	Imperceptível	Redução do pH Corrosão de armaduras Desagregação superficial
Lixiviação	Atmosfera ácida, águas puras	Eflorescências, manchas brancas	Redução do pH Corrosão de armaduras Desagregação superficial
Retração	Umedecimento e secagem, ausência de cura, UR baixa (<50%)	Manchas escuras	Redução do Ph Corrosão de armaduras
Fungos e mofo	Altas temperaturas (> 20° e >50°) com UR > 75%	Manchas escuras e esverdeadas	Redução do pH Desagregação superficial Corrosão de armaduras.
Concentração salina, Cl	Atmosferas marinha e industrial	Imperceptível	Despassivação e corrosão de armaduras
Sulfatos	Esgoto e águas servidas	Fissuras	Expansão fissuras Desagregação do concreto Corrosão de armaduras
Álcali-agregado	Composição do concreto Umidade, UR > 95%	Fissuras Gel ao redor do agregado graúdo	Expansão →fissuras Desagregação do concreto Corrosão de armaduras

Figura 1 - Vista lateral da ponte.

4 Estudo de Caso

4.1 Descrição da ponte estudada

Ao contrário de outras pontes mais famosas ou pelo menos mais conhecidas da cidade do Recife, a ponte da Estrada Velha de Água Fria, sobre o canal do Arruda, não tem um nome próprio, apenas o indicativo da sua localização, um bairro na Zona Norte do Recife, que um dia já foi famoso pela congregação. A ponte, que mede 11,30m de comprimento e 25,25m de largura tem um tabuleiro constituído por laje maciça de concreto armado de aproximadamente 0,62m na parte interna e alargada para 1,10m nas duas extremidades onde estão localizados os passeios de pedestres, cada um com 2,55m de largura.

Sobre o tabuleiro existem duas faixas de rolamento, cada uma com 9,00m e um canteiro central com 2,05m. As figuras 1 e 2 mostram duas vistas que ressaltam os aspectos laterais da ponte.

Como praticamente todas as pontes do Recife, a ponte objeto deste estudo apresenta uma longa lista de patologias causadas pela ação do tempo, a agressividade ambiental, o uso indevido, a negligência e a falta de manutenção.

A seguir são apresentadas as principais manifestações patológicas e danos estruturais observados durante as vistorias realizadas na superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura.



Figura 1 - Vista lateral da ponte.



Figura 2 - Detalhe da espessura lateral da laje.

4.2 Principais danos e manifestações patológicas existentes na superestrutura

4.2.1 Bolor na face inferior da laje do tabuleiro

Observa-se na Figura 3 a presença de Bolor na superfície inferior da laje do tabuleiro. Estudos mostram que determinados intervalos de temperatura e de umidade relativa do ar possibilitam a formação de mofo e bolor. Taxas de umidade relativa do ar acima de 80%, com temperaturas acima de 10°C são condições ideais para a formação das mais de 200 espécies existentes de mofo e bolor. Atualmente a norma NBR 15220-2003 define os parâmetros a serem respeitados para o desempenho térmico das edificações.



Figura 3 - Formação de bolor e mofo na laje do tabuleiro.

4.2.2 Calcinação

A Figura 4, mostra a calcinação da estrutura do tabuleiro causada por fogueiras acesas por pessoas sem teto. A calcinação resseca as camadas superficiais, altera a cor do concreto e reduz a sua resistência. De modo geral, a degradação inicia-se a partir dos 600°C, por expansão dos agregados que desenvolvem tensões internas e fraturam o concreto. A intensidade da calcinação indica que a submissão da estrutura a altas temperaturas provocadas pelo fogo sob a ponte parece ter uma grande frequência.



Figura 4 - Calcinação da estrutura causada por fogueiras sob a ponte.

4.2.3 Efeitos da Infiltração de água

É possível observar na Figura 5 a falta de pingadeiras, que são elementos importantes para evitar que a água escoe pela lateral do tabuleiro, e crie condições

propícias para a infiltração que por sua vez causa desgaste e perda da resistência do concreto, além do desenvolvimento de mofos e bactérias. Segundo Vitório [5] “mesmo a água totalmente pura, como é o caso das águas de chuvas nas pontes, pode atacar o concreto através da infiltração e do acúmulo ao longo do tempo devido à ausência de pingadeiras e da deficiência das juntas e da drenagem do tabuleiro.



Figura 5 - Ausência de pingadeiras na borda da laje do tabuleiro da ponte.

4.2.4 Falhas de concretagem

Como pode ser visto na Figura 6, existe claras evidências de falhas de concretagem nas faces inferiores e laterais do tabuleiro da ponte (o concreto aparenta ser altamente poroso). O tamanho e a distribuição dos poros (porosidade) tem grande influência na capacidade do concreto de suportar o efeito de agentes agressivos como água, oxigênio, dióxido de carbono, cloretos e outros.



Figura 6 - Falhas de concretagem oriundas de má execução da vibração do concreto.

4.2.5 Deslocamento do concreto

Na Figura 7 é possível observar este fenômeno que ocorre devido as pressões de expansão superiores a 15 Mpa no processo da pilha eletroquímica oriunda basicamente na presença de água, oxigênio e variação de temperatura, área anódica e catódica, um condutor metálico e um eletrólito [6].

Isso acarreta a oxidação do concreto que aumenta em

volume e o expele do cobrimento expõe a armadura à ação agressiva do meio ambiente. A continuidade desse fenômeno pode acarretar o total comprometimento estrutural da armação.



Figura 7 - Deslocamento do cobrimento do concreto que envolve a armadura lateral do tabuleiro.

4.2.6 Baixa espessura da camada de cobrimento da armadura

Na Figura 8 observa-se o que o cobrimento do concreto da superfície inferior do tabuleiro tem menos de 1cm, deixando o aço desprotegido e passível de corrosão. As tensões internas no concreto causam fissuras e o afastamento da camada de cobrimento facilitando assim a entrada de mais agentes agressivos. É importante ressaltar que a norma vigente à época em que a ponte foi construída, previa cobrimentos da ordem de apenas 1,5 cm. Atualmente a NBR 6118/2014 exige para cobrimento nominal da armadura, espessura de até 5 cm para a ponte em estudo (classe de agressividade IV, as superfícies do concreto expostas aos agentes agressivos do meio ambiente como, reservatórios, estações de tratamento de água, esgoto, condutores de esgoto, canaletas de efluentes).



Figura 8 - Baixa espessura da camada de cobrimento da armadura, causando a exposição das mesmas.

4.2.7 Problemas diversos

Existem ainda outros problemas em componentes diversos relacionados à superestrutura, como a situação mostrada na Figura 9, que refere-se a um grande desnível no passeio de pedestres, causado pelo abatimento do solo, provavelmente decorrente de uma má compactação.



Figura 9 - Deformação do solo da passagem de pedestres.

Outra questão, mostrada na Figura 10, refere-se aos guarda corpos da ponte cujas armaduras estão expostas aos agentes agressivos do meio. É fácil perceber que não foram utilizados espaçadores para cobrimento adequado na fase de execução, pois o aço está faciado com o concreto.

Outro problema que não pode deixar de ser relatado é o uso indevido da ponte para a transposição de tubulações penduradas no tabuleiro e fixadas por meio de chumbadores. Observa-se que a fixação inadequada desses chumbadores contribuiu para acentuar ainda mais os danos estruturais no concreto ao longo do tempo. Outra consequência da colocação de tais tubulações é o estrangulamento da seção de cação do canal sob a ponte. Esse problema está mostrado na Figura 11.



Figura 10 - Guarda corpos danificados.



Figura 11 - Tubulações fixadas inadequadamente no tabuleiro da ponte.

4.3 Principais Problemas na Mesoestrutura

A mesoestrutura, constituída pelos encontros de concreto armado, apresenta como principais problemas algumas falhas de concretagem e lixiviação do concreto causada pela variação das marés ao longo do tempo. Observa-se que de um dos lados da ponte existe uma espécie de talude entre o encontro e a parede do canal, que além de obstruir a seção de vazão também serve de abrigo eventual para pessoas que entre outras coisas, provocam os pequenos incêndios que estão calcinando a estrutura. Esses taludes encontram-se atualmente erodidos e podem ser vistos na Figura 12.



Figura 12 - Erosão no talude sob um dos lados da ponte.

4.3.1 Deslocamento entre o tabuleiro e o encontro da ponte

Também foi observado um deslocamento vertical entre um dos encontros e o tabuleiro, conforme mostra a Figura 13. Observa-se que na extremidade do tabuleiro sobre o encontro da ponte existe uma abertura e essa região está propícia para a entrada das águas de chuva e posteriores patologias decorrentes dos agentes agressivos



Figura 13 - Detalhe do deslocamento do tabuleiro com o encontro.

4.4 Principais problemas na Infraestrutura

Nas figuras 14 e 15 observa-se além do acúmulo de lixo, estacas metálicas expostas e com parte fora da água em zona de variação de maré. Essa situação gera um efeito deletério por causa dos agentes agressivos como os ácidos, os sulfatos, o cloro e seus compostos, os nitratos e nitritos que passam a agredir os perfis metálicos que

compõem as estacas.

Basicamente para que ocorra a corrosão das estacas é necessário que se tenha uma região anódica para corroer, uma área catódica para alimentar a região anterior, um caminho externo composto por uma solução ou eletrólito, uma ligação eletrônica ou caminho interno pelo próprio aço para completar o circuito.

As corrosões das estacas acontecem na superfície do material metálico: na parte anódica do metal ocorre a oxidação e na região catódica ocorre a redução do material. É desenvolvido um potencial elétrico nas áreas anódicas e catódicas, assim fechando um circuito elétrico completo. Existe atualmente, uma grande quantidade de literaturas que indicam que os solos naturais se caracterizam por significativa ausência de oxigênio, de modo que a corrosão do aço fica praticamente nula, ou seja, fatores relacionados ao tipo de solo, drenagem, resistividade elétrica, PH, ou composição química não tem importância considerável no processo de corrosão de estacas metálicas completamente enterradas [7].

Ocorre um processo acentuado e acelerado de corrosão na zona da estaca metálica onde ocorre a variação do nível da água do canal. O grau de agentes agressivos na água tais como sais e cloretos, aceleram de forma muito significativa o processo de corrosão nessa região, pois as moléculas de oxigênio nesta estão muito mais presentes do que na região em as estacas estão aterradas [7].



Figura 14 - Estacas metálicas expostas em área de variação de mares



Figura 15 - Estacas metálicas com grande acúmulo de lixo.

5 Conclusões e Recomendações

5.1 Conclusões

O estudo de caso apresentado neste artigo é uma pequena demonstração da ausência de manutenção, seguida de reforço e reabilitação estrutural, quando necessário. As patologias apresentadas na ponte da Estrada Velha de Água Fria foram em grande parte decorrentes da ausência de manutenção ao longo do tempo e da cultura do setor público, nos âmbitos federal, estaduais e municipais, em não investir em atividades relacionadas à conservação de obras de infraestrutura. É de extrema importância que hajam intervenções de manutenções periódicas pois o custo desse item está diretamente relacionado à urgência com que a intervenção é feita. O custo das obras voltadas para medidas preventivas e corretivas será significativamente menor se essas medidas forem tomadas o quanto antes. Quando uma patologia ou um dano estrutural ocorre, será apenas uma questão de tempo para que o quadro patológico se agrave. Em casos de armaduras expostas, a situação pode ser ainda mais grave, pois a estrutura da obra fica desprotegida dos agentes agressivos presentes no meio ambiente.

Constata-se que as partes estruturais mais danificadas na ponte da Estrada Velha de Água Fria estão localizadas em áreas de maior umidade e variação de nível da água do canal, onde grande é a penetração de agentes agressivos através da porosidade do concreto, possibilitando um ambiente favorável para manifestações patológicas relacionadas à corrosão de armaduras e dos perfis metálicos das estacas da fundação existente. A falta de cobrimento adequado das armaduras na estrutura como um todo e a ausência de proteção das estacas com pintura anticorrosiva ou com o emcamisamento com chapas de aço na fase de construção da ponte, são fatores que influíram consideravelmente no processo de deterioração da obra ao longo do tempo.

É importante ressaltar que não foi possível identificar riscos visíveis de colapso iminente da ponte da Estrada Velha de Água Fria, considerando as limitações da inspeção visual realizada. Também não é possível afirmar que tais riscos não existam.

5.2 Recomendações

5.2.1 Superestrutura e mesoestrutura de concreto

A partir do conhecimento geral sobre as avarias existentes na ponte da Estrada Velha de Água Fria é possível apresentar algumas recomendações para solucionar o quadro patológico existente que, no caso da estrutura de concreto deverão constar de serviços de recuperação e reforço estrutural.

Para início dos serviços de recuperação estrutural,

faz-se necessário a montagem do canteiro de obras e ligações provisórias. Após esta etapa concluída, inicia-se a montagem da plataforma de trabalho, fixada, no fundo do tabuleiro da ponte, para possibilitar a execução manual ou mecânica da superfície do concreto; após esta etapa, inicia-se o processo de jateamento com água das áreas apicoadas, retirando todo o resíduo de poeira da superfície e garantindo uma qualidade superior para a aderência entre concreto velho e novo.

Para recuperar a calçada deve ser feita a substituição do solo existente por um material importado CBR>10%. Esse material deve ser devidamente compactado em camadas não superiores a 20 cm. O descarte adequado dos entulhos provenientes de todas as etapas da reabilitação estrutural da ponte devem seguir todo o processo ambiental e legal

É necessário fazer uma avaliação técnica das armaduras corroídas e do concreto da ponte. Ensaios de carbonatação e extração de testemunhos de concreto serão de grande valia nesse sentido. Após a coleta dos dados e rompimento dos corpos de prova, as informações serão fundamentais para que o engenheiro estrutural faça o projeto de reabilitação estrutural da ponte. Também deve ser feita a avaliação das armaduras que foram possivelmente danificadas ou rompidas pelas fixações das tubulações pelas companhias de água, de telefonia, etc, pelo fato de tais aberturas terem sido fixadas sem nenhum tipo planejamento.

Não foram observadas juntas de dilatação na faixa de rolamento da ponte; talvez seja necessário a execução de lábios poliméricos e selantes para caracterizar efetivamente uma junta, inclusive para efeito de vedação, pois não foram identificados dispositivos para a drenagem do tabuleiro, como é o caso dos drenos recomendados pelo DER e DNIT, implantados nos bordos do tabuleiro com um espaçamento mínimo da ordem de 3 m.

5.2.2 Fundações em estacas metálicas.

Para a análise das fundações, a primeira providência a ser tomada deverá ser uma inspeção nas estacas metálicas de modo a avaliar a integridade estrutural das mesmas. É necessário avaliar o grau de corrosão em que as estacas se encontra, realizar testes de integridade e a perda de seção transversal. Caso as estacas não atendam aos requisitos mínimos definidos nas normas e não tenham mais a capacidade de carga exigida, deve ser feito reforço de fundação com a cravação de novas estacas ao lado das existentes e por último, executar blocos de emcamisamentos, envolvendo os blocos existentes. Essa solução é a mais apropriada diante da impossibilidade técnica de aplicar pintura anticorrosiva ou fazer jaquetamento nas estacas existentes. A cravação de novas estacas de reforço, proporcionará uma nova distribuição das cargas da ponte no estaqueamento de modo a transmitir

cargas menores e compatíveis com a capacidade resistente das estacas existentes. O tipo de estaca a ser utilizado para o reforço será definido pelo projetista estrutural e deverá considerar as peculiaridades inerentes a ponte estudada.

É importante ressaltar que as estacas estão em zona de variação do nível da água do canal e nessa região existe a presença de umidade e oxigênio, fatores esses que são favoráveis à corrosão. Também é importante destacar que para atingir valores significativos relacionados a corrosão a UR do ar deve ser superior a 80% com temperatura acima de 0°C. A cidade de Recife apresenta valores muito próximos a estes.

A NBR 8800/2008 classifica o caso das exposições das estacas da ponte da Estrada Velha de Água Fria como C5-I muito alta (áreas industriais com alta umidade e atmosfera agressiva). É sabido que as patologias relacionadas à corrosão em estacas são gravíssimas, pois é a infraestrutura que absorve os esforços e cargas provenientes da superestrutura e pode, portanto, em situações limites, vir a ocasionar o colapso da ponte. Por isso, uma análise rigorosa do estaqueamento existente, seguida das providências apropriadas para a correção dos danos observados, representa, sem dúvida, a mais importante recomendação deste texto.

5.2.3 Plano de Vistorias e Manutenção

A última versão da norma NBR 9452/ 2016-Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento, começou a vigorar em 08.04.2016 e especifica os requisitos exigíveis para a realização de inspeção de pontes, viadutos e passarelas [8]. Com base nos procedimentos adotados pela referida norma, será possível estabelecer critérios para a manutenção, seja preventiva ou corretiva, sempre associado a um plano de gestão mais abrangentes das Obras de Arte Especiais onde a ponte estudada está inserida. Nesse sentido, deve-se elaborar um plano de manutenção periódica da ponte, com o planejamento, periodicidade e roteiro de vistorias, que devem fornecer todas as informações relevantes que deverão incluir toda a documentação existente sobre a ponte como o projeto e um relatório final. Todos os dados relacionados à superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura da ponte, devem constar nas fichas da inspeção da obra, de modo a formar um cadastro que será utilizado ao longo de toda a vida útil da estrutura. No caso da cidade do Recife, onde está situada a ponte estudada neste artigo, faz-se necessário que sejam tomadas medidas urgentes relacionadas à implantação de um plano de gestão das pontes e viadutos que fazem parte da malha viária municipal. O plano deverá conter itens como vistorias periódicas, qualificação de equipe técnica, cadastro de obras, atualização de cadastro de pontes, e dotação orçamentaria para os serviços de manutenção e recuperação.

Se todos esses procedimentos de gestão da manutenção forem implantados, os índices de recuperações urgentes das estruturas das pontes vão reduzir consideravelmente e, em alguns casos, tais intervenções talvez sejam minimizadas ou até não necessárias. Um resultado imediato será o aumento da vida útil das estruturas e a redução dos transtornos causados com interdições parciais ou totais de pontes para a realização dos serviços de recuperação que sempre acarretam mudanças na rotina da população que utiliza tais equipamentos públicos. Porém, o maior ganho será garantir que o patrimônio construído da cidade seja devidamente preservado de modo a melhorar a mobilidade urbana e a segurança da população que usa diariamente os equipamentos públicos.

Este artigo, mesmo se tratando de um trabalho acadêmico, tem também, a intenção de contribuir para a melhoria da conservação das Obras de Arte Especiais da cidade do Recife por meio das análises e recomendações que fazem parte do texto.

Referências

- [1] A.J. Bogo. Limitações quanto aos parâmetros de desempenho térmico e estratégias bioclimáticas recomendadas pela norma brasileira de desempenho térmico de habitações de interesse social. <http://www.usp.br/nutau/CD/30.pdf>, Mar. 2005.
- [2] Bridge Engineering Handbook: *Construction and Maintenance*. 2 ed. Nova York: CRC Press, 2014.
- [3] Sinaenco. *Infraestrutura de Pernambuco: Prazo de validade vencido*. www.sinaenco.com.br.
- [4] M.H. F. de Medeiros. J.J. O. Andrade. P. Helene. Durabilidade e vida útil das estruturas de concreto. In: C. C. Isaia (ed). *Concreto: Ciência e Tecnologia*. IBRACOM, 2011.
- [5] A. Vitório. *Pontes rodoviárias: Fundamentos, conservação e gestão*. Recife: CREA-PE, 2002.
- [6] R.C. Lins. Alguns aspectos originais do sítio urbano do Recife. In: L. Jatobá (org.). *Estudos nordestinos sobre o crescimento urbano*. Recife: Fundaj. Página 343, 1987.
- [7] N.R. Beckwith. *Corrosion Test Programme of Steel Piles in River Murray Swamp Land South Australia*. Engineering and Water Supply Dept. South Australia: 1979.
- [8] ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 9452: Vistorias de Pontes e Viadutos de Concreto*, 2016.

Análise das Atuais Condições Funcionais e Estruturais da Ponte Getúlio Vargas, na Rodovia PE-35

Title: Analysis of current conditions functional and structural bridge Getúlio Vargas in highway PE- 35

Vera dos Santos Fragoso

Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
vera.santosfragoso@gmail.com

José Afonso Pereira Vitorio

Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
afonsovitorio@gmail.com

Resumo

O Presente trabalho tem como objetivo identificar e descrever os problemas observados na estrutura da Ponte Getúlio Vargas, também conhecida como ponte de Itamaracá, localizada entre o município de Itapissuma e o município de Itamaracá/ PE; a qual, apresenta vários trechos do passeio totalmente destruídos, inclusive o guarda – corpo, causando grandes riscos para os pedestres que ali transitam,. Também foram identificados diversos outros problemas de natureza funcional e estrutural, que necessitam ser corrigidos para garantir as condições apropriadas de segurança para os usuários. Nesse sentido, este projeto de pesquisa tem o objetivo de analisar as manifestações patológicas existentes na estrutura da ponte Getúlio Vargas, e recomendar as alternativas mais apropriadas para a correção de tais patologias visando o restabelecimento das suas adequadas condições de segurança e funcionalidade.

Palavras-Chave: *Estrutura, patologia, recuperação, segurança, funcionalidade.*

Abstract

The present study aims to identify and describe the problems observed in the bridge structure Getulio Vargas, also known as a bridge to Itamaracá, located between the city of Itapissuma and the municipality of Itamaracá / PE; which presents several parts of the totally destroyed tour, including the guard - body, causing great risk to pedestrians pass there,. They were also identified several other problems of functional and structural nature that need to be corrected to ensure appropriate security conditions for users. In this sense, this research project aims to analyze the pathological manifesta-tions existing in Getulio Vargas bridge structure, and recommend the most appropriate alternatives for the correction of such conditions aimed at restoring its appropriate safety and functionality.

Keywords: *Structure , pathology, recovery, security , functionality*

1 Introdução

A Ponte Getúlio Vargas é uma obra de grande importância para o estado de Pernambuco, pelo fato de representar a única ligação rodoviária entre a ilha de Itamaracá e o Continente. Por se tratar de uma ponte muito antiga, localizada em uma zona de alta agressividade ambiental, submetida a precárias condições de uso e sem passar por manutenções ao longo de décadas, apresenta atualmente um avançado estado de deterioração estrutural que poderá levá-la à ruína, caso não sejam realizadas intervenções de recuperação e reforço. Nesse sentido, este trabalho tem a finalidade de identificar os principais danos estruturais e as manifestações patológicas atualmente existentes, realizando as análises das informações obtidas e diagnosticando as avarias observadas, de modo a contribuir, por meio das conclusões e recomendações do textuais, para o restabelecimento das condições estruturais e funcionais adequadas através da correção dos danos observados, garantindo ainda uma maior durabilidade. O trabalho também propõe a elaboração de um plano de manutenção para garantir um melhor desempenho dos serviços de recuperação e reforço que venham a ser executados.

2 Metodologia

O estudo adotou como metodologia a realização de observações visuais por meio das vistorias, que permitiram a coleta das informações necessárias para identificar e diagnosticar os danos existentes na estrutura com base nos conceitos da literatura técnica sobre o tema. Em seguida os dados obtidos através das respectivas análises foram ordenados e transformados no relatório técnico que compõe este texto.

3 Principais conceitos bibliográficos utilizados

A seguir são apresentados de forma resumida os conceitos mais usualmente encontrados na literatura técnica que são diretamente relacionados aos fenômenos observados na ponte objeto deste estudo.

3.1 Manifestações Patológicas

A manifestação patológica nas obras civis tem de modo geral as seguintes origens:

- *Congênita* – Fase de projeto;
- *Construtiva*- Fase de execução;
- *Adquirida*- Agressividade ambiental e outros fenômenos;
- *Acidental*- Fenômenos atípicos.

Como qualquer outro tipo de estrutura, as pontes também estão sujeitas a desgastes, sejam pelo tempo de existência ou mesmo pelas intempéries provocadas pelo meio ambiente. Em estruturas de concreto é possível identificar inúmeras manifestações patológicas, das quais algumas são a seguir elencadas como as mais comuns nas estruturas de pontes de concreto:

3.1.1 Corrosão das armaduras

A manifestação da corrosão em armaduras de estrutura de concreto pode ser observada através de manchas superficiais, expansão, fissuração e destacamento do revestimento, perda de aderência e de redução da seção da armadura e, numa situação limite, do colapso da peça.

A corrosão pode ser definida como a interação destrutiva de um material com o meio ambiente, seja por ação física, química, eletroquímica, ou a combinação destas. Como ações físicas características podem-se citar os fenômenos de erosão e cavitação; como ação eletroquímica típica a maioria dos processos corrosivos de metais em meio aquosos e como químicas as reações de expansão e de lixiviação dos compostos hidratados da pasta de cimento Portland em argamassas [1].

3.1.2 Fissuras

As fissuras podem ser consideradas como a manifestação patológica característica das estruturas de concreto, sendo mesmo o dano de ocorrência mais comum e aquele que mais chama a atenção dos leigos, proprietários e usuários, para o fato de que algo de anormal está a acontecer.

É interessante observar, no entanto, que a caracterização desse fenômeno como deficiência estrutural dependerá sempre da origem, intensidade e magnitude do quadro de fissuração existente, posto que o concreto, por ser material com baixa resistência à tração, fissurará por natureza, sempre que as tensões trativas, que podem ser instaladas pelos mais diversos motivos, superarem a sua resistência última à tração.

Assim, um processo de fissuramento pode, quando anômalo, instalar-se em uma estrutura como consequência da atuação das mais diversas causas, intrínsecas ou extrínsecas, e, para que se consiga identificar com precisão as causas e efeitos é necessário desenvolver análises consistentes, que incluam a mais correta determinação da configuração das fissuras, bem como da abertura - e de sua variação ao longo do tempo —, da extensão e da profundidade das mesmas.

De acordo com a NBR 6118/2014, a abertura máxima característica das fissuras, desde que não exceda valores da ordem de 0,2mm a 0,4mm sob ação das combinações

frequentes não tem importância significativa na corrosão das armaduras passivas.

A referida norma define os valores-limites da abertura das fissuras em função das classes de agressividade ambiental e do tipo de concreto estrutural estabelecendo com isso as exigências de durabilidade da estrutura.

Ao analisar uma estrutura de concreto que esteja fissurada, os primeiros passos a serem dados consistem na elaboração do mapeamento das fissuras e em sua classificação, que vem a ser a definição da atividade ou não das mesmas (uma fissura é dita ativa, ou viva, quando a causa responsável por sua geração ainda atua sobre a estrutura, sendo passiva, ou estável, sempre que sua causa tenha deixado de existir) [1].

As fissuras passivas, portanto estabilizam-se devido ao cessamento da causa que as geraram, como é o caso das fissuras de retração hidráulica ou das provocadas por um recalque diferencial de fundação que esteja estabilizado. As fissuras ativas por sua vez são produzidas por ações de magnitude variáveis que provocam deformações também variáveis no concreto. É o caso das fissuras de origem térmica e das de flexão causadas por ações dinâmicas.

3.1.3 Deslocamento do concreto

O deslocamento do concreto deve-se à armadura desprotegida, que no processo corrosivo expande e gera tensões no interior do concreto, que inicialmente fissura e posteriormente desprende-se da estrutura [3].

3.1.4 Eflorescência

Esse fenômeno manifesta-se quando as águas puras com pouco ou nenhum íon de cálcio entram em contato com a pasta de cimento, dissolvendo o hidróxido de cálcio. O hidróxido de cálcio dissolvido reage com o dióxido de carbono do ar para formar carbonato de cálcio insolúvel na superfície do concreto.

A eflorescência caracteriza-se por apresentar manchas esbranquiçadas ocasionadas pela precipitação de carbonato de cálcio na superfície do concreto, devido à evaporação da água que contém o hidróxido dissolvido[2].

3.1.5 Carbonatação

Uma das causas mais frequentes da corrosão em estruturas de concreto armado - a carbonatação - é a transformação do hidróxido de cálcio, com alto PH, em carbonato de cálcio, que tem um PH mais neutro.

A perda de PH do concreto representa um problema, pois em seu ambiente alcalino - PH variando de 12 a 13 - as armaduras estão protegidas da corrosão, mas, abaixo de 9,5, tem-se o início do processo de formação de células eletroquímicas de corrosão, começando a surgir, depois de algum tempo, fissuras e desprendimentos da ca-

mada de cobrimento.

A existência de umidade no concreto influencia bastante o avanço da carbonatação. Outros fatores que também contribuem para que o fenômeno se desenvolva com mais rapidez são: a quantidade de CO₂ do meio ambiente, a permeabilidade do concreto e a existência de fissuras [3].

3.1.6 Desagregação

É a deterioração, por separação de partes do concreto, provocada, em geral, pela expansão devido à oxidação ou dilatação das armaduras, e também pelo aumento de volume do concreto quando este absorve água. Pode ocorrer também devido às movimentações estruturais e choques [3].

3.1.7 Lixiviação

A lixiviação do concreto é um fenômeno que consiste na dissolução e carreamento dos compostos hidratados da pasta de cimento pela ação de águas, sejam puras, agressivas, ácidas ou de outro tipo. A lixiviação causa fissuração no concreto que pode ser minimizada com mecanismos de restrição à infiltração nas estruturas.

3.2 Durabilidade e vida útil

As estruturas de concreto são obras de grande durabilidade, e sua vida útil vai depender da periodicidade da manutenção. De acordo com a NBR 6118/2014 - a Vida Útil consiste no período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, sem intervenções significativas, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, bem como os reparos necessários decorrentes de danos acidentais. O conhecimento profundo das causas geradoras dos defeitos em uma estrutura é pré-requisito fundamental para a definição do melhor tipo de intervenção que venha garantir a sua recuperação e funcionalidade com maior vida útil.

4 Estudo de caso

4.1 Descrição da ponte Getúlio Vargas

A ponte Getúlio Vargas, que faz a ligação rodoviária entre a Ilha de Itamaracá e o Continente, foi inaugurada no ano de 1939, com as seguintes dimensões: 5,50m de largura e 372,40m de comprimento, dividido em 17 vãos intermediários de 20m e dois vãos extremos de 16,20m. No ano de 1995 foi realizado pelo DER uma intervenção de reforço e recuperação na estrutura, acrescentando à obra o alargamento do tabuleiro, onde a faixa de rolamento passou a ter 7,20m, com dois passeios laterais para pedestres medindo 1,15m. As figuras 1 e 2 mostram duas vistas panorâmicas da ponte [4].



Figura 1 - Vista geral da ponte.



Figura 2 - Vista geral da ponte.

Originalmente a ponte é composta por superestrutura de concreto cuja laje é apoiada em duas vigas principais de concreto armado; a mesoestrutura é composta por travessas e pilares de concreto. Os encontros são de alvenaria de pedras. As fundações são do tipo profundo, em estacas de concreto. Os aterros de acesso tem extensão de 727,00m com taludes protegidos por enrocamentos laterais de altura superior à maré máxima. O alargamento do tabuleiro foi feito com a utilização de vigas pré-moldadas de concreto protendido, que recebem as cargas dos passeios de pedestres por meio de placas pré-moldadas de concreto armado e as transferem para as travessas apoiadas nos pilares reforçados. O acréscimo de cargas causado pelo alargamento implicou na necessidade de reforçar as fundações com a cravação de novas estacas e a execução de novos blocos de coroamento[3].



Figura 3- Detalhe do alargamento para implantação dos passeios.

Para a construção dos novos guarda-corpos da obra de alargamento, foram utilizadas peças pré-moldadas de concreto convencional. O alargamento da ponte está mostrado na Figura 3, onde podem ser observados os guarda-corpos e as placas pré-moldadas em um dos lados da obra.

4.2 Principais danos e manifestações patológicas existentes

4.2.1 Na Superestrutura

A superestrutura, ou tabuleiro, recebe diretamente as cargas provenientes do tráfego dos veículos e dos pedestres, transmitindo-as à mesoestrutura.

Na superestrutura foram observados grandes danos e manifestações patológicas como: juntas de dilatação danificadas, com desgastes e destruição dos selantes e dos lábios poliméricos; superfície inferior do tabuleiro apresentando estágio avançado de deteriorização estrutural, caracterizado pelo elevado nível de corrosão das armaduras das vigas pré-moldadas dos passeios de pedestres. Os consoles transversais que servem de apoio às placas pré-moldadas dos passeios também estão muito deteriorados. As placas pré-moldadas e os guarda-corpos dos passeios estão em estado de ruína com as armaduras rompidas e o concreto destruído. A situação é mais crítica do lado direito da ponte (sentido Itapissuma-Itamaracá) que está mais exposta aos ventos com elevado teor de cloretos. Para possibilitar ao tráfego de pedestres nos locais mais críticos foram colocadas tábuas em substituição às placas a guarda-corpos destruídos, fato esse que se constitui em uma solução paliativa que não elimina os riscos aos usuários.

Os danos também atingem o pavimento de CBUQ que apresenta fissuras em diversos trechos. A calçada existente na ligação entre a ponte e o aterro de acesso do lado de Itamaracá, também está com avarias que incluem abatimentos e desníveis, dificultando a passagem de pedestres. Todos esses problemas estão ilustrados nas figuras 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13.



Figura 4- Danos na pavimentação.



Figura 5 - Desnível na ligação entre a ponte e o aterro, significando também uma situação de risco aos pedestres.



Figura 6 - Armaduras destruídas nas placas do passeio



Figura 7- Tábuas no passeio, assentadas em substituição às placas e guarda-corpos destruídos, caracterizando situação de alto risco para os pedestres.



Figura 8- Parte inferior do passeio e console de apoio das placas pré-moldadas com estrutura em estado de degradação.



Figura 9- Parte inferior do guarda-corpo e console em avançado estado de deterioração.



Figura 10 - Placas pré-moldadas em balanço com estrutura completamente degradada e console comprometido.



Figura 11- Vista lateral do console e bloco de coroamento.



Figura 12- Ausência da tampa da caixa de inspeção da fiação elétrica, representando situação de risco aos pedestres.



Figura 13 - Oxidação de armaduras e deslocamento do concreto nas longarinas originais

4.2.2 Na Mesoestrutura

A mesoestrutura, cuja função é receber as cargas da superestrutura e transmiti-las para as fundações, é constituída pelos pilares, travessas, encontros e aparelhos de apoio[3]. Na mesoestrutura da ponte em estudo foi constatado um estágio avançado de deterioração caracterizado pela fissuração, corrosão das armaduras e deslocamento do concreto das travessas e pilares nos quais também foi observada grande incrustação de moluscos conforme pode ser visto na Figura 14.



Figura 14- Oxidação de armaduras de pilares em estado avançado, com deslocamento do concreto. Grande incrustação de moluscos no trecho de variação da maré

O fato de grande parte das superfícies dos elementos estruturais estarem diretamente expostos ao contato com a água em região de variação de maré e aos demais elementos agressivos, como é o caso dos moluscos, contribuiu decisivamente para a instalação de diversas manifestações patológicas, destacando-se as acentuadas fissuras nas travessas, que pela morfologia indicam ser originadas pela expansão das armaduras durante o processo de oxidação, expulsando o concreto do cobrimento, conforme a Figura 15. Determinadas travessas dos apoios dos passeios de pedestres apresentam uma situação bastante crítica, do ponto de vista da corrosão das armaduras e da destruição do concreto nas faces inferiores, como pode ser constatado na Figura 16.



Figura 15- Fissuras nas travessas causadas pela expansão de armaduras.



Figura 16- Travessas de apoio dos passeios de pedestres, com avançado estado de corrosão de armaduras e deslocamento do concreto.

Nos trechos centrais das travessas e nos topos de grande parte dos pilares sobre os quais elas se apoiam foram observadas fissuras com características de cisalhamento (nas travessas) conforme a Figura 17 e um quadro fissuratório bem intenso, com aparência de esmagamento do concreto no topo dos pilares, de acordo com a Figura 18. As superfícies dos pilares situadas na faixa de variação das marés apresentam sinais de lixiviação.



Figura 17- Fissuras e deslocamento do concreto nos trechos centrais das travessas



Figura 18- Grandes fissuras, corrosão de armaduras e sinais de lixiviação nos pilares.

4.2.3 Na Infraestrutura

A infraestrutura, ou fundação, tem a finalidade de receber as cargas da estrutura, transmitindo-as para o solo. No caso da ponte objeto deste estudo, sabe-se que as fundações, tanto as originais como quais foram executadas para o alargamento, são do tipo profunda em estacas de concreto, porém não foi possível realizar inspeções para avaliar o grau de integridade das estacas, considerando as limitações deste estudo que se limitou a analisar as partes visíveis da estrutura.

Para inspecionar fundações submersas seria necessário utilizar técnicas especiais com a participação de mergulhadores e de equipamentos apropriados, mas é possível afirmar que não foram identificados sintomas que pudessem caracterizar problemas nas fundações como por exemplo: deslocamentos, desaprumos, fissuras características de recalques diferenciais, etc.

5 Conclusões e Recomendações

5.1 Conclusões

É possível concluir que a situação de maior gravidade está relacionada às placas dos passeios de pedestres pelo alto grau de risco aos usuários. Os consoles de sustentação dos passeios também se encontram com risco de romper e causar graves acidentes com os pedestres.

As longarinas existentes só não implicam em maior risco pela grande robustez, que tem evitado o rompimento delas. As infiltrações generalizadas no tabuleiro podem ter diminuído a resistência do concreto ao longo do tempo. Outro fator que aparenta certa gravidade é a grande quantidade de fissuras e armaduras oxidadas nos pilares e blocos. Essa situação pode ser ainda mais grave por causa da grande incrustação de moluscos, que só após retirados permitirão uma melhor avaliação sobre o grau dos danos causados ao concreto e armaduras desses componentes estruturais.

Um fato importante a ser destacado é que os elementos da estrutura do alargamento do tabuleiro, principalmente as travessas, placas dos passeios, consoles e guarda-corpo, encontram-se mais danificados que os componentes da estrutura original da ponte, que são bem mais antigos. Uma possível explicação é que as peças utilizadas no alargamento sejam bem mais esbeltas e com cobertura que, mesmo de conformidade com as normas da época, são insuficientes para a agressividade ambiental no local da obra.

Diante das atuais condições, fica evidente a necessidade da realização de intervenções urgentes visando à recuperação e reforço da ponte, de modo a estabelecer as condições apropriadas de segurança e funcionalidade. A primeira providência será a elaboração de um projeto executivo de recuperação e reforço estrutural por um profissional devidamente especializado que, além de definir os serviços com as respectivas etapas, também deverá avaliar as condições de estabilidade e segurança estrutural por meio de ensaios e de uma análise numérica, de preferência com o uso de modelos computacionais por elementos finitos. Só então as obras de recuperação e reforço deverão ser iniciadas conforme as recomendações seguintes.

5.2 Recomendações para os Serviços de Recuperação, Reforço e Manutenção

A seguir é apresentado um resumo dos serviços de recuperação e reforço estrutural, recomendados para restabelecer as condições de segurança e estabilidade.

5.2.1 Substituição de todas as placas pré-moldadas e guarda-corpos

Considerando o estado de ruína em que se encontram os guarda-corpos e placas pré-moldadas dos passeios, devem ser totalmente substituídos por novos componentes de concreto com um revestimento de armaduras que atenda a norma atual quanto à classe de agressividade ambiental para evitar que se deteriore precocemente.

5.2.2 Recuperação da pavimentação

Um dos defeitos que ocorrem na pavimentação asfáltica da ponte em estudo são as trincas e fissuras, que pode ter sido causada por execução inadequada, utilização de material de baixa qualidade, ou mesmo o tráfego de veículos muito pesados. Deve ser executada a recuperação asfáltica, proporcionando uma superfície resistente ao tráfego de veículos pesados, obtendo um rolamento suave e uniforme;

5.2.3 Recuperação das fissuras e trincas

- Demolição do concreto no trecho ao longo da fissura ou trinca;
- Limpeza com jato de água do concreto remanes-

cente e das armaduras na região do reparo;

- Aplicação de adesivo epóxi de pega lenta Nitbond EPPL ou similar para aderência entre concreto velho e novo;
- Aplicação de argamassa polimérica à base de cimento;
- Efetuar reforço conforme os detalhes, procedimentos e especificações nos desenhos.

5.2.4 Recuperação das armaduras oxidadas

- Apicoamento da superfície e remoção do concreto deteriorado em torno das armaduras;
- Lixamento ou escovamento para remoção dos produtos de corrosão incrustados nas armaduras;
- Adição de armaduras complementares quando a redução da seção for maior que 10%;
- Aplicação de primer rico em zinco sobre as armaduras nos trechos de reparos;

5.2.5 Recuperação das travessas

- Demolição do concreto do fundo das travessas na espessura de 5 cm, até descobrir a 1ª camada de ferros da armação positiva;
- Jateamento d'água sob pressão nas superfícies a recuperar;
- Execução do concreto projetado.

5.2.6 Recuperação dos pilares após a remoção dos moluscos incrustados

- Demolição do concreto nos trechos de armaduras expostas na espessura de 5 cm, até descobrir as barras da armação longitudinal;
- Jateamento d'água sob pressão nas superfícies a recuperar;
- Colocação das armaduras adicionais indicadas no desenho correspondente;
- Aplicação de concreto projetado.

5.2.7 Plano de Manutenção

Como recomendação final, também é proposto um plano de manutenção que seja baseado em vistorias previstas na Norma NBR-9452/2016- "Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto", conforme detalhamento resumido a seguir:

- **Inspeção Cadastral** - Após a conclusão da obra, instalação ou assim que se integra a um sistema de monitoramento e acompanhamento viário. E sempre que houver alguma alteração na obra como, alargamento, acréscimo de comprimento, reforço e mudança no sistema

estrutural este tipo de inspeção deve ser realizado. Na Inspeção Cadastral deve conter as informações do roteiro básico; registro fotográfico; desenhos esquemáticos da planta do tabuleiro, e das seções típica transversal e longitudinal, com suas respectivas medidas principais; classificação da Obra de Arte Especial (OAE) e demais informações consideradas importantes para a inspeção.

- **Inspeção Rotineira** - Ocorre periodicamente, é uma inspeção visual, com ou sem a utilização de equipamentos e/ou recursos especiais para análise ou acesso, nessa inspeção deve ser verificada a evolução de anomalias já observadas em inspeções anteriores, bem como novas ocorrências, reparos e/ou recuperações efetuadas no período, a inspeção rotineira deve ser realizada em prazo não superior a um ano.

- **Inspeção especial** - Esse tipo de inspeção deve ter uma periodicidade de cinco anos, podendo ser prorrogada até oito anos, desde que se enquadre concomitantemente aos seguintes casos: Obras com classificação de longo prazo e obras com total acesso a seus elementos constituintes na inspeção rotineira. A inspeção especial deve ser bem detalhada e incluso mapeamento gráfico e quantitativo das anomalias de todos os elementos aparentes e/ou acessíveis da OAE, para que seja formulado o diagnóstico e prognóstico da estrutura. Pode ser necessária a utilização de equipamentos especiais para acesso a todos os componentes da estrutura, lateralmente e sob a obra e, se for o caso, internamente, no caso de estruturas celulares.

Para elementos submersos, a inspeção subaquática deve ser realizada conforme orientações contidas na NBR 9452/2016. A vistoria especial deve ser feita antecipadamente quando: A Inspeção anterior indicar uma classificação de intervenção em curto prazo nos seus parâmetros de desempenho estrutural e de durabilidade; e quando forem previstas adequações de grande porte, como alargamentos, prolongamentos, reforços e elevação de classe portanto. O procedimento para a inspeção especial deve seguir o roteiro apresentado na NBR 9452/2016.

- **Inspeção extraordinária** - A inspeção extraordinária é gerada por uma das demandas não programadas, associadas ou não, conforme o que segue: Necessidade de avaliar com mais critério um elemento ou parte da OAE, podendo ou não ser gerada por inspeção anterior, quando há ocorrência de impacto de veículo, trem ou embarcação na obra e quando há ocorrência de eventos da natureza, como inundação, vendaval, sismo e outros. A Inspeção Extraordinária deve ser apresentada em relatório específico, com descrição da obra e identificação das anomalias, incluindo mapeamento, documentação fotográfica e terapia recomendada. Pode ser necessária a utilização de equipamentos especiais para acesso ao elemento ou parte da estrutura

Referências

- [1] Souza, Vicente Custódio de, 1998 - Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto / Vicente Custódio Moreira de Souza e Thomaz Ripper. - São Paulo: Pini.
- [2] Barreto, Eliana Monteiro, 2015 – notas de aula da disciplina, Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto do Curso de Especialização em Inspeção e Recuperação de Estruturas.
- [3] Vitório, José Afonso Pereira, 2002 - Pontes rodoviárias: Fundamentos, Conservação e Gestão
- [4] Vitório, José Afonso Pereira, 2015 - Relatório de Vistoria Técnica – DER

Um Sistema de Baixo Custo para Monitoramento do Consumo de Energia em Casas Inteligentes

Title: A Low-cost System for Energy Consumption Monitoring in Smart Homes

Felipe Nipo Ferreira
Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
fnipo@gmail.com

Carmelo José Albanez Bastos Filho
Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
carmelo.filho@upe.br

Resumo *Motivado pelo cenário atual de desperdício de energia devido à falta de controle no consumo na sociedade, este trabalho propõe um sistema para monitoramento do consumo de eletrodomésticos em casas inteligentes, usando um medidor não invasivo, de baixo custo e fácil instalação. O medidor proposto utiliza o sensor de corrente SCT-013-030, conectado a uma placa Arduino capaz de enviar os dados de consumo via serial. Os testes com o medidor focaram na possibilidade de desagregar o consumo de cada eletrodoméstico, classificando-os através da análise do consumo agregado da casa. Os resultados mostraram que, considerando eletrodomésticos comuns e de alta potência como um refrigerador, um ar-condicionado e um micro-ondas, foi possível extrair padrões dos dados de consumo de cada aparelho, tornando possível a classificação desses eletrodomésticos. O medidor construído pode servir de base para trabalhos futuros que se proponham ao desenvolvimento de sistemas não invasivos de monitoramento de cargas que utilizem técnicas de inteligência computacional para classificação dos eletrodomésticos a partir de seus padrões de consumo.*

Palavras-Chave: *Energy disaggregation, Non-intrusive load monitoring, NILM, NIALM*

Abstract *Driven by the current energy waste scenario due to the lack of energy consumption control in our society, this paper proposes an application for consumption monitoring system for smart homes, using a non-invasive, low-cost, and easy to install energy meter. The proposed meter uses the SCT-013-030 current sensor, connected to an Arduino board capable of sending the consumption data through serial communication. The system assessment is focused on the possibility to infer the appliances uses based on the entire house consumption, classifying them based on the aggregated consumption analysis. The results show, considering conventional high-power devices, such as a refrigerator, an air-conditioner, and a microwave, it is possible to extract patterns on the consumption data for each appliance, allowing the classification of these devices. This system may be used in future researches for the development of non-invasive load monitoring systems based on computational intelligence techniques to classify appliances based on their consumption pattern.*

Keywords: *Energy disaggregation, Non-intrusive load monitoring, NILM, NIALM*

1 Introdução

O mundo todo tem discutido soluções para a crise energética, que passa pelo fato de que o mundo utiliza majoritariamente fontes de energia não renováveis, que vão se esgotar na natureza em algum momento [7]. So-ma-se a isso o fato de que a demanda por energia tem aumentado seguindo o crescimento econômico e a ineficiência dos produtos utilizados [7]. Seguindo essa ten-dência em algum momento no futuro poderá haver um colapso na relação entre produção e demanda de energia, e isso pode acarretar em vários problemas desde grandes retrações econômicas, a guerras por recursos [7,15].

A renovação do sistema energético é tida como uma das mais profundas transições da história da humanidade, comparadas até a descoberta do fogo e do combustível [14]. As discussões em relação a essa renovação passam pelo balanceamento do trilema energético [7] (Figura 1).

Esse trilema ilustra a necessidade de equilibrar três fa-tores para renovar o sistema energético: A segurança, que significa termos estruturas confiáveis, evitando desastres como o ocorrido em Fukushima, e também utilizar fontes que sejam capazes de atender a demanda mundial atual; A equidade, a energia tem que ser disponibilizada a toda população e por um preço acessível; E a sustentabilidade, que implica usar fontes renováveis seguras, com baixa emissão de carbono, e melhorar a eficiência no consumo de energia [7].

No que tange o consumo eficiente, hoje o nosso cená-rio é de desperdício de energia, desde sua produção, pas-sando pelo uso de aparelhos ineficientes, até a falta de controle e educação no consumo da nossa sociedade, não só na indústria, mas também nas casas.

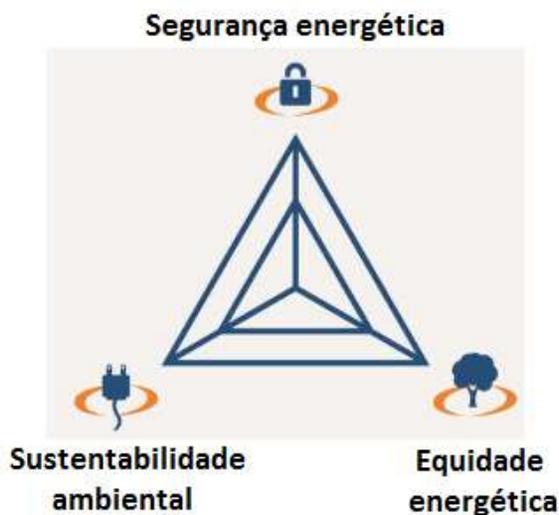


Figura 1: Trilema energético. Extraída de [7]

Ao contrário da crença comum de que a maior parte do consumo de energia na sociedade está relacionada às indústrias, pesquisas mostram que o comportamento cotidiano do ser humano, consumindo energia em casa ou em transporte, chega a 28% do total de energia consumi-da nos Estados Unidos, e a 26% na União Europeia. Em ambientes comerciais, como escritórios, o consumo chega a 40% do consumo de energia total [2].

Apesar de haverem muitas pesquisas com foco na construção de eletrodomésticos de menor consumo, o processo de adoção dessas novas tecnologias pode ser longo e demorado, enquanto as novas casas podem já estar equipadas com esses novos eletrodomésticos, a maioria das casas ainda estará utilizando tecnologias antigas e ineficientes [2].

Assim soluções que visam aumentar a eficiência no consumo de energia com mínimas modificações nas casas podem ter um grande impacto no consumo global. Um problema fundamental para os consumidores domésticos é o de identificar o consumo de cada eletrodoméstico, com esses dados disponíveis seria possível para o consu-midor monitorar e traçar um plano para redução do con-sumo em suas casas, munidos com dados não só em tem-po real, mas em forma de histórico, tendo acesso ao con-sumo também em forma de preço através do cruzamento desses dados com os dados de tarifas da operadora de energia. O consumidor poderia ter acesso a sua conta de energia de uma forma similar às contas de telefones, com valores por eletrodomésticos.

O monitoramento do consumo de energia também tem sido uma abordagem promissora para solucionar um dos principais desafios e tema de pesquisas na área de com-putação ubíqua, que busca mapear o comportamento humano dentro de uma casa com abordagens de baixo custo e de fácil instalação. Isto porque o uso dos eletro-domésticos revela o que as pessoas estão fazendo em uma casa, permitindo essa abordagem também ser útil para construção de modelos preditivos [2].

Além disso, o monitoramento do consumo também pode ser útil para detecção precoce de falhas, alertando o usuário sobre possíveis avarias ou questões de segurança, como, por exemplo, a detecção de arcos elétricos que oferecem um potencial perigo de incêndio [2].

Este trabalho propõe um medidor não intrusivo de baixo custo e mínima instrumentação, utilizado para um sistema de monitoramento não intrusivo de cargas, para identificação dos eletrodomésticos ligados dentro de uma casa, através da extração de características de consumo desses aparelhos. Características espectrais como largura e amplitudes de picos, de vales, e a frequência entre eles, além dos valores de consumo, são utilizados para identi-ficação de uma assinatura para vários eletrodomésticos.

2 Referencial Teórico

2.1 Conceitos

Há duas abordagens para o monitoramento do consumo desagregado de uma casa, onde desagregado significa mapear o consumo por eletrodomésticos. A primeira é através de vários sensores distribuídos pela casa, e a segunda através de um único ponto de sensoriamento. Essa diferença básica entre essas duas abordagens impacta na complexidade do software, na facilidade de instalação, no custo do produto, e na precisão da medição [2].

Através da abordagem com sensores distribuídos, é possível obter uma maior precisão no consumo, porém requerendo um custo de instalação e manutenção muito elevado. Muitas vezes é necessário instalar um sensor para cada eletrodoméstico, onde cada um pode custar entre US\$ 30 e US\$ 100, sendo necessário ainda um dispositivo central sem fio para centralizar os dados, levando esses sistemas a um custo final da ordem de milhares de dólares. Em consequência da utilização de um sensor ou dispositivo por eletrodoméstico, essas abordagens adicionalmente oferecem a possibilidade de atuar e controlar esses eletrodomésticos, permitindo ligá-los e desligá-los remotamente [2].

Sistemas de monitoramento não intrusivos de carga, ou NILM (Non Intrusive Load Monitoring), foram idealizados por Hart [5] e veem sendo estudados desde então com a proposta de utilizar um único ponto de sensoriamento buscando prover a mesma precisão de informação obtida através do sensoriamento distribuído, porém utilizando apenas um único e sofisticado sensor, explorando softwares complexos para inferir e desagregar o consumo de cada eletrodoméstico a partir do consumo total da casa [2].

Hart [5] afirma que é possível classificar os eletrodomésticos em três tipos: Ligado/Desligado, que só possuem um estado de funcionamento enquanto ligados, como uma sanduicheira; Máquina de estados finita, que possuem vários estados de funcionamento, como uma máquina de lavar; E a Máquina de estados infinita, que varia o nível de consumo de acordo com alguma configuração de velocidade ou intensidade, como os amplificadores de áudio ou máquinas de costura. A Figura 2 ilustra os diferentes tipos de eletrodomésticos, com seus estados e transições de funcionamento: A Figura 2(A) representa um eletrodoméstico do tipo Ligado/Desligado, como uma sanduicheira; A Figura 2(B) ilustra uma máquina de estados finita de uma geladeira com função de descongelar; E a Figura 2(C) ilustra uma máquina de estados infinita de um amplificador, com vários estados de volumes.

A assinatura de um eletrodoméstico é a essência de sistemas de monitoramento não intrusivos de carga, essa assinatura pode ser definida como um conjunto de parâmetros que indicam a natureza ou estado de funcionamento de uma determinada carga [5].

Segundo Hart [5], essa assinatura pode ser gerada a partir de várias características elétricas extraídas a partir de diferentes objetos de análise, como mostra a Figura 3. Basicamente, considerando meios não intrusivos, é possível analisar o comportamento dos aparelhos pelos: Eventos de transição, ou seja, entre os estados de ligado e desligado, e vice-versa, além de transições entre os estados de funcionamento (Ver Figura 4); E pelo consumo regular.

No que diz respeito às transições, é possível extrair padrões analisando características como o formato, a amplitude, e a duração da onda, além da identificação de constantes de tempo. Na análise do consumo regular, é

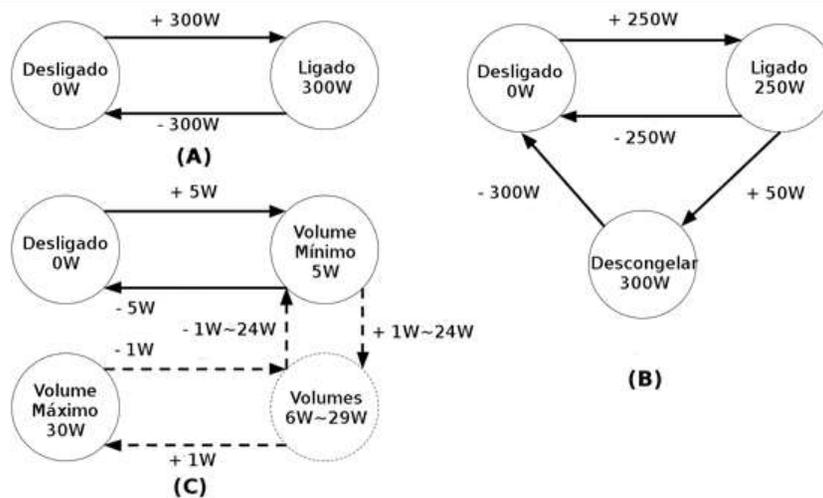


Figura 2: Tipos de eletrodomésticos. Extraída de [5]

possível extrair padrões analisando características como: A frequência fundamental da potência, da corrente, e da admitância; A frequência da corrente dos harmônicos

gerados pelos aparelhos, que é particularmente importante para identificar pequenos aparelhos, o qual é difícil de distinguir; E o consumo em corrente [5].

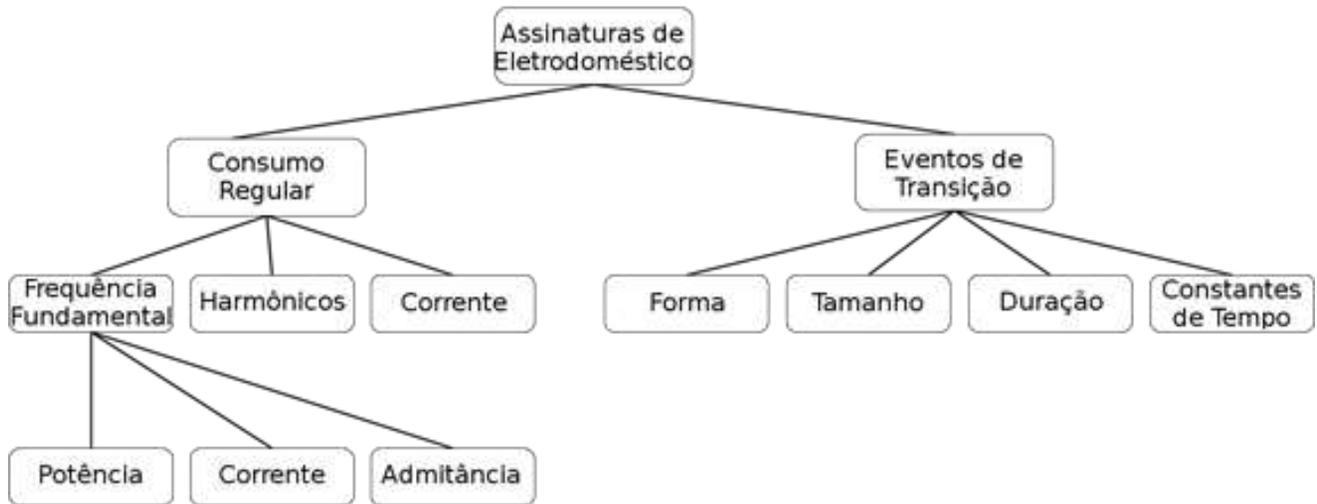


Figura 3: Parâmetros que formam a assinatura de um eletrodoméstico. Extraída de [5]

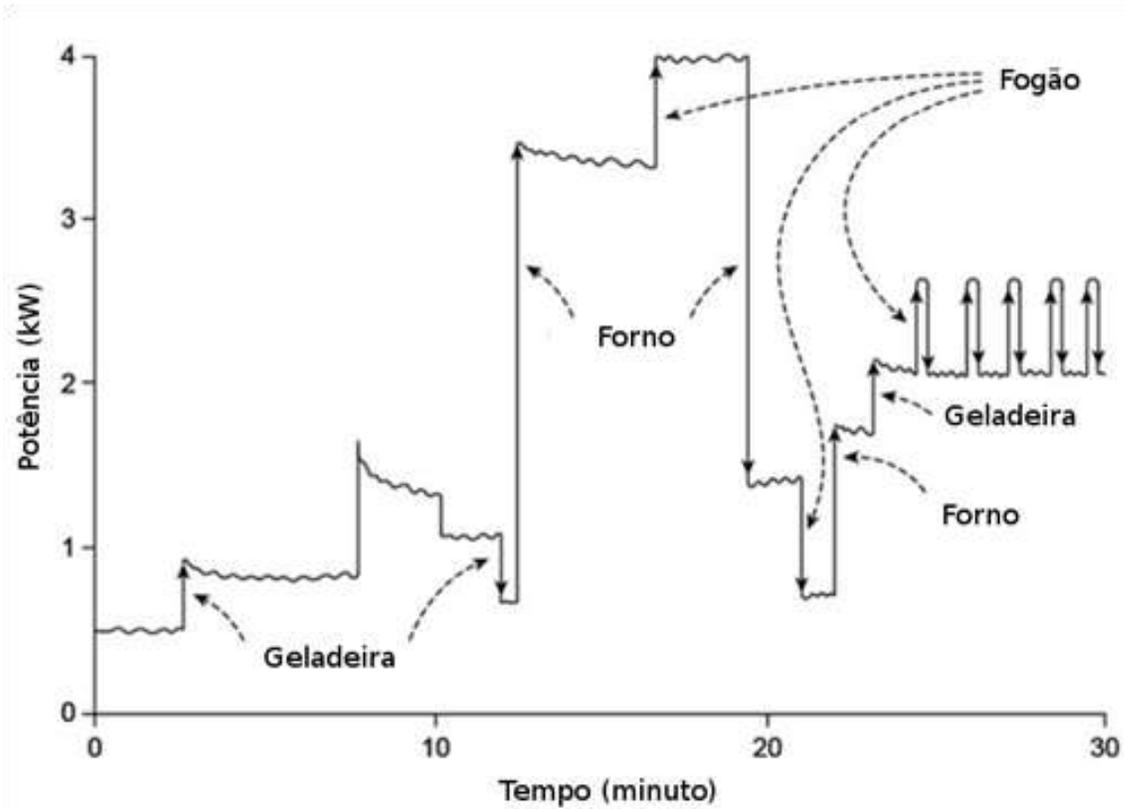


Figura 4: Eventos de transição. Extraída de [5]

De acordo com Laughman, Kwangduk, Cox e Shaw [4], uma das vantagens da análise das transições é que essa técnica permite a identificação rápida quando um aparelho é ligado, porém o mesmo não é válido para quando um aparelho é desligado. Hart [5] cita esse problema em seu trabalho, afirmando que a maioria dos eletrodomésticos não possui um comportamento característico quando são desligados, dificultando a identificação desses por meio da análise das transições. Laughman, Kwangduk, Cox e Shaw [4], ainda levantam outro problema em relação à análise das transições, afirmando que essas podem ter menos sucesso em redes com muito ruído ou oscilações periódicas, mascarando os eventos de transições.

Ainda segundo Laughman e colaboradores [4], o comportamento da carga nos eventos de transição estão intimamente relacionados à sua construção física. As transições de um computador pessoal, são diferentes de uma lâmpada incandescente porque o comportamento energético nos capacitores de uma fonte de computador é fundamentalmente diferente do aquecimento do filamento de uma lâmpada, o que contribui para que os padrões sejam característicos para cada eletrodoméstico.

Além disso, segundo Leeb, Shaw e Kirtley [3], outra vantagem da análise de transições é que a maioria dos padrões de transição tende a ser preservados mesmo em aparelhos que usam moduladores de ondas ou corretores do fator de potência. Isso permite que esses sistemas sejam usados também em ambientes industriais e comerciais onde há muitos esforços desse tipo para estabilizar o consumo das cargas.

Laughman e colaboradores [4] concluem em seu trabalho que é possível obter uma melhor precisão em sistemas de monitoramento não intrusivos de carga, ao combinar a análise do consumo regular e dos eventos de transições.

2.2 Trabalhos Relacionados

Hart [5] construiu um sistema de monitoramento não intrusivo de cargas, utilizando um único sensor, baseado apenas na análise do consumo regular, considerando apenas eletrodomésticos do tipo Ligado/Desligado, e foi capaz de identificar os principais eletrodomésticos em quase todas as situações e casas testadas.

O trabalho de Nikolaev *et al.* [6], propõe uma abordagem baseada na análise dos eventos de transição, utilizando um único ponto de sensoriamento, usando essas informações para treinar uma rede neural. Os autores concluíram que o sistema foi capaz de reconhecer a maioria dos eletrodomésticos que representam a maior parcela da conta de luz, mesmo havendo a presença de distúrbios na rede, como variações de tensão e harmônicos.

O EletricSense é um sistema NILM, utilizando um único sensor, e baseia sua análise nas fortes interferências eletromagnéticas geradas ao ligar os eletrodomésticos. O EletricSense conseguiu uma precisão de 93,82% na detecção e identificação dos eletrodomésticos ligados [2].

Valchev, Marinov e Dimitrova [1] apresentam uma abordagem para medição de consumo de uma casa adicionando a cada eletrodoméstico um sensor não invasivo e que não necessita de alimentação, sendo capaz de gerar durante a medição energia suficiente para o sensoriamento e envio dos dados via rede sem fio para um dispositivo central.

3 Metodologia

Esta seção apresenta os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho com o objetivo de construir um medidor não intrusivo para monitoração do consumo de uma casa. A construção desse medidor visou a futura transformação do mesmo em um produto, levando em consideração aspectos como custo e facilidade de instalação.

Em linhas gerais, esta pesquisa é de natureza aplicada, com uma abordagem quantitativa, objetivos descritivos e usando procedimentos experimentais. Esta monografia é uma pesquisa aplicada, pois, segundo Silva e Menezes [8], essa pesquisa gera conhecimentos práticos para solução de problemas específicos; Quantitativa, pois traduz as informações em números para classificação e análise; Descritiva, pois descreve características de determinado fenômeno e estabelece relações entre variáveis, usando técnicas padronizadas para coleta de dados; E Experimental, pois seleciona as variáveis que influenciam o objeto de estudo, e define as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto. Em outras palavras, o ponto básico do procedimento experimental é a realização do experimento, que atua sobre o objeto de estudo, dentro de um ambiente controlado.

Como informação adicional para esta monografia, vale ressaltar que o levantamento bibliográfico para o referencial teórico foi realizado através de uma busca abrangente por títulos que abordam a redução do consumo de energia em casas inteligentes através de sistemas não intrusivos de monitoramento de cargas, incluindo artigos das principais bibliotecas digitais, como IEEE e ACM.

A organização desta monografia buscou a construção um medidor não intrusivo de baixo custo e fácil instalação, para depois apresentar e discutir os resultados obtidos sobre o consumo. Esse medidor foi construído utilizando apenas um único sensor que pode ser acoplado ao quadro de distribuição de energia para monitoração do

consumo total de uma casa, ou sendo acoplado a uma tomada ou eletrodoméstico para análise isolada de uma carga. Os testes realizados visaram analisar a possibilidade de identificação de padrões e classificação dos eletrodomésticos baseando-se em dados de consumo coletados através do medidor construído neste trabalho.

3.1 Medidor

Foi utilizado um sensor de corrente alternada baseado no transformador de corrente SCT-013-030 fabricado pela YHDC, que é um sensor não invasivo capaz de transformar correntes de até 30A em sinais de pequena amplitude, entre 0 e 50 mV, com uma margem de erro de 300mA na medição. Esse sensor além de ser de baixo custo, em torno de US\$ 6, permite fácil instalação do sistema, sendo necessário apenas acoplar o sensor em torno do fio. Esse sensor serve de base em sistemas de monitoramento de energia como o Open Energy Monitor [11].

Para leitura do sensor no Arduino foi preciso construir um circuito, apresentado na Figura 5, com a conexão do sensor ao Arduino ilustrado na Figura 6. Esse circuito utiliza um resistor de carga de $22\ \Omega$ para o sensor, devido a esse não possuir resistor de carga interno. Além disso, o circuito utiliza polarização de corrente contínua, adicionando um ganho de 2,5 V para adequar a saída do circuito a entrada analógica do Arduino, para isso utilizando um divisor de tensão com dois resistores de $10\ k\Omega$ e um capacitor de $10\ \mu F$.

Foi utilizada uma placa Arduino UNO R3 como unidade de processamento dos dados advindos do sensor e funcionando como interface de comunicação para obter os dados e apresentar com gráficos de consumo em um software para PC. O Arduino é uma plataforma adequada para prototipação rápida e provas de conceito, baseada no micro controlador ATMEGA16U2, operando a 16 MHz, e contando com conversores analógicos digitais, ou ADC, utilizado neste projeto. Além disso, essa placa contém conversor USB-serial, com saída USB permitindo comunicação serial com um PC [9].

O firmware construído para Arduino contempla a configuração e leitura do sensor através do ADC1 pelo pino A1, além da configuração da comunicação serial para envio dos dados ao software para o PC a cada 500 milissegundos, gerando uma taxa de amostragem de 2 amostras/segundo. O firmware utiliza a biblioteca EmonLib [12] para interação com o sensor, e foi construído baseando-se no estudo do funcionamento do firmware "emonTxV3_DirectSerial" do OpenEnergyMonitor [13]. Os dados de consumo são enviados via comunicação serial a um software em PC.

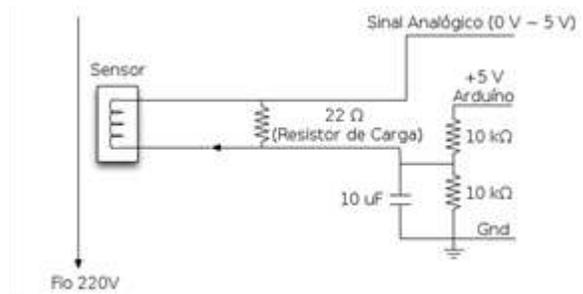


Figura 5: Circuito para conexão do sensor ao Arduino.

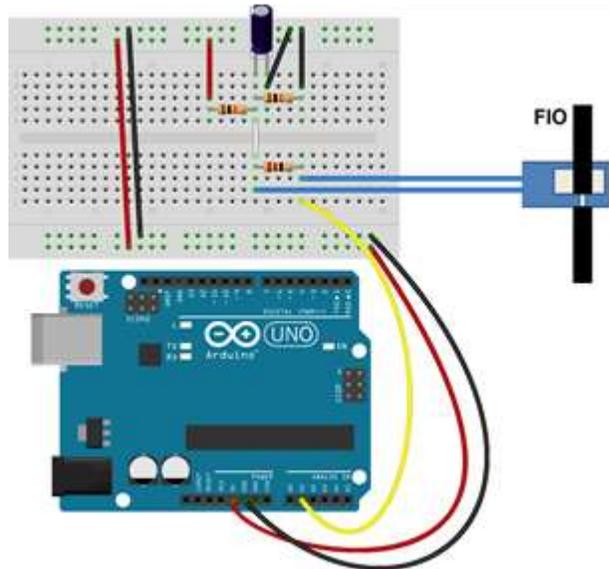


Figura 6: Conexão do sensor ao Arduino.

O Emon [10], software local para PC construído durante este trabalho, foi utilizado para apresentação dos dados de consumo em forma de gráficos permitindo sua análise, sendo útil neste trabalho para identificação de padrões de consumo. Esse software foi desenvolvido usando NodeJS, versão 4.4.5, que é uma plataforma que permite o reuso de código para criação de software para diversos ambientes como: Localmente, seja em Windows, Linux, ou MacOS; Na internet; E também em dispositivos móveis, como Android e iOS. Sendo interessante para um futuro produto onde o usuário possa monitorar seu consumo tanto localmente, quanto remotamente pela internet, ou smartphone. Foi utilizado o NodeWebkit, versão 0.12.3, que permite a execução do código NodeJS como uma aplicação local, e a biblioteca Chart.JS, versão 2.1.4, para exibição de gráficos no software, e a biblioteca FFT-JS, versão 0.0.9, para cálculo da FFT, sendo baseado no algoritmo de Cooley-Tukey Radix-2, possibilitando a apresentação dos dados de consumo no domínio do tempo. Além disso, foi utilizada a biblioteca Bootstrap, versão 3.3.6, para construção da interface gráfica do sistema.

3.2 Validação experimental

Para os testes foram selecionados eletrodomésticos comuns, que estão presentes na maioria das casas na cidade de Recife, de alta potência, e que representam uns dos maiores vilões de consumo nas casas. Os eletrodomésticos utilizados foram: Um refrigerador, modelo com freezer e capacidade para 480 litros da marca Consul, modelo “Biplex 480”; Um micro-ondas, com capacidade de 19 litros da marca Panasonic, modelo “Dia-a-dia” NN-ST254W; E um Ar-condicionado, modelo de janela com capacidade de 10.000 BTUs da marca Consul, modelo CCN10DB.

Os eletrodomésticos foram monitorados isoladamente, com o medidor sendo acoplado diretamente ao fio do eletrodoméstico, onde esses foram ligados e desligados repetidamente para identificação de padrões durante eventos de transição. Os dados de consumo foram gravados em arquivo para posterior análise, onde foram coletadas 10 amostras de eventos de transição, para cada tipo de transição de cada aparelho, com o intuito de extrair métricas que são apresentadas na seção de resultados desta monografia. O número de amostras coletadas foi definido empiricamente, utilizando como base a baixa variação de comportamento das ondas em cada amostra.

Além disso, foram coletadas 512 amostras sequenciais em uma medição única desses eletrodomésticos durante pleno funcionamento, sem a ocorrência de eventos de transição, com o objetivo de analisar o consumo regular desses aparelhos

4 Resultados

Nesta seção são apresentados os resultados obtidos a partir dos testes realizados com o medidor construído nesta monografia, onde todas as figuras com gráficos de consumo de energia apresentados foram extraídas a partir da utilização do *software* Emon, onde as informações de consumo nos gráficos estão na unidade de Watts.

As Figuras 7 e 8 apresentam os gráficos de consumo do refrigerador selecionado como objeto de teste neste trabalho. A parte do gráfico circulado na Figura 7 ilustra o evento de transição quando o refrigerador foi ligado, onde ocorre um pico de em média 1238,63 watts, com um desvio padrão de 91,31 watts, que se mantém por entre 0,5 e 3,5 segundos. Após esse pico inicial o consumo cai para em média 129,77 watts, com um desvio padrão de 13,52 watts. O gráfico na Figura 8 apresenta o consumo regular do refrigerador, que é de em média 86,52 watts, com desvio padrão de 1,78 watts.

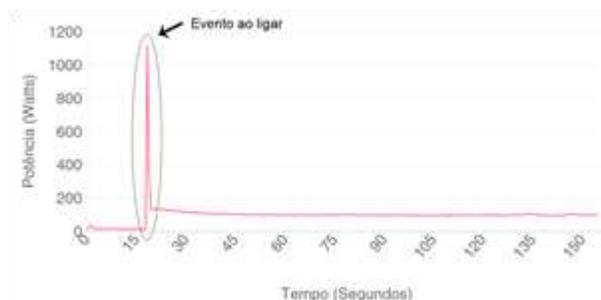


Figura 7: Evento de transição no consumo ao ligar o refrigerador

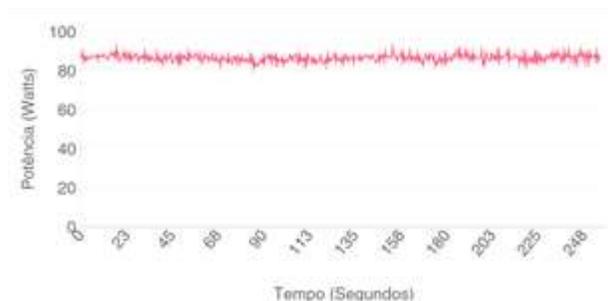


Figura 8: Consumo regular do refrigerador

As Figuras 9 e 10 apresentam os gráficos de consumo do micro-ondas selecionado como objeto de teste neste trabalho. A área circulado no gráfico da Figura 9 representa o evento de transição quando o micro-ondas foi ligado, onde ocorre um primeiro pico de em média 417,79 watts, podendo variar bastante com um desvio padrão de 94,11 watts. Em seguida o consumo diminui formando um vale, caindo para em média 321,99 watts, com um desvio padrão de 4,49 watts, quando ocorre um segundo pico maior, elevando o consumo para em média 575,33 watts, com um desvio padrão de 24,46 watts. O gráfico na Figura 10 permite analisar o consumo regular do micro-ondas, que é de em média 520,34 watts, com um desvio padrão de 10,62 watts.



Figura 9: Evento de transição no consumo ao ligar o micro-ondas.

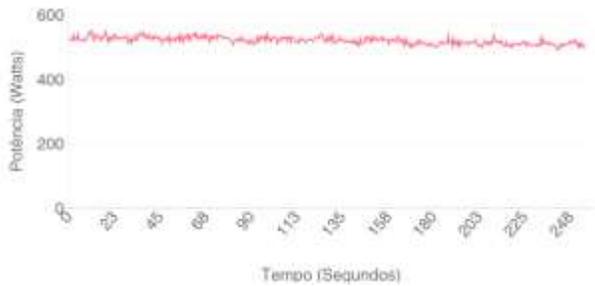


Figura 10: Consumo regular do micro-ondas.

Os gráficos de consumo do ar-condicionado selecionado como objeto de teste neste trabalho são apresentados nas Figuras 11 e 12. A Figura 11 ilustra dois eventos de transição identificados durante as medições do ar-condicionado, o primeiro, que corresponde à área circunscrita no gráfico, é referente ao evento de transição no consumo quando o aparelho é ligado, onde ocorre um pico de em média 79,05 watts, com um desvio padrão de 1,79 watts, seguido de um consumo regular de em média 70,8 watts, com um desvio padrão de 3.26 watts, se mantendo nesse nível por entre 11 e 38 segundos. Após isso ocorre um segundo evento de transição, que é ilustrado na área contornada por um quadrado no gráfico, e é referente ao momento quando o compressor interno do ar-condicionado é ligado de fato, onde ocorre um pico de em média 1280,21 watts, com um desvio padrão de 118,07 watts, seguido de uma queda no consumo formando um vale de em média 280,98 watts, com um desvio padrão de 18,7 watts. O gráfico na Figura 12 apresenta o consumo regular do ar-condicionado, que é de em média 369,79 watts, com um desvio padrão de 3,8 watts.

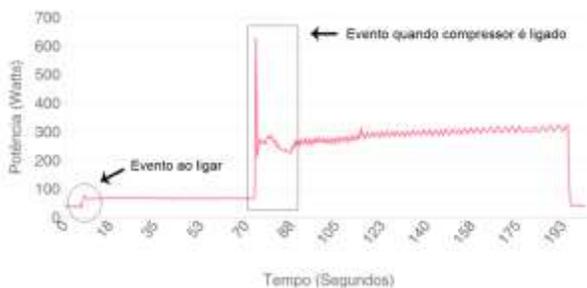


Figura 11: Eventos de transição no consumo do ar-condicionado.

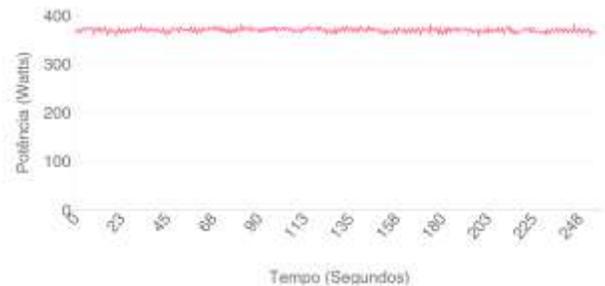


Figura 12: Consumo regular do ar-condicionado com seu compressor interno ligado.

5 Conclusão

Este trabalho foi motivado pelo cenário, visto atualmente, de desperdício de energia, em partes devido à falta de controle e educação no consumo na nossa sociedade, onde grande parte do consumo se concentra nas casas, transportes e ambientes comerciais. Devido ao lento processo de adoção, por parte das casas, de novos eletrodomésticos otimizados para consumo, soluções que visam aumentar a eficiência no consumo de energia nas casas de forma fácil, exigindo mínimas modificações, podem ter um grande impacto no consumo global.

Dessa forma, o sistema construído nesta monografia se propõe a monitorar o consumo de energia de uma casa, através de um medidor não invasivo, de baixo custo e fácil instalação. Além disso, esta monografia também propõe esse medidor como base para sistemas não intrusivos de monitoramento de cargas baseado em inteligência computacional.

Para construção do medidor foi utilizado o sensor de corrente SCT-013-030, conectado a uma placa Arduino que permite o envio dos dados de consumo via comunicação serial para um software de análise em computador.

Os testes foram realizados monitorando os aparelhos isoladamente, sendo eles um refrigerador, um micro ondas, e um ar-condicionado, que são eletrodomésticos de alta potência, e representam uns dos maiores vilões de consumo nas casas. Para cada tipo de evento de transição em cada aparelho foram realizadas repetidas medições, para extração de métricas que tornem possível a classificação de cada eletrodoméstico de acordo com seu consumo.

Os resultados obtidos com o medidor mostram que os dados coletados foram suficientes para detectar métricas que caracterizam os eletrodomésticos, levando em consideração a análise de padrões nas ondas de consumo em eventos de transição ao ligar, analisando características como o formato, amplitude e duração de tempo. O refrigerador selecionado, ao ser ligado, tende a apresentar sempre um grande pico, em torno de 1239 watts, seguido

queda no consumo para em torno de 130 watts, e em seguida estabilizando em torno de 86 watts. O microondas selecionado, quando é ligado, tende a apresentar inicialmente um pico bastante variável, de em média 418 watts, reduzindo o consumo logo após formando um vale de em torno de 322 watts, seguido de um segundo e maior pico de em torno de 575 watts, e por fim estabilizando o consumo em torno de 520 watts. Por fim, o ar-condicionado selecionado, quando tem seu compressor interno ligado, apresenta um grande pico em torno de 1280 watts, seguido de um vale de em torno de 281 watts, e por fim estabilizando o consumo em torno de 370 watts.

Através dos resultados obtidos é possível observar que, nos cenários propostos, os padrões das ondas apresentam diferenças para cada eletrodoméstico testado, sendo analisados tanto no domínio do tempo como da frequência, considerando momentos de transição e também de consumo regular, sendo suficientemente distintos para a extração de métricas para identificação desses aparelhos, tornando possível a classificação de eletrodomésticos utilizando o medidor construído nesta monografia.

Portanto, o medidor de energia construído neste trabalho pode servir de base para trabalhos futuros que se proponham ao desenvolvimento de sistemas não invasivos de monitoramento de cargas que utilize de técnicas de inteligência computacional, como as redes neurais artificiais, para inferir aparelhos ligados dentro de uma casa, ambientes comerciais, ou indústrias, tomando como base o consumo geral ou de partes do ambiente. Esses sistemas podem ainda se basear em informações contextuais, aprendendo a rotina da casa e seus moradores para aumentar sua precisão, podendo também atuar como um sistema de automação residencial, ligando e desligando eletrodomésticos de acordo com a rotina aprendida. Por fim, essas informações de consumo desagregadas por eletrodomésticos podem ser úteis ao usuário para gerenciamento de seu consumo de energia, permitindo que o mesmo trace estratégias para redução de consumo, e também possibilitando o monitoramento remoto e em tempo real dos aparelhos que estão sendo utilizados, servindo como entrada para sistemas que se proponham a mapear as atividades de pessoas dentro de uma casa.

Considerando uma futura transformação em produto do medidor proposto neste trabalho, pode ser interessante adicionar ao dispositivo a capacidade de comunicação via rede sem fio, havendo um dispositivo central para receber todos os dados e processá-los. O dispositivo pode ser acoplado ao quadro geral de energia de uma residência, ou acoplado por eletrodomésticos, até mesmo em forma de adaptador de tomadas.

Referências

- [1] V. C. Valchev, A. St. Marinov, E. N. Dimitrova. Self Powered Current Acquisition System with Wireless Data Transfer. *Information & Communication Technology Electronics & Microelectronics (MIPRO)*. páginas 108–112, 2013.
- [2] S. Gupta, M. S. Reynolds, S. N. Patel. ElectriSense: Single-point Sensing Using EMI for Electrical Event Detection and Classification in the Home. *Proceedings of the 12th ACM International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp '10)*. páginas 139–148, 2010.
- [3] S. B. Leeb, S. R. Shaw, J. L. Kirtley. Transient Event Detection in Spectral Envelope Estimates for Nonintrusive Load Monitoring. *IEEE Transactions on Power Delivery*. 10(3):1200–1210, 2002.
- [4] C. Laughman, K. Lee, R. Cox, S. Shaw. Power Signature Analysis. *IEEE Power and Energy Magazine*. 1(2):56–63, 2003.
- [5] G. W. Hart. Nonintrusive Appliance Load Monitoring. *Proceedings of the IEEE*. 80(12):1870–1891, 2002.
- [6] N. Nikolaev, Y. Rangelov, V. Valchev, A. Marinov. Technique for Indirect Analysis of Domestic Power Consumers based on Power Pattern Recognition for Smart Energy Metering. *Information & Communication Technology Electronics & Microelectronics (MIPRO)*. páginas 971–974, 2013.
- [7] World Energy Council. 2014 World Energy Issues Monitor. <http://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2014/01/World-Energy-Issues-Monitor-2014.pdf>, Set. 2016.
- [8] E. L. Silva, E. M. Menezes. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, Florianópolis, 2001.
- [9] Arduino. Arduino/Genuino UNO. <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>, Ago. 2016.
- [10] Github. energy-monitor. <https://github.com/fnipo/energy-monitor>, Ago. 2016.
- [11] OpenEnergyMonitor. emonTx V3. <https://openenergymonitor.org/emon/modules/emonTxV3>, Ago. 2016.

- [12] Github. EmonLib.
<https://github.com/openenergymonitor/EmonLib>,
Ago. 2016.
- [13] Github. emonTxV3_DirectSerial.
https://github.com/openenergymonitor/emonTxFirm-ware/tree/master/emonTxV3/noRF/emonTxV3_DirectSerial, Ago. 2016.
- [14] A. Lovins. A 40-year plan for energy.
https://www.ted.com/talks/amory_lovins_a_50_year_plan_for_energy, Set. 2016.
- [15] V. L. Giorgia. Oil wars, energy crisis, and Thomas Edison's solution.
<http://www.inquisitr.com/3143779/oil-wars-energy-crisis-and-thomas-edisons-solution>, Set. 2016.

Automação em máquina gráfica para processamento de chapas de pré-impresão

Title: Automation of graphic machine for processing of pre-printing plates

Augusto César Moura de Castilho
Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
mouracastilho@bol.com.br

Sérgio Campello de Oliveira
Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
scampello@ecomp.poli.br

Resumo *O presente trabalho detalha os passos para o desenvolvimento do projeto de Automação Industrial da máquina gráfica PBM (Punch Bender Machine), responsável pelo processamento de chapas de Impresão. Em atividade desde 1999 o Parque Gráfico do Diário de PE tem atualmente seu maquinário obsoleto. A dificuldade na aquisição de peças levou à necessidade de um estudo para substituição do sistema de controle da máquina PBM, que apresenta problemas de ordem técnica. A base do projeto foi a interação entre uma plataforma em Sistema Embarcado e um CLP (Controlador Lógico Programável), que viabilizou a resolução do principal problema da máquina, que é fazer o correto posicionamento das chapas para que possam ser Dobradas e Perfuradas com precisão. Finalmente, com a união destas duas tecnologias conseguimos transformar um processo de alta complexidade em um processo mais simples, possibilitando, desta forma, alcançar o objetivo maior da pesquisa: manter a máquina em pleno funcionamento, garantindo a continuidade do processo, com o mesmo nível de qualidade e precisão que o processo necessita a um custo bastante reduzido.*

Palavras-Chave: *Automação Industrial, Máquina de Furar e Dobrar, Sistema Embarcado*

Abstract *The Present Work details the steps for Industrial Automation Project Development graphic machine PBM (Punch Bender Machine), responsible for processing Printing Plate. In activity since 1999 the Diário de Pernambuco Graphic currently has its obsolete machinery. The difficulty in Parts Acquisition took the need to a Study for replacement Control System PBM machine, that presents technical problems. The basic design was the Interaction Between a platform for Embedded System and a PLC (Programmable Logic Control), that made possible the principal resolution Machine Problem, Make Correct positioning of the plate for what can be folded and perforated with precision. Finally with the Union of these two technologies could transform a Process High Complexity a process but simple, enabling this way to achieve the goal Largest Search to keep a machine in full operation, ensuring the continuity of the process, keeping the same level of Quality and precision that the Process need the one Cost Very Low.*

Keywords: *Industrial Automation, Punching and Bending Machines, Embedded Systems*

1 Introdução

Uma das principais metas de um Parque Gráfico de um Jornal manter seu maquinário em pleno funcionamento. Alcançar esta meta quando se tem seus equipamentos obsoletos, não é uma tarefa muito simples, pois, são necessários investimentos em pesquisa para renovação de equipamentos. O projeto proposto surgiu da necessidade da empresa de manter a máquina PBM (*Punch Bender Machine*) em funcionamento. Ela é muito importante no processo de impressão do Jornal, sendo responsável pelas etapas de Dobra e Furo das chapas de Impressão. A máquina apresenta problemas de ordem técnica e devido ao seu estado de obsolescência é impossível a aquisição de peças.

O objetivo desta pesquisa é desenvolver a Automação do sistema de controle da máquina em substituição ao projeto original. Um Sistema Embarcado foi integrado ao CLP (Controlador Lógico Programável) responsável pelo controle principal da máquina. Ele controla todos os dispositivos pneumáticos [1] e as esteiras de transportes. Um microcontrolador PIC (*Peripheral Interface Controller*) é responsável pela seção da máquina que faz o posicionamento das chapas de Impressão, com a função de movimentar uma Mesa Cartesiana com os eixos acoplados a Motores de Passo.

A solução para o problema de inoperância da máquina justifica todo o esforço que deverá ser tomado. É imprescindível para o processo de Impressão do jornal manter esta máquina em pleno funcionamento, pois dela depende o correto processamento da Chapa de Impressão para dar continuidade ao processo. A falta desta etapa do processo acarreta na quebra da linha de produção, gerando um impacto incalculável para a empresa, trazendo prejuízos Econômicos e Sociais.

Finalmente, com a integração de duas diferentes tecnologias, o CLP que é uma plataforma já bastante difundida no meio Industrial, e o Sistema Embarcado com plataforma PIC que vem ganhando espaço nas Indústrias, obtivemos resultados satisfatórios. Fazendo uma comunicação direta através de I/Os digitais e analógicos entre as duas plataformas e empregando ideias simples, como: posicionar mecanicamente os sensores de registros em um esquadro perfeito sobre a mesa cartesiana, chegamos ao nosso objetivo principal de manter a máquina operante com o mesmo nível de precisão e confiabilidade, e com a qualidade necessária que o processo exige.

O desenvolvimento deste trabalho está organizado em Seções da seguinte forma: a Seção 2 apresenta as etapas Fundamentais do Processo. A Seção 3 apresenta uma revisão bibliográfica do trabalho. Na Seção 4 mostra os testes e resultados obtidos e a 5 a conclusão do trabalho.

2 Fundamento do Processo

2.1 Automação Industrial

O termo Automação Industrial está relacionado com qualquer tipo de equipamento que possua uma mecanização avançada. Os equipamentos automatizados são compostos por um grupo de dispositivos de áreas distintas, trabalhando sempre em total sincronismo, dispositivos eletroeletrônicos, eletropneumático, mecânico, hidráulicos e computacionais, dividem suas tarefas para alcançar bons resultados, cujo objetivo é proporcionar estabilidade, precisão e velocidade no processo produtivo, visando sempre à redução de custos [2].

O desenvolvimento constante dos circuitos integrados eletrônicos e a possibilidade de integração com as ferramentas de Software levaram ao desenvolvimento de diversas plataformas destinadas para o controle de processo de máquinas, sendo possível, desta forma, satisfazer qualquer seguimento Industrial. O CLP e as diversas plataformas desenvolvidas para o Sistema Embarcado são dois destes controladores de processo Automatizados utilizados neste projeto.

2.2 A Chapa de Impressão

A chapa de Impressão é Feita em Alumínio, suas dimensões são: Largura = 317 mm, Comprimento = 594 mm e Espessura = 0,4 mm. A chapa passa por dois processos. No primeiro processo, ocorre a queima da chapa, onde a imagem que representa uma página do Jornal é transferida para chapa por um scanner a Laser.

O segundo processo, que é o foco do nosso projeto, é a etapa de Furo e Dobra que será realizado pela máquina PBM, onde ocorre o preparo da chapa para posterior fixação no cilindro de impressão da máquina principal a Impressora Rotativa. A chapa será perfurada no centro das bordas superior e inferior. Esses furos devem ser perfeitamente casados, com tolerância de erro de aproximadamente 2 mm. Os furos serão encaixados em pinos fixos no cilindro de impressão e tem a função de alinhamento mantendo uma chapa sempre paralela.

Após a execução dos furos, a chapa será dobrada em ambas as extremidades, 18 mm em cada borda, sendo a borda superior com uma angulação de 120° e a borda inferior com angulação de 60° em relação à face sem imagem da chapa. A função das dobras é permitir o encaixe da chapa na fenda do cilindro de Impressão. Depois de fixada e alinhada com a Impressora em funcionamento, a tinta é transferida para a chapa através de rolarias de Borracha. As imagens gravadas nas chapas serão agora transferidas para o papel Impresso (Jornal). Na Figura 1 apresentamos uma chapa processada.

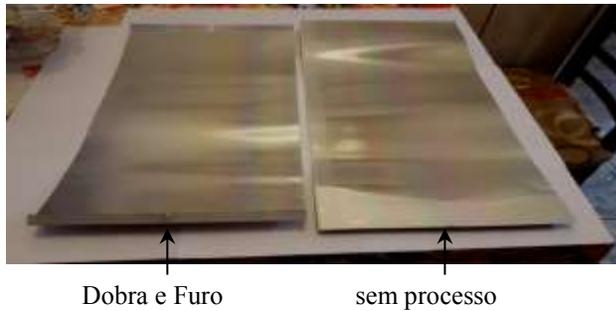


Figura 1. Chapa de Impressão com e sem Processo.

2.3 Máquina PBM

A máquina PBM, faz parte de um conjunto de equipamentos periféricos fundamentais ao processo de Impressão do Jornal. Totalmente automatizada, e sem intervenção humana a máquina PBM é responsável pela Furação e Dobra das chapas de Impressão [3]. A seção 2.2 detalha a chapa de Impressão que é o insumo deste processo. A chapa para ter o processo finalizado passa através das 4 seções bem definidas da máquina PBM:

A 1ª seção (Cross-Conveyor); temos uma esteira dupla que é responsável por encaminhar as chapas até a borda de entrada da área de registro, neste ponto elas ficam paradas aguardando um sinal de prioridade para evitar a entrada de múltiplas chapas para próxima seção, podendo receber e acumular até 4 chapas por vez.

A 2ª seção (Conveyor); temos a esteira principal com a função de transportar a chapa para a área de registro, até ocorrer o 1º toque nos pinos de registro Y, que habilita a descida e a parada da esteira. Neste estágio, a esteira tem a velocidade controlada pelo Inversor de Frequência, para aumentar a precisão na posição de parada.

A 3ª seção (Bender); é a área mais crítica. Nela é feito o controle de movimento dos eixos X e Y. Aqui ocorre o posicionamento da chapa sobre a Mesa de Registro para que ela possa ser Perfurada e Dobrada com precisão [4].

A 4ª seção (Stacker); é a etapa final do processo onde é feito o empilhamento das chapas após serem processadas. O empilhamento é feito com a máquina em funcionamento.

Um CLP de fabricação Allen_bradley, CPU 1769-35E, faz todo o controle de leitura dos sensores, bem como o acionamento dos dispositivos Pneumáticos e motores via cartões de I/O digital. Integra-se com uma plataforma PIC 18F4520A através de comunicação discreta via I/O's digital para executar o controle da Mesa de Registro. O Rack principal do CLP se comunica com o Rack remoto através de uma rede DeviceNet via cartão scanner 1769-SDN para acionar os pinos de registro e controlar a válvula Proporcional responsável pela fixação da chapa sobre a Mesa. Faz também o controle de velo-

cidade da esteira principal responsável por transportar a chapa até a área de registro para o posicionamento.

2.4 A Mesa Cartesiana X-Y

É considerada a etapa mais importante do processo, e o foco de nosso trabalho. O nível de precisão alcançado nesta seção vai determinar o desempenho da máquina e, por consequência, a continuidade do processo, pois, chapas mal posicionadas vão gerar imperfeição nas Dobras e defasagem nos Furos produzindo chapas deficientes que serão rejeitadas no processo. A Figura 2 mostra os blocos do controle de Registro.

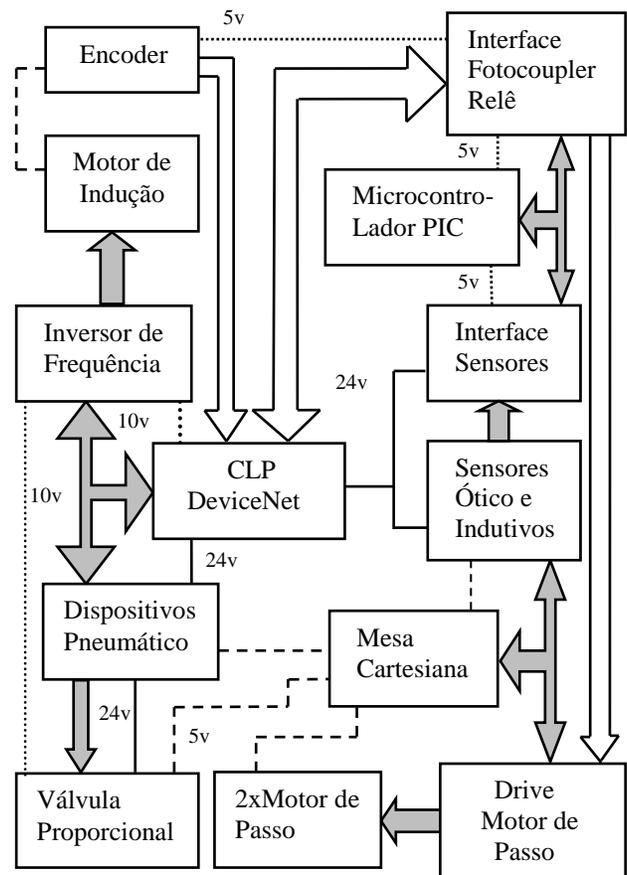


Figura 2. Diagrama Eletrônico do Registro em Blocos

2.4.1 O Hardware da Mesa

Localizada na 3ª Seção (Bender) da máquina PBM, a Mesa X-Y tem em sua parte superior uma placa metálica perfurada para fixação das chapas através da aplicação do vácuo no instante em que os Motores de Passo estão em movimento. No momento de Furar e Dobrar a chapa, o sistema de vácuo garante estabilidade ao processo evitando o deslocamento da chapa. Dois Motores de Passo Bipolares são utilizados para realizar o movimento dos eixos X e Y da Mesa [5]. Cada eixo é monitorado por um conjunto de três sensores Indutivos, dois deles determi-

nam os finais de curso inferior e superior (S1, S3 no sentido Y e S4, S6 no sentido X) e o 3º determina a posição inicial da mesa (S2 sentido Y e S5 sentido X). Existe também um sensor óptico difuso que detecta a presença de chapa sobre a Mesa para iniciar os movimentos. Três Cilindros Pneumáticos estão distribuídos na área de Registro, cujas posições formam um esquadro perfeito. A função destes cilindros é enviar um sinal elétrico ao PIC confirmando que a chapa está na posição correta de alinhamento. Dois deles detectam o movimento no sentido vertical do eixo Y e o terceiro detecta o movimento horizontal do eixo X.

A Mesa é constituída de guias lineares, que fornece baixo atrito e alta precisão. Este tipo de mecanismo retira todas as folgas possíveis nos eixos, a força inicial de 2,5 kg para tirar a Mesa do estado de inércia, aliado ao Torque Estático no eixo do motor de passo de 5,99 kg-cm, produz uma alta estabilidade mecânica reduzindo erros no posicionamento. Na Figura 3 temos o desenho do Hardware da Mesa.

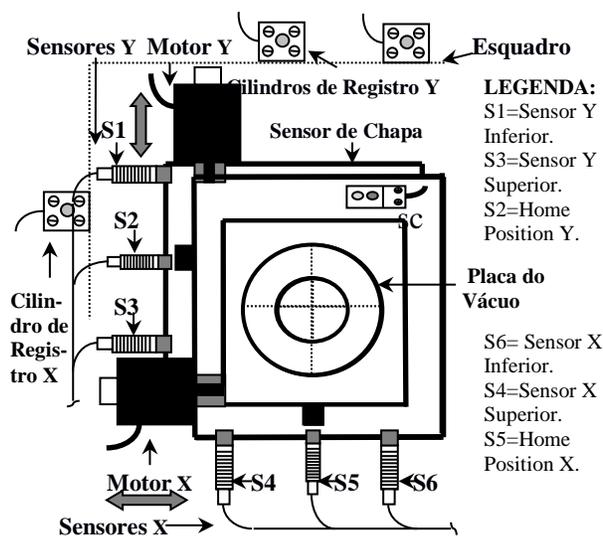


Figura 3. Componentes da Mesa de Registro

2.4.2 Funcionamento da Mesa

A Mesa controla o posicionamento da chapa através do PIC18F4520A, que se comunica diretamente com o CLP enviando e recebendo sinais digitais para executar seus movimentos. Funcionamento da Mesa em Passos:

1º Passo. A Entrada da Chapa na área de registro: O movimento inicial de entrada da chapa na área de Registro é feito pela esteira principal e finaliza ao tocar nos pinos de registro Y, controlado pelo Rack remoto do CLP via rede DeviceNet. A chapa entra no Bender com uma velocidade inicial de 600 RPM com o propósito de ganho

de produção. Após ser detectada pelo SC (sensor de chapa) localizado sobre a mesa, o sensor aciona a entrada A4 do PIC que envia um sinal ao CLP para reduzir a velocidade da esteira e acionar os cilindros de Registro. A velocidade cai no final do percurso para 400 RPM. A finalidade é reduzir a força de impacto da chapa contra os Cilindros de Registro Y, assim, aumenta a probabilidade de a chapa permanecer encostada em ambos os pinos de registro Vertical Y, o que reduz o índice de falhas.

2º Passo. Estabilização da chapa sobre a Mesa: Uma lógica AND feita entre o SC, juntamente com a ativação simultânea dos pinos de Registro Y executados no 1º Passo, informam ao PIC que ocorreu o registro do eixo Y. O PIC então envia um sinal para o CLP desligar o motor e retrair o Cilindro da esteira principal, desta forma, a esteira é abaixada e a chapa fica livre sobre a mesa sem a ação da esteira. Após receber o sinal proveniente desta lógica AND o PIC irá adicionar um atraso de 100 ms para estabilização da chapa sobre a mesa. Após este tempo o PIC irá acionar o Sistema de Vácuo.

3º Passo. Fixação da chapa sobre a mesa: Ao término dos 100 ms, a saída B6 do PIC aciona a entrada IN6 do CLP, que gera um sinal analógico de 5 Vcc acionando o 1º estágio da válvula Proporcional com o volume de ar reduzido em 50%. O Venturi gera uma pequena força de sucção sobre a chapa, cuja intenção é permitir que o motor de passo do movimento Y consiga deslocar facilmente a chapa sem causar danos e sem sobrecarregar o Motor.

4º Passo. Movimento do Eixo Y: Após acionar o 1º estágio do vácuo, o Motor Y poderá ser acionado ou permanecerá em repouso dependendo do resultado do teste dos pinos de Registro Y.

Resultado 1. Pinos não acionados: O registro Y não está acionado após a parada da esteira. Neste caso, o PIC vai acionar o motor de passo do eixo Y, forçando o movimento da chapa contra os pinos de registro até fechar o circuito elétrico e enviar este sinal ao PIC que imediatamente vai parar o motor Y. A saída B6 agora aciona a entrada IN6 do CLP para desligar os 50% do vácuo, imediatamente a saída C7 vai acionar a entrada IN5 do CLP para gerar um valor de 10 Vcc analógico acionando o 2º estágio da válvula Proporcional. Agora com 100% do valor máximo da linha de ar, o Venturi aplica uma forte sucção na chapa que fixada fortemente fica livre de deslocamentos. A chapa está devidamente alinhada em relação ao eixo Y e vai iniciar o movimento do eixo X.

Resultado 2. Pinos acionados: O registro Y está acionado significa que a chapa não saiu da posição com a parada da esteira, mantendo o contato elétrico no registro Y com a chapa alinhada. Não será necessário o acionamento do eixo Y, o PIC simplesmente vai acionar o vácuo em 100% como mencionado acima e irá iniciar o movimento horizontal do eixo X.

5º Passo. Movimento do Eixo X: com a chapa alinhada no sentido vertical registro Y, estando o vácuo acionado em 100% do passo anterior, o PIC agora vai comandar o movimento correspondente ao motor de passo do eixo X, que vai deslocar a chapa horizontalmente no sentido do pino de registro X. Ao tocar o eixo X será fechado o circuito elétrico com o pino Y, a chapa neste momento está alinhada e finaliza o ciclo.

6º Passo. Finalizando o ciclo: Com os pinos de registro X e Y acionados, o PIC entende que a chapa está devidamente posicionada. Mantendo agora somente o vácuo acionado em 100%, o PIC vai retrair os pinos de registro e transferir o controle do sistema para o CLP que vai iniciar o processo de Furo e Dobra. Após este processo, dá-se o desligamento do vácuo e o acionamento do cilindro de elevação da esteira juntamente ao acionamento do motor da esteira para retirada da chapa já processada da área de registro, permitindo reiniciar o processo. Na Figura 4 temos o Fluxograma do Código para o PIC.

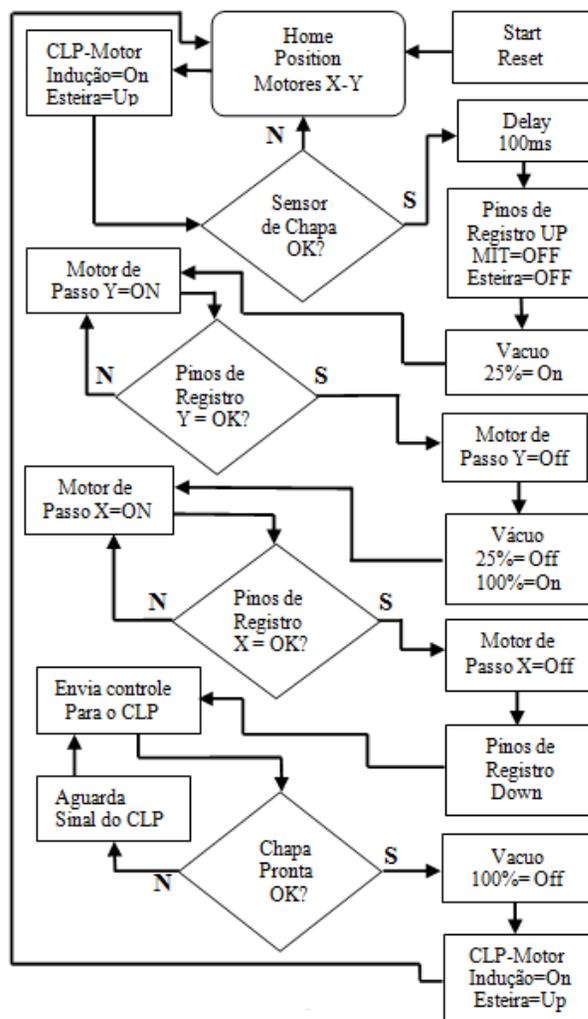


Figura 4. Fluxograma: Código do PIC

2.5 O Sistema de Vácuo

O Vácuo é responsável por manter a chapa fixa sobre a mesa e evitar oscilações durante o movimento dos eixos. Será acionado com valores diferentes em estágios específicos do processo. Inicialmente, será aplicado um vácuo suave com 50% que permite que o motor do eixo Y desloque a chapa sem danos a ela e sem sobrecarga ao motor até tocar no pino de registro Y. No segundo estágio, aplica-se 100% de vácuo para conseguir uma maior fixação para deslocar a chapa até o pino de registro X sem oscilação. Esta etapa foi possível com a adaptação de uma válvula Pneumática Proporcional interfaceando o acionamento de um dispositivo de Venturi, responsável por gerar o Vácuo para o sistema. A válvula funciona recebendo um sinal analógico do CLP, o PIC controla o instante de acionamento de cada um dos estágios. Dependendo da posição da chapa sobre a mesa e da condição dos sensores de registro, o PIC aciona os pinos programados como saída B6 para 50% e a saída C7 para 100% do vácuo.

2.6 Controle de Velocidade da Esteira

Este controle reduz a velocidade da esteira, melhorando a precisão do sistema, pois, a redução do impacto da chapa contra os pinos de registro Y no final do movimento da esteira garante que a chapa finalize seu movimento muito próximo aos pinos de registro Y.

Os sinais de partida, parada e sentido de rotação são recebidos no CLP e enviados ao Inversor de Frequência para controlar o Motor (MIT). O PIC também solicita a parada do Motor no início do movimento da Mesa. Um cartão de entrada Analógico recebe de um potenciômetro um sinal de referência de velocidade (0 a 10 Vcc). Este sinal será processado e entregue a um cartão de saída Analógico que envia o resultado ao Inversor de Frequência para acionar o Motor. A velocidade é medida em função da Frequência e do número de polos do Motor. Matematicamente: A Velocidade síncrona (N_s) em RPM é o produto de 120 vezes a frequência em Hz (f) dividido pelo número de polos do Motor (p).

$$N_s = \frac{120 \times f \text{ (Hz)}}{P} \text{ RPM}$$

Um Encoder acoplado ao eixo do Motor envia os pulsos para o cartão 1769-HSC, que é um contador rápido, responsável por lê e enviar os sinais gerados pelo Encoder para o CLP. Este possui uma função integrada na qual se pode escalar o valor lido do Encoder e convertê-lo diretamente em números de rotação por minuto (rpm). Ao plugar o cartão em um dos slots do rack remoto da rede Devicenet, o Software de programação Rslogix 5000 automaticamente reconhece o cartão e cria as variáveis que serão usadas no programa do usuário. A variável gerada "CtrlCurrentRate" fornece uma taxa contínua

representando a quantidade de pulsos do encoder em um período de tempo pré-fixado pela variável “CyclicRateUpdateTimer”, dados suficiente para calcular a velocidade do Motor, utilizando a instrução matemática CPT (computer) obteremos o valor de RPM desejado.

Para fazer o cálculo do RPM utiliza-se a variável “Local:2:I.Ctr1CurrentRate”. ‘Local:2:I’ identifica o cartão HSC no Slot 2 do rack definido como Bit de entrada. “Ctr1” seleciona o canal 1 do encoder e ‘CurrentRate’ é a taxa contínua de pulsos lido, basta dividir esta expressão pelo número de Pulsos/Revolução do encoder (256) e multiplicar por 60 para converter o valor em RPM. Na tabela de TAG atribuiremos também um valor de 10 ms para a variável definida como, “CyclicRateUpdateTimer”, que representa o período de tempo fixo na qual o Encoder será lido. Na Figura 5 a instrução do programa que faz o cálculo do RPM.

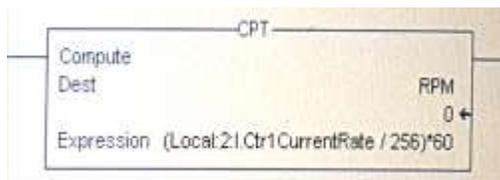


Figura 5. Fórmula para cálculo do RPM

2.7 Home Position

Assim que o sistema é energizado ou inicializado, os motores de Passo dos eixos X e Y vão se deslocar para uma posição central denominada Home Position ‘HP’. Para cada sentido de movimento dos eixos X e Y existem 3 sensores dispostos em linha. Dois são para as extremidades inferior e superior que vão determinar o final de curso da mesa e o terceiro sensor fica localizado entre os 2 das extremidades e define a posição inicial da mesa. Na inicialização, os motores farão uma varredura até encontrar um dos sensores das extremidades e fazer a reversão de sentido até encontrar o sensor HP e finalizar sempre nesta posição central. Esta posição inicial é também uma condição de partida para o registro das chapas.

2.8 Sensoriamento do Sistema

Os sensores utilizados são dispositivos construídos para detectar a presença ou passagem de materiais metálicos ou não metálicos, por proximidade ou aproximação, sem contato físico. Para cada eixo existem 3 sensores Indutivos dispostos em linha. O sensor do centro vai detectar a posição de início (home position), que envia um sinal quando se energiza a máquina ou se aplica um Reset. Os outros 2 sensores indicarão os limites de final de curso e serão responsáveis pela detecção das posições de final de curso da mesa e informarão ao sistema quando qualquer um dos eixos estiver no seu limite máximo superior ou limite máximo inferior.

Um Sensor Ótico Difusos será responsável por informar ao sistema que existe chapa na secção de alinhamento e que o sistema poderá iniciar o movimento dos motores de Passo.

3 Descrição dos Equipamentos

3.1 O CLP

O CLP tem seu funcionamento baseado num sistema de microcomputador onde se tem uma estrutura definida de software que realiza continuamente ciclos de varredura. As memórias e registradores agregados em seu hardware são capazes de armazenar toda a lógica do programa e dados do sistema através do monitoramento das variáveis de campo ele cria tabelas de status para armazenar o status dos dispositivos de entrada e saída. O CLP é capaz de trabalhar com sinais tanto Digitais quanto Analógicos [6]. Funciona processando o programa armazenado em sua memória e, fazendo o constante monitoramento do status do sistema via coleta de dados enviados por dispositivos de entrada, executa a lógica implementada no programa (conhecida por lógica ladder). A partir destes resultados, o CLP determina quais serão as ações necessárias a serem tomadas com relação ao acionamento dos dispositivos de saídas os atuadores. Com Hardware especial é possível realizar contagens superior ao seu ciclo de varredura, controlar Drives de Motores, gerar altas frequências de saída etc. Possui também alta capacidade de processamento e comunicação com dispositivos seriais ou via redes industriais de comunicação, como Profibus e Devicenet.

3.2 A Rede Devicenet

Os sinais analógicos envolvidos no controle de velocidade da esteira e o acionamento dos cilindros de registros e da válvula proporcional da mesa são controlados pelo Rack remoto conectado ao CLP via rede Devicenet.

Algumas características desta rede: comunicação com apenas três fios, pode atingir uma distância de até (500m) com velocidade de 125 kbps, pacotes de dados de 8 byte, comunicação com equipamentos discretos e analógicos e alto poder de diagnóstico dos dispositivos da rede. A tecnologia Devicenet é um padrão aberto de automação com objetivo de transportar dados cíclicos para sensores e atuadores, dados de configuração e diagnóstico. Uma rede Devicenet pode conter até 64 dispositivos, onde cada dispositivo ocupa um nó na rede, endereçados de 0 a 63 [7].

3.3 O Microcontrolador PIC

Dotado de uma inteligência totalmente programável e usado para controle de processo um microcontrolador é um sistema computacional completo, no qual estão inclu-

idos uma CPU (Central Processor Unit), memória de dados e programa, um sistema de clock, portas de I/O (Input/Output), além de outros possíveis periféricos, tais como, módulos de temporização e conversores A/D, todos integrados em um mesmo component. Diversas características como alta velocidade de processamento, baixo consumo de energia, integração total de seus periféricos e custo muito baixo, fazem do microcontrolador um produto com um grande índice de aceitabilidade no mercado. A facilidade de programação em linguagem de alto nível faz do PIC uma ótima opção para projetos Industriais [8]. O PIC18F4520 possui os componentes necessários para ser utilizado como interface neste projeto. Desenvolvido em arquitetura Harvard, ele possui o conjunto de instruções do tipo RISC (Conjunto reduzido de instruções). Este microcontrolador utiliza a tecnologia Nanowatt desenvolvida pela Microchip, permitindo menor consumo de energia. A Tabela 1 mostra algumas características deste PIC.

Características	Valores
Frequência de Operação	40 MHz
Memória Flash	32 KB
Canais Analógicos	13 CH de 10 Bits
Temporizadores	4 x de 8,16 Bits
Comparação e Captura	PWM , CCP
Portas de Comunicação	SPI, I2C, USART, USB
Fontes de Interrupção	20 Fontes

Tabela 1: Algumas características do PIC

3.4 Motores de Passo (MP)

Os Motores da Vexta PH266L foram usados no projeto. Eles controlam os eixos da mesa. Os MP são dispositivos eletromecânicos de precisão que convertem pulsos elétricos em movimentos mecânicos, cuja velocidade depende da frequência aplicada. O número de pulsos determina deslocamento angular.

Funcionam recebendo pulsos DC nas bobinas que, quando energizadas, atraem o rotor fazendo-o se alinhar com o eixo determinado pelas bobinas, causando assim uma pequena variação de ângulo denominada passo [9]. A energização das bobinas cria um campo magnético intenso que atua no sentido de alinhar os dentes do eixo com os do estator. Pode-se movimentar o rotor entre as bobinas (meio passo ou “half-step”) ou alinhadas com as mesmas (passo completo ou “full-step”).

Devido à carga inicial de 2,5 kg para deslocar a mesa,

foi necessário o uso de motores Híbridos que possuem alto rendimento. Usamos também a configuração no modo bipolar para alcançar torque estático e dinâmico mais elevados, isto é possível devido ao melhor aproveitadas das bobinas nesta configuração. Como o modo Bipolar requer a inversão de fase das bobinas, necessita-se de circuitos elétricos em ponte H. Neste caso, usamos o Drive TB6560. Para o cálculo da velocidade, basta dividir a frequência dos pulsos pelo número de pulsos por revolução o resultado multiplicado por 60 temos a velocidade em RPM. Para saber o deslocamento linear do eixo, basta multiplicar o valor em RPM pelo deslocamento por volta do fuso [10]. Na Tabela 2 algumas características do Motor dimensionado estão listadas.

$$Vel = \frac{PPS (Hz) \times 60}{PPR} \text{ RPM}$$

$$1 \text{ volta do fuso} = 14 \text{ mm}$$

$$\text{Deslocamento do eixo} = 1 \text{ volta do fuso} \times Vel \text{ RPM}$$

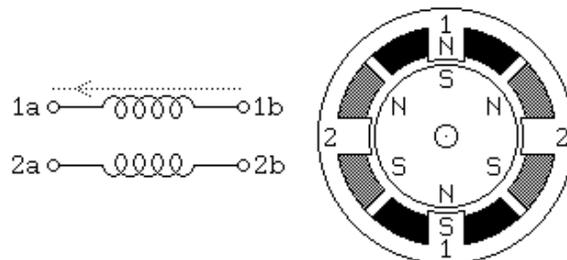


Figura 6. Fases de um Motor de Passo Bipolar

Dados de Placa	Valores
Step	1.8° \ 200 PPR
Tensão	6 Vdc
Static Torque	5.99 KG-cm
Dinamic Torque	3.6 Kg-cm \ 500 Hz
Current per Fase	1.2 A

Tabela 2: Dados de Placa do Motor

3.5 Encoder Incremental

O Encoder 845H de Fabricação Alen-Bradley, necessita de 5 Vcc para gerar 256 pulsos por revolução. Encoder é um transdutor Óptico Eletrônico que, acoplado ao eixo do motor, converte o movimento angular numa quantidade fixa de pulsos Digitais de acordo com o número de revolução do seu eixo (trem de pulsos). Estes pulsos servirão de base de cálculo para diversos processos. Baseado em um disco, formado por janelas radiais iluminadas perpendicularmente por uma fonte de luz

infravermelha, que será projetada num receptor, convertendo essas janelas de luz em pulsos elétricos [11]. O encoder fornece normalmente dois pulsos quadrados defasados de 90° que são chamados usualmente de canal A e canal B. A Figura 7 mostra o Encoder Incremental.

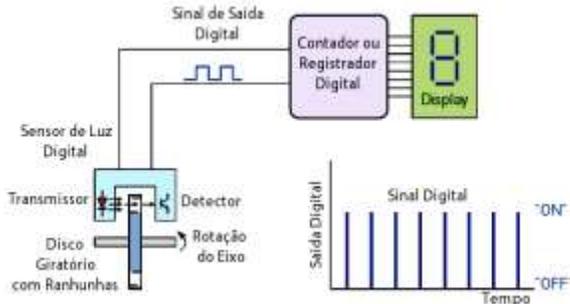


Figura 7. Diagrama funcional do Encoder

3.6 Motores de Indução (MIT)

Usamos um Motor de Indução WEG de 4 polos, 1800 RPM, ligado em 220 Vac/1.4 A. Motores são peças fundamentais e indispensáveis em qualquer processo Industrial, são capazes de transformar energia elétrica em energia mecânica para realização de diversas formas de movimento. Apesar de altamente eficientes seu princípio de funcionamento é simples, baseado no campo magnético girante, que surge quando um sistema de alimentação de corrente alternada é aplicado em um Motor com seus polos defasados entre si de 120°, ou seja, a tensão da rede alternada em ciclos por segundo (Hz) é aplicada nas bobinas do Motor fazendo aparecer um campo magnético girante. A velocidade de rotação de um Motor trifásico está ligada a velocidade proporcionada pelo campo magnético girante. Esta velocidade é chamada de velocidade síncrona, em função do número de polos do Motor e de sua característica construtiva; e também em função da frequência da rede à qual está ligado, ou ainda do dispositivo de controle. Portanto, podemos concluir que a velocidade do Motor elétrico trifásico é diretamente proporcional à frequência a ele aplicada [12]. A Figura 8 apresenta o MIT.

3.7 Inversor de Frequência

O controle de velocidade da esteira principal tem influência direta na precisão do processo, para esta finalidade usamos um Inversor de Frequência da Allen-Bradly 160S, dispositivo eletrônico capaz de variar a velocidade de giro no eixo de um motor de indução trifásico. Este dispositivo transforma corrente elétrica alternada fixa em corrente elétrica alternada variável, controlando a potência consumida pela carga através da variação da frequência entregue pela rede. Basicamente o Inversor de Frequência é constituído por três Blocos eletrônicos responsáveis pelos processos de conversão realizados pelo In-

versor, pois primeiro se transforma o sinal AC senoidal da rede em DC contínuo para posteriormente transformar o sinal DC contínuo em DC pulsante muito próximo a um sinal senoidal variável na saída do inversor [13], assim variando a frequência de trabalho podemos variar a velocidade do Motor. Tabela 3 fornece alguns parâmetros do Inversor de Frequência.

INPUT	OUTPUT
220 Vac (Mono)	220 Vac (trifásico)
4.8 A	2.3 A
50/60 Hz	0 - 240 Hz
1 Hp	15 KHz (chaveamento)

Tabela 3: Parâmetros do Inversor de Frequência

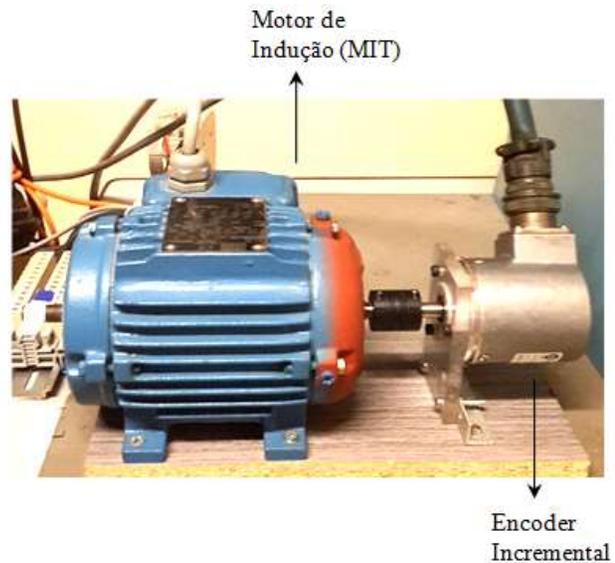


Figura 8. Dispositivo de Controle de Velocidade da Esteira

3.8 Válvula proporcional (Norgren)

A Válvula de Controle Digital Proporcional VP-51 é bastante usadas em diversas aplicações Pneumáticas Industriais. Sua seção Pneumática é controlada por um Diafragma de alta precisão, a pressão piloto é gerada e controlada eletronicamente e define a pressão de saída da unidade. Um sinal de Feedback (realimentação) da porta de saída é comparado com o sinal Set-point (valor ajustado) e assegura uma pressão de saída estável de alta precisão. A relação entre a tensão elétrica e a pressão de ar é de 0 - 10 VCC e 0 - 100 PSI respectivamente (sendo 1 V/bar). A Tabela 4 apresenta algumas características da Válvula Proporcional e a Figura 9 apresenta a Válvula.

Descrição	Valores
Marca/Modelo	Norgren\VP-51
Fluid	Compressed air
Flow Capacity	1300 L/min
Max Pressure	Up to 14 Bar (Max)
Control Signal	0-10V, 4-20mA
Supply	24V DC - 20%

Tabela 4: Características da Válvula Proporcional

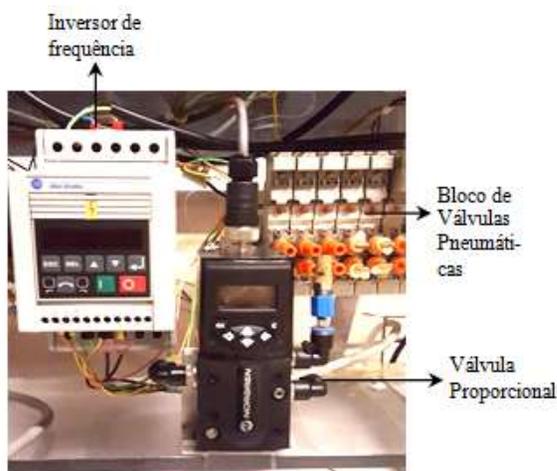


Figura 9. Dispositivos de Controle do Vácuo, Cilindros de Registro e Velocidade

3.9 Drive do Motor de Passo (Toshiba)

O Circuito Integrado TB6560HQ usado no projeto é um controlador de Motor de passo bipolar que usa tecnologia PWM e circuitos de controle em ponte ‘H’, possui uma frequência máxima dos pulsos de entrada (CLK) de até 15KHZ, ele pode controlar Motores com excitação em passo completo, meio passo e micropassos, podemos controlar a velocidade através da frequência de entrada, partida e parada e também o sentido de giro. Os parâmetros são ajustados através de chaves Dip-Switch, estamos com S3 e S4 na condição OFF significa modo de passo completo, para o valor da corrente temos SW1, SW2, SW3 e S1 respectivamente nas condições ON, OFF, ON, OFF que resulta em um valor de corrente de 2.0 A [14]. A Tabela 5 mostra algumas características do Drive. A Figura 10 apresenta o drive TB6560.

Descrição	Valores
Alimentação	12 - 36 Vdc
Corrente Max.	3.5 A
Número de Fase	2 fases e 4 fases
Nº. terminais	4,6 e 8 fios.
Micropassos	1,2,1/8 e 1/16 step
Motores Nema	17 , 23 e 34.

Tabela 5: Características do Drive



Figura 10. Módulo do Drive TB6560HG

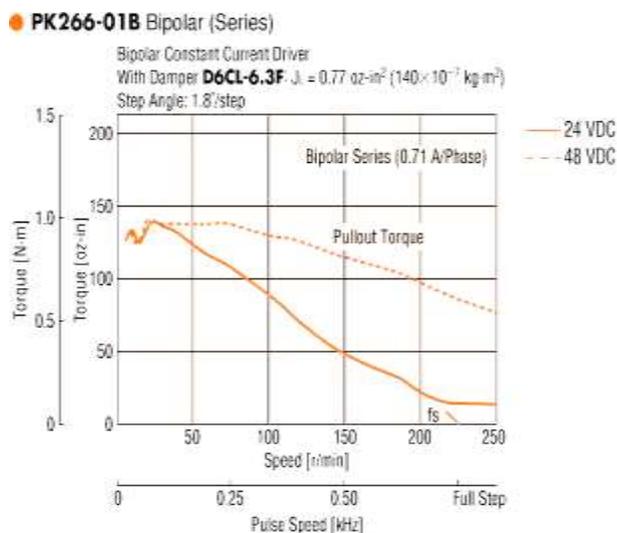


Figura 11. Torque dos Motores de Passo

OBS: Observando a Figura 10 podemos concluir que para um valor de 500 Hz temos um torque dinâmico de 50 Oz-in que equivale a 3.6 kg-cm, valor suficiente para o tracionamento dos eixos da mesa de 2.5 kg.

3.10 Sensor Óptico Difuso

Para detectar a presença da chapa na mesa, devido a alta distância de atuação, foi usado um sensor Óptico

Difuso, que se baseia, na transmissão e recepção de luz infravermelha, o acionamento da saída ocorre quando o objeto a ser detectado entra na região de sensibilidade e reflete para o receptor o feixe de luz emitido pelo transmissor. A Tabela 6 mostra algumas características do sensor Ótico.

Descrição	Valores
Marca\Modelo	Sick\WT42P330
Corrente Out	100 mA
Dist. Atuação	200 mm
Alimentação	10 Vcc à 30 Vcc
Saída Out	NPN

Tabela 6: Características do Sensor Ótico

3.11 Sensor Indutivo

Para detectar o deslocamento dos eixos da mesa, sendo esta constituída em sua totalidade por material metálico, foram utilizados, seis sensores indutivos de proximidade. Os sensores indutivos geram um campo eletromagnético de alta frequência que em resposta a presença de material metálico em sua face gera um sinal elétrico que será tratado e devidamente processado, então disponibilizado em sua saída em formato digital, sendo largamente usados em controle de processo. A Tabela 7 mostra algumas funções do sensor Indutivo. A Figura 12 apresenta o sensor Indutivo e o Sensor Óptico utilizados no projeto.

Descrição	Valores
Marca\Modelo	AllenBradley\871TMDH2
Corrente Out	200 mA
Dist. Atuação	8 mm
Alimentação	10 Vcc à 30 Vcc
Saída Out	NPN

Tabela 7: Características do Sensor Indutivo



Figura 12. Sensores utilizados

3.12 Placa do PIC com a Interface

O protótipo abaixo faz uma interface entre o PIC e o CLP, a necessidade do uso desta placa é devido a incompatibilidade nos níveis de tensão, visto que o PIC trabalha em nível TTL (5 VCC) e o CLP trabalha com 24 VCC. Optamos por transistores chaveando relês de contatos duplos, um será usado para a interface dos sinais e o outro acionará lâmpadas de sinalização da máquina em 110Vca. Foi usado também Ópto-acopladores para transmitir os pulsos de velocidade ao Drive dos Motores de Passo.

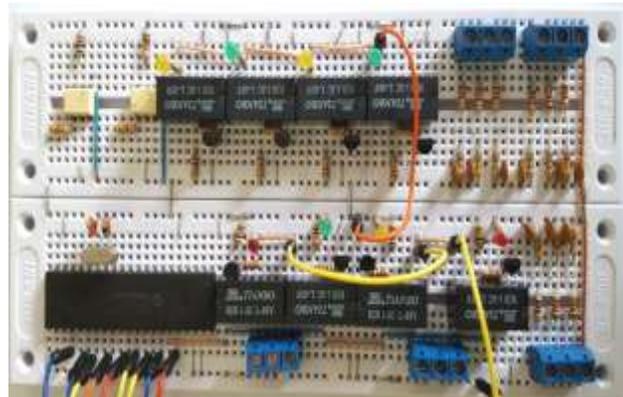


Figura 13. Placa do PIC com a Interface.

3.13 Diagramas Elétricos da Interface

A grande quantidade de sinais interfaceados no projeto torna o diagrama elétrico muito extenso, assim estamos apresentando blocos individuais do diagrama com a intenção de simplificação de desenhos, visto que os blocos se repetem em sua maioria.

Figura 14. Temos a interface entre o pino do PIC (RA0) programado como saída acionando o relê que envia 5 Vcc referente a Direção do Motor X na Placa do Drive.

Figura 15. A Saída do PIC (RC7) liga um relê que envia 24 VCC para acionar a entrada IN6 do CLP.

Figura 16. O Pino do PIC (RA2) envia pulsos para o Foto-acoplador alimentar a entrada de Frequência da placa do Drive promovendo a velocidade do Motor de Passo.

Figura 17. Mostra como o sinal do Sensor de Chapa (SC), chega até o Pino do PIC (RA4) programado como entrada, o mesmo diagrama é válido para todos os sensores.

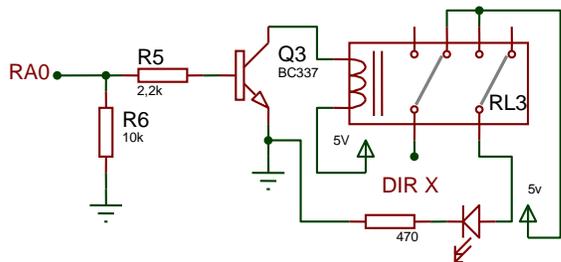


Figura 14. Interface do PIC com a Placa do Drive MP
Sinal de direção do Motor X.

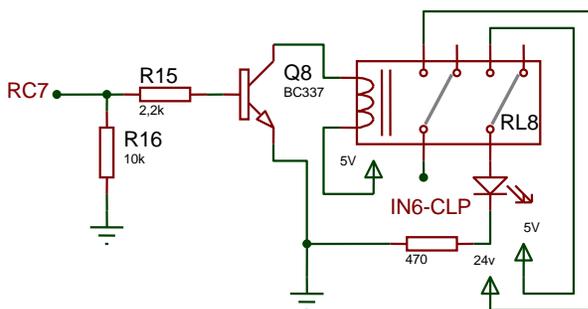


Figura 15. Interface PIC com a entrada Digital IN6 do CLP.

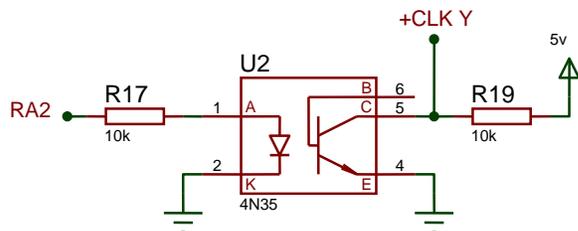


Figura 16. Interface do PIC com a Placa do Drive MP
Sinal de clock da velocidade.

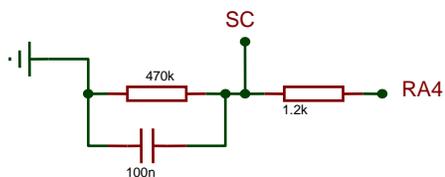


Figura 17. Ligação do sensor na entrada do PIC.

3.14 Ferramenta de Software do PIC

O programa foi desenvolvido em linguagem 'C', por questões de conhecimento prévio usamos o compilador (CCS PCWHD V5.008) em conjunto com o gravador e depurador PICKIT2 da Microchip.

A execução dos movimentos da Mesa se dá através de um programa sequencial simples onde as decisões são condicionadas pela estrutura 'IF'. O programa está dividido em 5 sub-rotinas que torna mais fácil o entendimento das etapas, as sub-rotinas de movimento dos Motores e

de retorno a posição de início (Home Position), encontram-se dentro de um loop 'While' que acionam os pinos de saída do PIC em função dos sinais dos sensores recebidos em suas entradas. O uso de instruções 'Break' dentro do programa foi muito importante nas ocasiões em que se fez necessário abandonar o loop quando a conclusão de um evento foi alcançada. Um Fluxograma do Código encontra-se no Tópico 2.4.2, Figura 3.

3.15 Ferramenta de Software do CLP

O CLP (Compact Logix) de fabricação Alen-Bradley, usado no projeto utiliza um Software de Programação denominado Rslogix 5000, com uma nova tecnologia de programação que apresenta inovações e vem se tornando tendência entre os fabricantes de CLP's, as várias ferramentas de programação que antes eram adquiridas separadamente hoje são completamente integradas, isto significa que podemos controlar toda uma arquitetura contendo CLP, Rede Industrial, IHM e Controladores de Motores entre outros dispositivos com um único Software. Neste projeto já fazemos uso desta tecnologia, toda a programação do CLP é feita em linguagem Ladder para controlar todos os Motores e dispositivos Pneumáticos da máquina, o CLP também se comunica com o Rack Remoto em rede Devicenet responsável por controlar a velocidade da esteira principal da máquina.

4 Testes de Funcionamento

A necessidade de desenvolver um sistema com alto nível de confiabilidade levou a realização de testes práticos com a finalidade de mensurar o rendimento da máquina, através de testes de Repetibilidade.

Para realizar os testes foram feitas mudanças no programa do PIC de forma que a Mesa passe a funcionar em modo contínuo realizando um ciclo após o outro. Por questões de visualização de valores, implementamos no programa do CLP 2 contadores que, recebendo sinais dos pinos de registro, irão contar as chapas posicionadas corretamente e o número total de chapas testadas. A partir dos dados obtidos poderemos subtrair os resultados dos contadores e saber o número de erros de posicionamento.

Na falta de dados que nos informem qual deveria ser a porcentagem de falhas aceitáveis, criamos a Tabela 8 que nos apresenta o resultado de um ciclo produtivo semanal para termos um valor de referência e usá-lo em nossos testes. Estes números variam a cada dia em função do tipo e da quantidade de cadernos a ser editado no dia específico da semana.

Dias da Semana	Número de Chapas Processadas	Número de Chapas Rejeitadas
2ªFeira	121	5
3ªFeira	126	8
4ªFeira	142	7
5ªFeira	240	12
6ªFeira	136	5
Sábado	142	6
Domingo	230	14
TOTAL DA SEMANA	1137	57

Tabela 8. Valores de Produção durante três Semanas.

OBS: A tabela foi montada intencionalmente utilizando a máquina que hoje apresenta problemas técnicos e tornou-se alvo de nosso projeto. Como esperado encontramos um alto valor de rejeito de aproximadamente 5%, em comparação a máquina que não apresenta problemas em seu funcionamento. A redução desta porcentagem de rejeito será o objetivo que deveremos alcançar na realização de nossos testes

4.1 Variáveis utilizadas nos Testes

Os valores de partida escolhidos para os testes, foram obviamente tomados em comparativo aos valores da máquina em funcionamento, com o uso de equipamentos de medição industrial como Torquímetro, Tacômetro e Manômetros Digitais etc. Foi feita uma pesquisa das principais variáveis que têm influência direta na precisão do processo que são: O Vácuo, e as Velocidades dos Motores de Passo e da Esteira de Transporte de Chapas. Então para os valores medidos das variáveis de Velocidade atribuímos diferentes valores. No caso da velocidade da esteira sabemos que deveremos ter velocidades menores para reduzir o impacto contra os pinos de registro Y. Já no caso dos Motores de Passo atribuímos um valor Superior e um valor Inferior em relação ao valor medido. Os valores das variáveis usados no projeto serão aqueles que apresentarem os menores índices de rejeito apresentados.

Montamos a Tabela 9 da seguinte forma. Fixamos três valores para o sistema do Vácuo em seu primeiro estágio de funcionamento que corresponde ao movimento do eixo Y, devido ao fato do Vácuo ter um valor original fixo em 100% fracionamos os valores em 1/4, o valor do Vácuo é alterado enviando valores analógico para a válvula proporcional.

Para cada valor do Vácuo iremos definir três valores para as velocidades da Esteira e dos Motores de Passo segundo o critério exposto acima. Manualmente através do potenciômetro a velocidade da Esteira é facilmente ajustada, já para os motores de passo será necessário alterar o valor da frequência enviada ao Drive do Motor de Passo via o programa do PIC.

Variáveis Medidas no Processo	Valores Ajustados	Total Rejeitado		
		Valor do Vácuo (%)		
	Nº Repetições 1137 Ciclos	25%	50%	75%
Velocidade Dos Eixos Motores de Passo	300Hz\1260 mm\min	12	8	17
	500Hz\2100 mm\min	11	5	15
	700Hz\2940 mm\min	14	10	18
Velocidade da Esteira Motor de Indução		200 RPM	400 RPM	600 RPM

Tabela 9. Variáveis do Processo

4.2 Resultado dos Testes

Através dos dados da Tabela 9 verificamos que os melhores resultados foram alcançados com o valor do Vácuo fixado em 50%, a velocidade dos Motores de Passo em 500 Hz que corresponde a 2100 mm\min de deslocamento Linear, com uma baixa velocidade da Esteira de 400 RPM.

Estes resultados alcançaram um percentual de falhas de 0,45%, que caracteriza um índice de falha aceitável para o processo, pois diminui bastante o desperdício de insumo. Sendo assim estes serão os valores adotados no projeto, pois estes são os que estão gerando os resultados que apresentaram os menores índices de rejeição de chapas. Desta forma estaremos garantindo um processo com um elevado índice de confiabilidade.

5 Conclusões e Melhorias

A proposta deste artigo é Automatizar o sistema de controle de uma máquina do ramo Gráfico em função do seu estado de obsolescência. A pesquisa teve como foco principal a implementação de um sistema Embarcado usando uma plataforma PIC totalmente sincronizada com um CLP, tornando possível a substituição da etapa de posicionamento de chapas de Impressão da máquina PBM com a finalidade de evitar a inoperância da mesma.

Observamos com os resultados obtidos, que a integração de duas plataformas com diferentes tecnologias, pode servir de referência para conduzir a resolução de diversos problemas em máquinas na área Industriais. Como foi o caso do projeto em questão que solucionou um problema específico em uma determinada seção da máquina. Características como redução de espaço físico, facilidade de programação e redução de custos encontrados nos PIC's, foram atrativos suficientes para aprovar e dar continuidade a este projeto.

O trabalho terá continuidade com implementações futuras, visando a melhoria de suas funcionalidades, uma destas será a inclusão de um Painel de operação IHM para permitir a comunicação com o sistema através da ferramenta de programação Rslogix 5000 já incluída no processo. Uma IHM tornará o sistema bastante flexível proporcionando ajustes em parâmetros de operação, diagnósticos de falhas e funções de manutenção essas funcionalidades completam o processo de Automação da Máquina.

Referências

- [1] F. Prudente. Automação Industrial Pneumática: Teoria e Aplicação, Editora GEN LTC, Rio de Janeiro, 2013.
- [2] A. Capelli. Automação Industrial: Controle de Movimento e processos contínuos, Editora Érica, São Paulo, 2013.
- [3] Powers, John W., and Kelly T. McMasters. "Method of and apparatus for punching and bending a lithographic plate." U.S. Patent No. 5,502,993. 2 Apr. 1996.
- [4] TAKEUCHI, Hideo ET al. System and plate bending machine for registering in an offset printing press. U.S. Patent n. 4,594,868, 17 jun. 1986
- [5] C. A. Silveira. Integração de um sistema de Impressão 3D em uma arquitetura modular de posicionamento Cartesiano (X, Y), Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.
- [6] F. D. Petruzella. Controladores Lógicos Programáveis, Editora AMGH, Porto Alegre, 2014.
- [7] A. Baratella. Sistema Fieldbus para Automação Industrial : Devicenet, Canopen, SDS e Ethernet, Editora Érica, São Paulo, 2009.
- [8] W. S. Zanco. Microcontroladores PIC 18F com Linguagem C baseado no PIC 18F4520, Editora Érica, São Paulo, 2010.
- [9] C. G. Ferreira. Motor de Passo Técnicas de Acionamento, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Julho, 1994.
- [10] Cálculo Velocidade Motor Passo. Disponível em: <<http://www.guiacnc.com.br/motores-em-geral-144/duvida-em-calcular-rpm-de-motor-de-passo/>>. Acesso em: 2 Julho 2016
- [11] Encoder Incremental. Disponível em:<<http://www.ab.com/em/epub/catalogs/12772/6543185/82395/39578/11966023/Product-Selection.html>>. Acesso Em: 5 maio 2016.
- [12] G.Carvalho. Máquinas Elétricas: Teoria e Ensaios, Editora Érica, São Paulo, 2011.
- [13] C. M Franchi. Inversores de Frequência: Teoria e Aplicação, Editora Érica, São Paulo, 2009.
- [14] Controlador de Motor de passo TB6560. Disponível em:<<http://hetprostore.com/TUTORIALE/tb6560-controlador-motor-pasos/>>. Acesso em 28 Junho 2016.

Previsão das dimensões da zona termicamente afetada de juntas soldadas com variação de parâmetros de soldagem

Title: Welded Joints' Heat Affected Zone's Extension Prediction By Switching Welding Parameters

Leonardo G. T. Costa de Melo
Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
lgtmelo@terra.com.br

Francisco Ilo Bezerra Cardoso
Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
ilo@poli.br

Ricardo Artur Sanguinetti
Departamento de Engenharia Mecânica
Universidade Federal de Pernambuco
50.740-560 - Recife, Brasil
ras@ufpe.br

Resumo *A escolha de parâmetros de soldagem é uma etapa importante do processo de soldagem, influenciando diretamente no aporte térmico fornecido às juntas soldadas. Esse valor de aporte térmico juntamente com a distribuição de temperatura nas juntas soldadas fornece ao projetista condições de prever o tamanho da zona termicamente afetada, o tipo de microestrutura formada e conseqüentemente prevenir os efeitos das tensões residuais. Neste estudo foram variados três parâmetros que nos forneceram condições de soldagens diferentes. Cada condição foi analisada pelo software SmartWeld 2011 e por macrografias para encontrar e comparar o tamanho da zona termicamente afetada (ZTA). Ainda, foram calculadas as tensões residuais através do método de Deslocamento por Pontos Coordenados (DPC). É possível escolher os melhores parâmetros para a junta de topo soldada pelo processo GMAW considerando os parâmetros em questão.*

Palavras-Chave: *tensão residual, parâmetros de soldagem, zta, deslocamento de pontos coordenados, chapas navais, gmaw.*

Abstract *Choosing welding parameters is an important step in welding process, influencing directly in heat input provided to welded joints. This heat input value, along with temperature distribution in welded joints, provides to the draftsman conditions of predicting the Heat Affected Zone (HAZ) extension, the kind of microstructure to be formed, and therefore, predict the effects of residual stress. Three welding parameters were switched which provided different welding conditions. Each condition was analyzed by SmartWeld 2011 software and macrographs to find and compare the extension of HAZ, and the residual stresses, calculated through Displacement of Coordinated Points (DCP) method. It is possible to choose the best parameters for the welded joint by GMAW process considering the parameters in study.*

Keywords: *residual stress, welding parameters, haz, displacement of coordinated points, naval sheets, gmaw.*

1 Introdução

Em qualquer processo de fabricação mecânico surgem preocupações que devem ser levadas em conta. Podem ser a respeito de acabamento, dimensões, propriedades químicas, elétricas, ou, como é mais comum nos processos envolvendo soldagem, as propriedades mecânicas. No que diz respeito às últimas, as propriedades do metal de adição em si são passíveis de se controlar através do uso de consumíveis de ligas designadas favoravelmente, mas as Zonas Termicamente Afetadas (ZTAs) pelo calor da solda são frequentemente as regiões mais críticas no que se refere a potenciais falhas [1]. A ZTA determina as mudanças microestruturais e metalúrgicas na solda devido ao calor gerado durante o processo de soldagem e, normalmente, devido à microestrutura de grãos grosseiros, a ductilidade e tenacidade nesta área são baixas, sendo o fator mais importante dentre os que afetam a ZTA, o aporte térmico [2].

Ainda, em função da influência térmica, um material, elemento mecânico, ou peça acabada pode, ao fim do processo em questão, permanecer com tensões internas. Estas são denominadas tensões residuais: tensões auto equilibradas existentes nos materiais em condições de temperatura homogênea e sem carregamento externo [3]. Quando se lida com elevadas variações térmicas, tais tensões são introduzidas pelo elevado gradiente de temperatura devido ao aquecimento e resfriamento não homogêneo, e são originadas principalmente devido à contração no resfriamento, contribuindo também o resfriamento superficial intenso e as mudanças de fase. O material utilizado nesta pesquisa é um aço termicamente tratável, de modo que é possível afirmar que o fluxo de calor e o gradiente térmico durante a soldagem afetam a transformação de fase, modificando ponto a ponto a microestrutura e as propriedades da área afetada, sendo esse gradiente o grande responsável pela existência de tensões residuais e distorções.

Nas amostras analisadas foram variados a tensão de soldagem, a velocidade de soldagem, e o ângulo de bisel. Contudo, para facilitar as comparações e posteriores análises, apenas um único parâmetro foi alterado por amostra, enquanto que os demais permaneceram constantes. Para o caso da variação no ângulo de bisel, permaneceram constantes os demais parâmetros de soldagem, de modo que o aporte térmico não variasse. Este pode ser calculado através da equação 1 a seguir [4].

$$E = \frac{\eta \times V \times I}{v} \quad (1)$$

Sendo:

η - eficiência de transferência, a depender do processo;

V - tensão em volts (V);

I - corrente elétrica em ampere (A);

v - velocidade linear de soldagem, em mm/s.

O aporte térmico é uma característica importante, pois assim como as temperaturas de preaquecimento e interpasses, influencia a taxa de resfriamento, que afeta as propriedades mecânicas e estrutura metalúrgica das regiões soldada e afetada pelo calor [5] e, conseqüentemente, afeta a extensão da ZTA e a distribuição de tensões residuais na soldagem.

2 Materiais e Métodos

2.1 Metal de base

As chapas utilizadas no trabalho foram fornecidas pelo Estaleiro Atlântico Sul, localizado no Porto de Suape - Cabo de Santo Agostinho - PE, com as dimensões de 1200 x 500 x 13,7 mm e classificação ASTM A131 grau AH-36.

Para as chapas de teste serem soldadas foi necessária a preparação das mesmas, sendo preciso cortá-las nas dimensões de 70 x 200 x 13,7 mm com o sentido de laminação longitudinal, para que os cordões de solda fossem produzidos paralelamente à direção de laminação.

2.2 Equipamentos, processo e parâmetros de soldagem

Foram utilizadas chapas de aço naval ASTM A-131 grau AH-36 com o objetivo de se calcular tensões residuais através do método de Deslocamento de Pontos Coordenados (DPC) e posteriormente, extrair amostras para avaliar as extensões das ZTAs. As chapas foram usinadas como demonstra a Figura 1, com altura de raiz de 2 mm e ângulo de bisel de 25°, ou ainda, 35°.



Figura 1: Chapa em processo de usinagem.

Foram realizadas soldagens através do processo GMAW com uma fonte semiautomática de soldagem MAG, como demonstra a Figura 2, em conjunto com uma máquina de corte a gás adaptada para realizar o translado da pistola (Figura 3), automatizando a operação.



Figura 2: Máquina de soldagem MAG semiautomática.



Figura 3: Máquina de corte a gás.

O arame utilizado foi o AWS ER70S-6 com 1,2 mm de diâmetro e o gás, uma mistura de 75% de Ar e 25% de CO₂. Para simular as soldagens de painéis navais, utilizaram-se travas laterais como maneira de impor restrições. A máquina de corte a gás foi então alinhada para o passe de raiz, e os passes subsequentes. Os passes foram realizados sempre se alternando o sentido para minimizar distorções. Após cada passe, o filme vítreo formado foi removido com uma escova de aço.

Quatro pares de chapas de 70 x 200 mm foram soldadas duas a duas com os parâmetros listados na Tabela 1 abaixo. Tomando a amostra 1 como referencial, para as

demais amostras foi variado apenas um parâmetro, de modo que fosse possível a comparação em função de cada alteração. Os parâmetros variados foram o ângulo de bisel, para a amostra 2, a velocidade de soldagem, para a amostra 3, e a tensão média, para a amostra 4.

Amostra	Tensão média (V)	Corrente média (A)	Velocidade de soldagem (mm/s)	Aporte médio (W)	$\alpha_{\text{bisel}} (^{\circ})$
1	19,53	173,67	6	565,38	25
2	19,99	169,33	6	564,13	35
3	19,49	174,75	3,5	972,98	25
4	26,91	178,42	6	800,15	25

Tabela 1: Parâmetros de soldagem utilizados

2.3 Medições de tensões residuais

O método utilizado para medir as tensões residuais foi o DPC [6], que consiste em se observar o deslocamento de pontos da chapa. Para tal, foram realizados cinco furos com 2 mm de profundidade usando uma broca de 2 mm de diâmetro (Figura 4), cujos centros foram então mapeados em (X, Y).



Figura 4: Furos realizados na amostra.

A distribuição dos furos é dada conforme a ilustração a seguir (Figura 5).

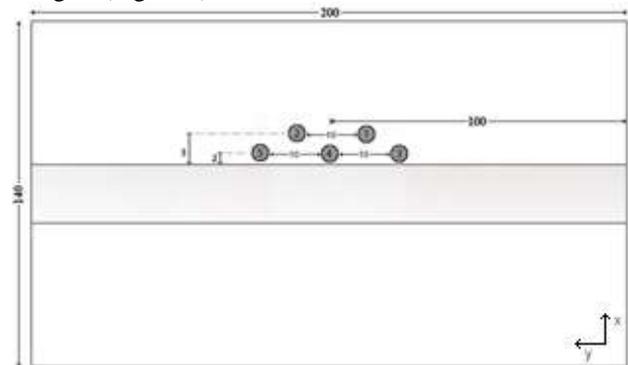


Figura 5: Esquema de distribuição de furos nas chapas soldadas.

A medição e mapeamento dos furos é realizada com uma Máquina de Medição de Coordenadas (MMC) com controle numérico computadorizado (Figura 6).



Figura 6: Medição sendo realizada na MMC.

A próxima etapa consiste na realização de um tratamento térmico de recozimento (Figura 7), o método mais utilizado atualmente para aliviar as tensões residuais [4], a 740°C com o objetivo de aliviar as tensões, sendo assim possível a identificação dos deslocamentos dos pontos medidos, uma vez que houve a reversão da plastificação. Essa condição acontece pois durante o tratamento térmico, a tensão de recuo atua revertendo as barreiras, contribuindo para o deslocamento (escoamento) na direção contrária à plastificação. [7]



Figura 7: Chapa retirada do forno após tratamento térmico.

Os pontos mapeados sofreram deslocamentos devido ao escoamento reverso do material e foram remapeados, de acordo com a técnica de medição de coordenadas, que determina os parâmetros dimensionais através da medição das coordenadas de pontos sobre a superfície de uma peça e os processa matematicamente [8]. Com isso, é possível calcular a deformação através da equação 2, tanto no sentido longitudinal quanto transversal.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2)$$

Sendo:

- ε : deformação específica;
- ΔL : distância dos pontos coordenados (mm);
- L_0 : distância entre o ponto e o centro da chapa (mm).

Com as coordenadas dos pontos medidos antes e após o tratamento térmico, as tensões de soldagem podem ser calculadas através das equações (3) e (4) [9]:

$$\sigma_x = \frac{E}{1-\nu^2} (\varepsilon_x + \nu\varepsilon_y) \quad (3)$$

$$\sigma_y = \frac{E}{1-\nu^2} (\varepsilon_y + \nu\varepsilon_x) \quad (4)$$

Sendo:

- σ_x : tensão residual longitudinal - direção de soldagem (Pa);
- σ_y : tensão residual transversal - normal à direção de soldagem (Pa);
- ε_x : deformação específica paralela ao cordão de solda;
- ε_y : deformação específica perpendicular ao cordão de solda;
- E : módulo de elasticidade do material (GPa);
- ν : coeficiente de Poisson.

Ainda, os valores de tensões residuais σ_x e σ_y são obtidos pela medição de ε_x e ε_y , que medem as extensões dos deslocamentos reversos nos pontos onde se deseja conhecer a tensão residual [9]. Para calculá-los, adotou-se o módulo de elasticidade de 207 GPa e coeficiente de Poisson de 0,3 [7].

2.4 Medição e modelagem da ZTA

Como as soldagens realizadas foram multipasses, para medição efetiva da extensão da ZTA relativa ao processo foi realizada a identificação do último passe de solda. Para tal, foram realizadas as macrografias abaixo (Figuras 8-11) em corpos de prova extraídos de cada amostra.



Figuras 8 e 9: Macrografias dos CPs das amostras 1 e 2.

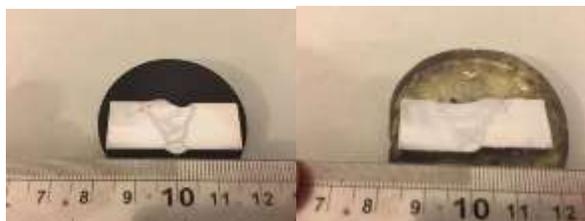


Figura 10 e 11: Macrografias dos CPs das amostras 3 e 4

A medição foi realizada com o uso do instrumento de medição dimensional de um microscópio ótico nas regiões identificadas nas figuras.

Para fins comparativos, foi realizada a modelagem do cordão de solda através do software SmartWeld 2011, com o uso do módulo ISO 2.5D. Por meio desta simulação foram obtidas representações do gradiente das temperaturas alcançadas no plano transversal ao cordão de solda, sendo apenas necessário preencher qual temperatura deseja-se visualizar na representação. Para a realização das simulações faz-se necessário escolher um material de um banco de dados próprio e não editável do software. Como não consta o aço ASTM A131 grau AH-36, selecionamos o aço AISI 1018 por ser o que mais se assemelha dentre os ofertados. O SmartWeld não possui suporte a soldagens multipasses, sendo modelado apenas um filete de solda. Como o que está em estudo efetivamente é a ZTA relativa ao último passe de solda, isso não foi um problema. A temperatura de recristalização do aço utilizado nesta pesquisa é de 750°C [10], sendo este o valor adotado para a identificação da isotérmica correspondente ao início da ZTA.

2.5 Resultados e discussão

Foram calculadas as tensões na direção longitudinal e perpendicular ao cordão de solda para cada um dos cinco pontos de cada amostra. Os módulos das tensões foram então agrupados de acordo com a distância entre o ponto em questão e o cordão de solda. Assim, foram agrupados os pontos 1 e 2, cujos centros distanciam-se 3 mm da margem do cordão de solda, e 3, 4 e 5, com centros localizados a 2 mm da margem do cordão de solda. A média dos valores dos pontos agrupados foi então compilada na Tabela 2.

Amostra	$ \sigma_{x1,2a} $ (MPa)	$ \sigma_{x3,4,5a} $ (MPa)	$ \sigma_{y1,2a} $ (MPa)	$ \sigma_{y3,4,5a} $ (MPa)
1	184,18	202,96	232,29	252,45
2	92,08	104,34	109,56	123,68
3	18,12	14,26	25,82	19,72
4	83,49	80,51	104,16	102,83

Tabela 2: Tensões residuais.

Os resultados encontrados estão condizentes com os intervalos de valores de tensões residuais encontrados em

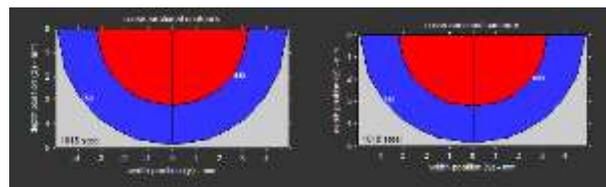
chapas com espessuras similares [11]. É possível observar a redução nas tensões residuais quando se eleva o ângulo de bisel (no caso, de 25° a 35°), com demanda de mais passes e conseqüente aumento de volume de solda depositada. De forma análoga, ocorre redução nas tensões residuais com a redução da velocidade, bem como com o aumento da tensão elétrica, uma vez que ambos os casos implicam em aumento do aporte térmico. O aporte térmico e o número de passes tem grande efeito na distribuição das tensões residuais: com o aumento do aporte térmico e do número de passes, as tensões residuais decrescem, sendo a soldagem multipasses e o elevado aporte térmico úteis para redução nas tensões residuais [12].

A Tabela 3 lista os valores das medições da extensão das ZTAs obtidas experimentalmente, a partir de cada amostra embutida.

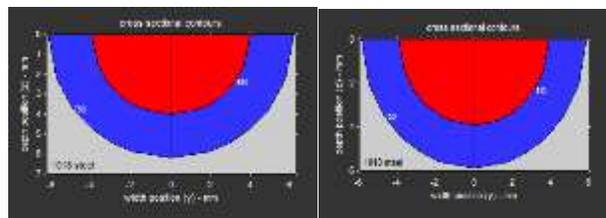
Amostra	Largura da ZTA (mm)
1	1,80
2	1,60
3	2,10
4	2,00

Tabela 3: Larguras das ZTAs obtidas experimentalmente

As imagens a seguir (Figuras 12-15) foram os resultados obtidos nas modelagens realizadas no SmartWeld.



Figuras 12 e 13: Modelagens das amostras 1 e 2, respectivamente.



Figuras 14 e 15: Modelagens das amostras 3 e 4, respectivamente.

A partir as imagens obtidas pelo modelo, foram obtidos os valores das extensões das ZTAs, mostrados na Tabela 4.

Amostra	Largura da ZTA (mm)
1	1,8
2	1,8
3	2,1
4	2,0

Tabela 4: Larguras das ZTAs segundo SwartWeld.

A partir dos valores obtidos com as medições e simulações, observa-se que o SmartWeld é uma ferramenta precisa para usos equivalentes ao do estudo em questão, principalmente ao se considerar os poucos parâmetros que exige para realizar uma modelagem como esta. Três das amostras medidas (n° 1, 3 e 4) apresentaram o mesmo valor de largura da ZTA que o previsto pelo software, enquanto que a única amostra com divergência (n° 2) apresenta um erro baixo, considerando as aproximações e adequações realizadas. Ainda, o software não aceita a configuração do ângulo de bisel como um parâmetro.

Se levarmos em conta unicamente o valor de tensões residuais menores devemos escolher velocidades de soldagens menores, mas teremos tamanhos de ZTA maiores. Entretanto, se levarmos em conta unicamente o tamanho da ZTA, escolheremos trabalhar com ângulos de bisel maiores, apesar da maior demanda de volume de solda para preenchimento efetivo, que na prática, limitaria o parâmetro. Porém, teremos as tensões reduzidas pela metade. As mudanças de parâmetros de soldagem afetam os valores de tensões residuais para mais e o tamanho da ZTA para menos, e vice-versa, então cabe ao engenheiro escolher o que precisa ser levado em conta na hora de escolher os parâmetros de soldagem.

3 Conclusões

O software SmartWeld mostrou-se uma ferramenta razoável para prever a extensão da ZTA para um único passe de soldagem, apresentando valores coerentes com os medidos nas amostras n° 1, 3 e 4. A divergência na amostra n° 2, com variação do ângulo de bisel, pode ser atribuída ao fato do software não aceitar a configuração de ângulo de bisel como um parâmetro.

Ao analisar a mudança de bisel de 25° para 35°, as tensões residuais foram reduzidas pela metade, como esperado. Para a mudança de velocidade de 6 mm/s para 3,5 mm/s, o tamanho da ZTA aumentou em 0,3 mm e as tensões residuais diminuíram entre 160 e 230 MPa. Mostrando que podemos ter um tamanho de ZTA maior, porém reduzimos significativamente as tensões residuais.

Para a mudança da tensão de soldagem de 19,53 V para 26,91 V o tamanho da ZTA aumentou em 0,2 mm e as tensões residuais diminuíram um pouco mais que a metade. Mais uma vez, mostrando que podemos ter uma ZTA maior, mas teremos tensões residuais menores.

Referências

[1] B. Hutchinson, J. Komenda, G. S. Rohrer, H. Beladi. Heat affected zone microstructures and their influence on toughness in two microalloyed

HSLA steels. *Acta Materialia* 97, 2015.

- [2] M. A. Moghaddam, R. Golmezergi, F. Kolahan. Multi-variable measurements and optimization of GMAW parameters for API-X42 steel alloy using a hybrid BPNN-PSO approach. *Measurement* 92, p. 279-287, 2016.
- [3] E. Macherauch, K. H. Kloss. "Origin, Measurements and Evaluation of Residual Stress in Science and Technology". Ed. by Macherauch, V. Hauk, DGM VERLAG, 1997.
- [4] P. J. Modenesi. *Efeitos Mecânicos do Ciclo Térmico*. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. 2001.
- [5] W. Zinn, B. Scholtes. *Residual Stress Formation Processes During Welding and Joining, Handbook of Residual Stress and Deformation of Steel*, ASM Inter., p. 391-396, 2002.
- [6] A. V. Siqueira Filho. *Estudo Comparativo das Tensões Residuais em Juntas Soldadas pelas Técnicas de Medição por Coordenadas e Difração de Raios-X*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, Fev 2012.
- [7] C. E. Mendes. *Previsão de tensões residuais em juntas soldadas de painéis navais pelo método DPC*. Dissertação de Mestrado, Universidade federal de Pernambuco. Out 2015.
- [8] T. L. Rolim. *Sistemática indicadora de método para calibração de máquinas de medição por coordenadas*. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Paraíba. Dez 2003.
- [9] T. Okumura, C. Tanigusgi. *Engenharia de soldagem e aplicações*. Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, 1982.
- [10] I. L. Gonçalves. *Influência da Temperatura no Tratamento de Alívios de Tensões em uma Junta Soldada Baseado no Método DPC*. Dissertação de Mestrado, UFPE. Jul 2015.
- [11] W. C. Jiang, B. Y. Wang, J. M. Gong, S. T. Tu. Finite element analysis of the effect of welding heat input and layer number on residual stress in repairwelds for a stainless steel clad plate. *Materials & Design* 32, p. 2851-2857, 2011.
- [12] T. J. Kim, B. S. Jang, S.W. Kang. Welding deformation analysis based on improved equivalent strain method considering the effect of temperature gradients. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, v. 7, 2015.

Efeito da velocidade de soldagem e anisotropia no cálculo de tensões residuais em chapas soldadas pelo processo GMAW

Title: Effect of welding speed and anisotropy in the calculation of residual stresses in welded plates by GMAW welding process

Catarina Esposito Mendes
Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
catarina.em12@gmail.com

Francisco Ilo Bezerra Cardoso
Escola Politécnica de Pernambuco
Universidade de Pernambuco
50.720-001 - Recife, Brasil
ilo@poli.br

Ricardo Artur Sanguinetti
Departamento de Engenharia Mecânica
Universidade Federal de Pernambuco
50.740-560 - Recife, Brasil
ras@ufpe.br

Resumo *Esse trabalho busca estudar os efeitos da mudança da velocidade de soldagem e o efeito da anisotropia no cálculo de tensões residuais calculadas pelo método de deslocamento de pontos coordenados (DPC) de chapas laminadas soldadas pelo processo de soldagem GMAW. O material utilizado foi um aço estrutural naval ASTM A131 Grau AH-36, soldado no sentido da laminação e transversalmente a ela com duas velocidades de soldagem, 3,5 e 5,4mm/s. Para analisar o efeito da velocidade de soldagem e a mudança do sentido da laminação em relação ao cordão de solda na tensão residual, e se existe interação entre essas duas condições na resposta da tensão residual foram realizados os testes de hipóteses e do ANOVA, onde encontramos uma forte interação da mudança de velocidade de soldagem na tensão residual e uma influência da combinação da velocidade de soldagem com o sentido de laminação na resposta da tensão residual.*

Palavras-Chave: *tensões residuais, soldagem GMAW, método DPC.*

Abstract *This work intends study the effects of the welding speed changes and the anisotropy effect in the calculation of residual stresses using the method of displacement coordinate points (DCP) of laminated plates welded by GMAW process. The used material was a naval structure steel ASTM A131 grade AH-36, welded by GMAW process, both by rolling direction and transverse to it with two welding speeds, 3.5 and 5.4mm/s. To analyze the effect of welding speed and the direction of rolling on the residual stress, and if there is interaction between these two conditions in the response were made the hypothesis testing and ANOVA. Which has found a strong interaction in the residual stress due to the change of welding speed and an influence of the welding speed with the laminating direction in the residual stress response.*

Keywords: *residual stress, DCP method, ANOVA, hypothesis testing.*

1 Introdução

Tensões residuais são definidas como as tensões internas que permanecem no material, elemento mecânico ou produto final ao se encerrarem os esforços mecânicos e/ou térmicos. As tensões residuais podem ser prejudiciais para o desempenho de um material ou a vida de um componente mecânico, então é de fundamental importância o conhecimento de suas características e medidas para a prevenção e o controle [1].

As tensões residuais podem existir em peças ou materiais submetidos a diferentes processos térmicos e mecânicos. Nesse trabalho observaremos o comportamento de chapas navais laminadas submetidas ao processo de soldagem.

O objetivo principal desse trabalho é estudar a influência da mudança de velocidade de soldagem e o efeito da anisotropia no cálculo de tensões residuais calculadas pelo método de deslocamento de pontos coordenados (DPC) de chapas laminadas soldadas pelo processo de soldagem GMAW.

Para chegarmos a uma conclusão sobre a influência da velocidade de soldagem e da mudança do sentido da laminação em relação ao cordão de solda na tensão residual, e se existe interação entre essas duas condições, vamos trabalhar com o teste de hipóteses e o ANOVA.

1.1 Processo de soldagem GMAW

Soldagem GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) ou MIG/MAG é um método no qual a fonte de calor requerido para fundir o metal é gerada por um arco elétrico formado pela corrente elétrica passando entre o arame nu consumível (alimentado continuamente) e a peça de trabalho. A proteção da região a ser soldada é feita por uma atmosfera de gás inerte e/ou ativo. A nomenclatura MIG é um acrograma advindo do inglês, onde representa Metal Inert Gas e MAG representa Metal Active Gas [1].

Esse processo pode ser realizado de forma automática ou semiautomática. Em ambos os casos, a alimentação do arame-eletrodo é feita mecanicamente. O arame-eletrodo é chamado assim, pois a partir do ponto de contato elétrico até o metal de base, ele passa a ter a função de condutor elétrico.

O enorme calor desenvolvido pela passagem da corrente pelo arame-eletrodo e a chapa consegue fundir a extremidade do arame e as bordas adjacentes das peças de trabalho, criando uma poça de metal fundido. Esta poça está em um estado líquido bem fluido e turbulento. À medida que o cordão de solda é constituído, o fluxo depositado se resfria e solidifica, formando um material duro e vítreo, que protege a solda até seu resfriamento, sendo obrigatória a posterior retirada.

O gás de proteção tem as funções de ser um meio ionizante e de evitar a contaminação do arame-eletrodo, das gotas de metal fundido em transferência, da poça de fusão pelos gases da atmosfera, conferindo as propriedades de estabilidade do arco e controlando a transferência metálica, consumo do arame-eletrodo e fusão do metal de base [1].

A energia de soldagem, calculada a partir da eficiência do processo de soldagem, da corrente, da tensão e da velocidade de soldagem. A energia de soldagem representa a quantidade de calor adicionada a um material por unidade de comprimento linear, expressa em kJ/mm, kJ/cm ou J/mm. A energia de soldagem (ou aporte térmico) é calculada pela equação (1) [1]:

$$E = \frac{\eta \times V \times I}{v} \quad (1)$$

Onde:

η - eficiência de transferência, a depender do processo;

V - tensão em volts (V);

I - corrente elétrica em amperes (A);

v - velocidade linear de soldagem, em mm/s.

O fluxo de calor durante a soldagem afeta as transformações de fase, modificando, assim, a microestrutura, o ciclo térmico e as propriedades resultantes na área afetada pelo processo. Consequentemente, é esse o grande responsável pela existência das tensões residuais e distorções.

1.2 Tensões residuais devido ao processo de laminação

No processo de laminação, as tensões residuais são introduzidas pelas deformações plásticas não uniformes causadas pelos esforços de compressão dos rolos sobre a chapa. Para as chapas consideradas grossas, os grãos da superfície da chapa são deformados e tendem a se alongar, enquanto que os grãos do centro da chapa permanecem sem serem afetados. As fibras da parte central tendem a impedir as fibras superficiais de se alongarem, enquanto as fibras superficiais esticam as da parte central da chapa. Essa diferença no comportamento das fibras resulta em uma distribuição de tensões residuais na chapa, que consiste em elevadas tensões compressivas na superfície e tensões trativas no centro, mostrada na Figura 1 [2].

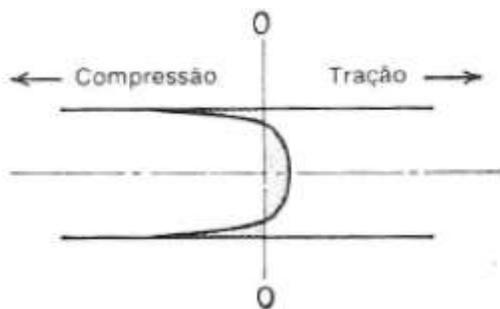


Figura 1: Representação esquemática da distribuição resultante da tensão residual longitudinal ao longo da espessura de chapa [2].

Quando a chapa laminada apresenta deformação homogênea, as fibras superficiais que foram alongadas na direção longitudinal pela laminação permanecem em um estado de tensões residuais compressivas ao se remover a carga externa de laminação.

Para este caso de tensões residuais longitudinais apresentado na Figura 1, a área sob a curva para as tensões residuais compressivas deve se equilibrar com a área sob a curva para as tensões residuais trativas, assim tornando a força total e o momento total em qualquer plano nulo. Entretanto, é importante apontar que a situação real se torna complexa devido à presença de um estado de tensões residuais tridimensional.

1.3 Tensões residuais devido ao processo de soldagem

As tensões residuais pelo processo de resfriamento, ocorrem porque as regiões aquecidas e resfriadas são vizinhas. Essa diferença de temperatura fará com que o material dilate e esfrie de forma diferente dependendo da temperatura que cada região vá atingir, de modo que a região do cordão de solda e a sua vizinhança apresentarão tensões térmicas diferentes. Porém, no processo de soldagem de chapas, se existir algum tipo de restrição ao movimento de contração e dilatação, como por exemplo, ponteamto da chapa, surgirão as tensões térmicas residuais à temperatura ambiente. Para o cordão de solda, o acúmulo de tensões térmicas será do tipo tração, atingindo valores da ordem do limite de escoamento do material da solda.

As tensões residuais devido ao resfriamento superficial intenso acontecem ao longo da espessura da junta soldada, já que a parte exposta ao ar ambiente esfria mais rápido que a parte interna. Quando o processo de resfriamento começa, a superfície se contrai rapidamente em relação ao interior da peça, provocando assim o escoamento localizado do material que por sua vez, provocará a existência da tensão residual. Observa-se que as tensões são mais intensas na soldagem de chapas ou tubulações com grandes espessuras. [3].

1.4 Método de deslocamento de pontos coordenados para cálculo de tensões residuais

O método DCP foi desenvolvido por Siqueira Filho em 2012 como um método teórico-experimental alternativo ao método do furo cego. O DCP mede as tensões residuais utilizando uma Máquina de Medição por Coordenadas [4].

O método consiste em realizar pequenos furos com broca de centro de 2,5 mm de diâmetro por 2 mm de profundidade e, em seguida cada coordenada (x,y) do centro dos furos deve ser mapeada na Máquina de Medição por Coordenadas (MMC) com controle numérico computadorizado. Para o mapeamento dos pontos é preciso realizar um ponto de referência em cada chapa. Após essa etapa o material deve ser submetido a um tratamento térmico para o alívio de tensões com temperatura inferior à de recristalização do material. Ao término do tratamento térmico do material os pontos mapeados sofrerão deslocamentos devido ao escoamento do material. Então, os pontos deverão ser novamente mapeados. E a técnica DPC poderá ser aplicada, possibilitando a cálculo das deformações através das equações (2) e (3) para o sentido longitudinal e transversal, respectivamente:

$$\epsilon_x = \frac{X_f - X_i}{X_i} \quad (2)$$

$$\epsilon_y = \frac{Y_f - Y_i}{Y_i} \quad (3)$$

Onde:

ϵ_x : deformação específica na direção x;

ϵ_y : deformação específica na direção y;

X_i : Coordenada inicial do ponto na direção x (mm);

X_f : Coordenada final do ponto na direção x (mm);

Y_i : Coordenada inicial do ponto na direção y (mm);

Y_f : Coordenada final do ponto na direção y (mm).

Com os valores das deformações específicas nas duas direções, as tensões residuais no estado plano de tensões geradas pelo processo de soldagem podem ser calculadas pelas equações (4) e (5) [6]:

$$\sigma_x = \frac{E}{1-\nu^2} (\epsilon_x + \nu\epsilon_y) \quad (4)$$

$$\sigma_y = \frac{E}{1-\nu^2} (\epsilon_y + \nu\epsilon_x) \quad (5)$$

Onde:

com base nos elementos amostrais. Onde a H_0 (hipótese nula) será testada estatisticamente e o H_1 (hipótese não nula) supõe o que o pesquisador quer estudar. Quando se rejeita H_0 , com nível de significância de 5%, por exemplo, o pesquisador automaticamente aceita sua hipótese não nula [11].

2 Materiais e métodos

2.1 Metal de base

As chapas utilizadas no trabalho foram fornecidas pelo Estaleiro Atlântico Sul, localizado no Porto de Suape - Cabo de Santo Agostinho – PE, com as dimensões de 1200 x 500 x 13,7 mm e classificação ASTM A131 grau AH-36.

Para as chapas de teste serem soldadas foi necessária a preparação das mesmas, sendo preciso cortá-las nas dimensões de 70 x 200 x 13,7 mm com o sentido de laminação transversal e longitudinal, para que os cordões de solda fossem produzidos transversalmente e paralelamente à direção de laminação.



(a)



(b)

Figura 3: a) Fonte GMAW para soldagem da ESAB Smashweld 318 Topflex e b) tartaruga utilizada para a soldagem. (Catarina, 2015).

CHAPA	SENTIDO DA LAMINAÇÃO	TENSAO MEDIA (V)	CORRENTE MEDIA (A)	VELOCIDADE DE SOLDAGEM (mm/s)	APORTE TERMICO (kJ/m)
1	Longitudinal	19,3	220	3,5	979,1
2	Longitudinal	19,7	199	3,5	914,3
3	Transversal	18,9	213,3	3,5	896,5
4	Transversal	19	212,7	3,5	611,9
5	Longitudinal	18,8	219,7	5,4	572,8
6	Longitudinal	18,1	213,6	5,4	554,5
7	Transversal	18,1	206,8	5,4	554,7
8	Transversal	18	208	5,4	971,7

Tabela 1: Parâmetros de soldagem utilizados e aporte térmico para cada chapa. (Catarina, 2015)

2.2 Equipamentos, processo e parâmetros de soldagem

O processo de soldagem GMAW foi executado de forma semiautomática com uma fonte, Figura 3(a) de soldagem ESAB Smashweld 318 Topflex e uma tartaruga Figura 3(b) fornecidos pelo programa PRH PB203.

Para o processo de soldagem GMAW foi utilizado um arame de bitola de 1,2mm e tipo ASME SFA 5.18 ER70S-6, com um gás de 75% de Ar e 25% de CO_2 .

O procedimento de soldagem foi executado em chapas com junta de topo, com chanfro de 50°, chanfro tipo V com nariz de 2 mm e posição de soldagem 1G. A usinagem dos chanfros foi realizada em um centro de usina-

gem do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco.

As chapas foram soldadas no galpão do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco. Após cada passe a camada vítrea no cordão de soldagem foi removida com uma escova de aço.

2.3 Ensaio pelo método de deslocamento de pontos coordenados

Depois das chapas soldadas, foram realizados furos com brocas de centro de 2,5 mm de diâmetro por 2 mm de profundidade sobre a ZTA. Em seguida, as coordenadas (x,y) do centro de cada furo foram mapeadas em uma Máquina de Medição por Coordenadas (MMC) com controle numérico computadorizado, modelo CRYSTA

574 (curso de medição de 700 mm e resolução de 0,0005 mm), fabricação MITUTOYO, ano 2004, com certificado de calibração 03206/2013, do Laboratório de Medição por Coordenada (LAMECO) do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE.

Após a realização do mapeamento inicial dos pontos em cada chapa, foi preciso realizar um tratamento térmico de alívio de tensão à temperatura de 680 °C por 30 min. Ao término do TT do material, os pontos mapeados sofreram deslocamentos devido ao escoamento do mate-

rial e com isso, foram novamente mapeados. Destas novas coordenadas dos centros dos furos medidas na MMC, foram encontradas as deformações geradas pelo processo de soldagem.

Com os valores das coordenadas de antes e depois do tratamento térmico de cada furo, foram calculadas as deformações pelas equações 2 e 3 e posteriormente, as tensões residuais pelas equações 4 e 5 em cada ponto.

A Tabela 2 demonstra os deslocamentos dos pontos coordenados medidos na máquina de medição por coordenadas.

Velocidade de soldagem (mm/s)	Sentido de laminação	Deslocamento em X (mm)						Média para X (mm)
		0,010	0,001	0,006	0,007	0,006	0,001	
3,5	Longitudinal	0,010	0,001	0,006	0,007	0,006	0,001	0,005
5,4	Longitudinal	0,014	0,014	0,013	0,036	0,035	0,081	0,032
3,5	Transversal	0,011	0,010	0,006	0,003	0,003	0,004	0,006
5,4	Transversal	0,003	0,003	0,002	0,016	0,004	0,006	0,006
Velocidade de soldagem (mm/s)	Sentido de laminação	Deslocamento em Y (mm)						Média para Y (mm)
		0,013	0,001	0,012	0,011	0,010	0,013	
3,5	Longitudinal	0,013	0,001	0,012	0,011	0,010	0,013	0,010
5,4	Longitudinal	0,024	0,028	0,031	0,055	0,047	0,089	0,046
3,5	Transversal	0,017	0,019	0,014	0,005	0,006	0,006	0,011
5,4	Transversal	0,005	0,005	0,004	0,026	0,008	0,015	0,011

Tabela 2: Deslocamentos dos pontos coordenados medidos através da máquina de medição por coordenadas. (Catarina. 2015).

Para todas as combinações de parâmetros (A,B) os valores dos deslocamentos dos pontos na direção y são preferencialmente maiores (direção do cordão de solda). Porém, quando trabalhamos com os cordões de soldados no sentido transversal, os deslocamentos tendem a assumir valores mais próximos.

Essa condição acontece, pois, durante o TT a tensão de recuo atua revertendo as barreiras (discordâncias bloqueadas) contribuindo para o deslocamento (escoamento) na direção contrária à plastificação. Entretanto, com a soldagem no sentido transversal a laminação, a tensão de

recuo não atua revertendo as barreiras, pois o escoamento é na direção da plastificação.

A Tabela 3 demonstra os resultados das medições de tensões residuais em X e Y pelo método DPC. Onde pode-se observar que a maior média das tensões residuais foram para a maior velocidade de soldagem (aporte térmico menor) concordando com o trabalho de Peel et al. [12], onde foi observado que o aumento do aporte térmico através da redução da velocidade de soldagem resulta na redução da tensão residual.

Velocidade de soldagem (mm/s)	Sentido de laminação	Tensão residual em X (MPa)						Média para X (MPa)
		81,6	5,0	55,7	61,1	56,9	6,1	
3,5	Longitudinal	81,6	5,0	55,7	61,1	56,9	6,1	44,4
5,4	Longitudinal	124,9	129,8	128,5	162,9	143,6	117,4	134,5
3,5	Transversal	97,3	92,5	60,7	25,3	30,1	37,1	57,2
5,4	Transversal	26,9	24,8	18,6	138,2	37,2	62,8	51,4
Velocidade de soldagem (mm/s)	Sentido de laminação	Tensão residual em Y (MPa)						Média para Y (MPa)
		79,7	5,4	65,7	64	65,9	7,7	
3,5	Longitudinal	79,7	5,4	65,7	64	65,9	7,7	48,1
5,4	Longitudinal	135,7	154,4	165,3	163,5	154,6	222,7	166,0
3,5	Transversal	99,6	104,7	74,8	26,6	34,5	36,1	62,7
5,4	Transversal	28,0	28,8	23,9	148,8	44,1	82,6	59,4

Tabela 3: Resultados das tensões residuais calculadas através da Lei de Hooke. (Catarina, 2015).

2.4 Resultados do planejamento fatorial e do ANOVA

Os testes de hipóteses para o fator A, a velocidade de soldagem e o fator B, o sentido de laminação, portanto, as hipóteses nulas são:

H0: Não há efeito principal da velocidade de soldagem;

H0: Não há efeito principal do sentido de laminação;

H0: Não há combinação de efeitos;

E a hipótese não nula é:

H1: Há efeito em cada um dos três casos.

A Tabela 4 mostra os valores de P-valor para os efeitos dos fatores individualmente e do efeito de interação tanto para tensões residuais em X quanto para Y.

	Para X: P-valor	Para Y: P-valor
Velocidade de soldagem	0,005	0,001
Sentido da laminação	0,016	0,007
Velocidade de soldagem : sentido da laminação	0,002	0,0007

Tabela 4: Valores de p-valor para o teste de hipóteses. (Action Stat)

As hipóteses nulas são rejeitadas quando comparamos os valores de P calculados com o P-valor de 0,05 [13]. Ou seja, temos 95% de certeza que as hipóteses nulas são falsas, então, há efeito da velocidade de soldagem e do sentido de laminação na tensão residual, e, também há uma combinação desses dois efeitos na resposta. Portanto, podemos observar esses efeitos através dos gráficos de efeitos e interações.

Para observar os efeitos principais e de interações dos efeitos um planejamento fatorial 2² foi realizado. Os fatores foram a velocidade de soldagem e o sentido de laminação em relação ao cordão de solda e para cada fator foram utilizados dois níveis. Para a velocidade de soldagem foi escolhido duas velocidades de 3,5 mm/s (V0) e 5,4 mm/s (V1), e para o sentido da laminação também foram escolhidos o sentido longitudinal (L0) e transversal (L1) à laminação do cordão de solda. Para cada combinação de fatores e níveis foram trabalhados 6 pontos. Quando o método DPC foi utilizado para medir as tensões residuais, conseguimos montar a nossa matriz de planejamento mostrada na Tabela 3 anteriormente.

Utilizando o software Action Stat versão 3.1.43.694.649 ano 2016 podemos analisar o efeitos da velocidade de soldagem e do sentido de laminação na cálculo das tensões residuais.

Podemos quantificar o valor do efeito principal da velocidade de soldagem, do sentido de laminação e o efeito

de interação entre os dois fatores. O efeito principal é a diferença entre a resposta média no nível superior e a resposta média no nível inferior de cada fator, equação 6:

$$Fator = \bar{y}_+ - \bar{y}_- \quad (6)$$

Onde:

Fator: o fator que você deseja calcular;

\bar{y}_+ : diferença da resposta média no nível superior;

\bar{y}_- : diferença da resposta média no nível inferior.

Para o efeito de interação utilizamos a diferença entre a média das tensões entre cada fator, equação 7.

$$Interação = \left(\frac{\Delta Tensão 2 - \Delta Tensão 1}{6} \right) \quad (7)$$

Onde:

Interação: interação entre os fatores;

$\Delta Tensão 1$: diferença da resposta média do fator 1;

$\Delta Tensão 2$: diferença da resposta média do fator 2.

A Figura 4 demonstra que a tensão residual em X é mais sensível a mudança da velocidade de soldagem que a mudança do sentido de laminação.

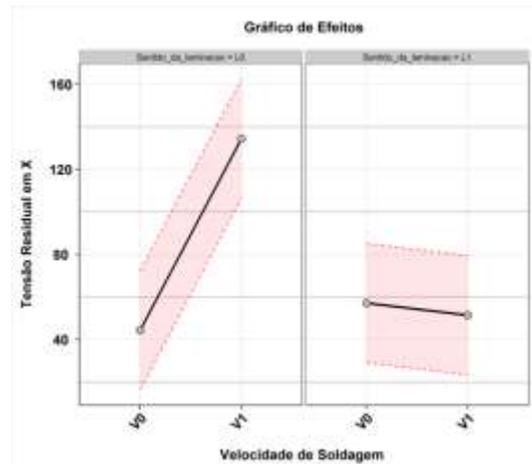


Figura 4: Gráfico de efeitos da velocidade de soldagem e sentido de laminação na tensão residual em X.

Quando aumentamos a velocidade de soldagem de 3,5 mm/s para 5,4 mm/s a tensão residual média em X aumenta de 44,4 MPa para 134,5 MPa resultando em um acréscimo de 90,1 MPa. E quando mudamos o sentido de laminação a tensão residual média em X diminui de 57,2 para 51,4 MPa resultando em uma redução de 5,8 MPa. Isso mostra que o efeito da velocidade de soldagem na tensão residual depende do sentido de laminação e o

efeito do sentido da laminação na tensão residual depende da velocidade de soldagem.

A Figura 5 demonstra o gráfico de interações dos dois fatores.

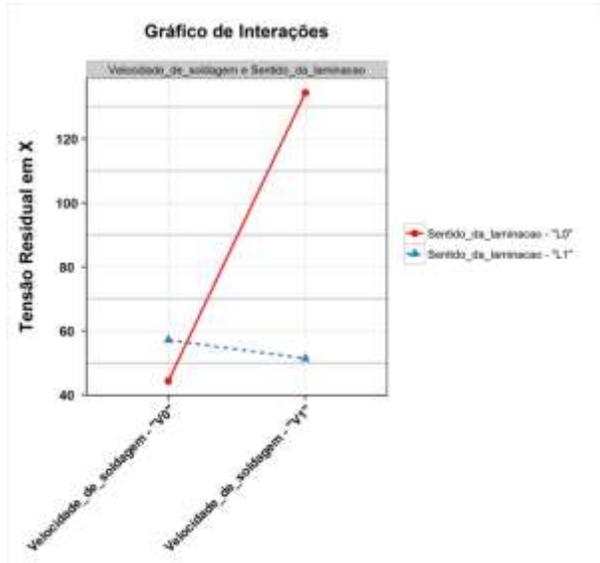


Figura 5: Gráfico de interações entre a velocidade de soldagem e sentido de laminação na tensão residual em X.

Para a velocidade de soldagem o valor do efeito principal é, equação 8:

$$Vx = 134,5 - 51,4 = 83,1.MPa \quad (8)$$

E para o sentido de laminação, equação 9:

$$Lx = 44,4 - 57,2 = -12,8.MPa \quad (9)$$

Para o efeito de interação utilizamos o valor do efeito V correspondente ao nível inferior da velocidade de soldagem (que é o tipo A, pela nossa convenção de sinais) do valor correspondente ao nível superior (tipo B), equação 10.

$$VLx = \frac{90,1 - (-5,8)}{6} = 16.MPa \quad (10)$$

A Figura 6 demonstra que a tensão residual em Y também é mais sensível a mudança da velocidade de soldagem que a mudança do sentido de laminação.

Quando aumentamos a velocidade de soldagem de 3,5 para 5,4 mm/s a tensão residual média em Y aumenta de 48,1 MPa para 166,0 MPa resultando em um acréscimo de 117,6 MPa. E quando mudamos o sentido de laminação a tensão residual média em X diminui de 62,7 MPa para 59,4 MPa resultando em uma redução de 3,3 MPa. Isso mostra que o efeito da velocidade de soldagem na tensão residual depende do sentido de laminação e vice-versa.

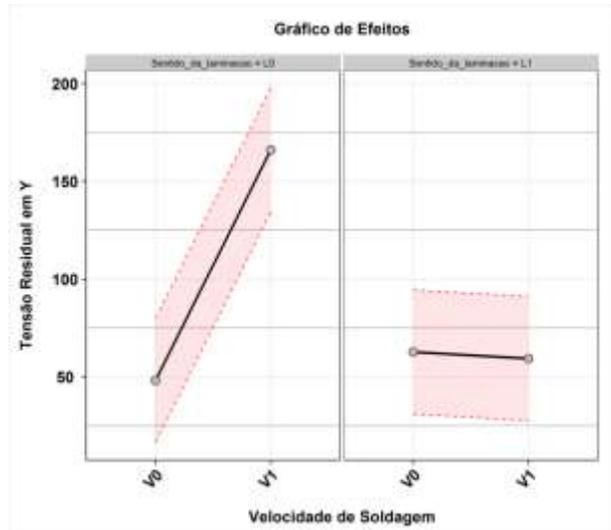


Figura 6: Gráfico de efeitos da velocidade de soldagem e sentido de laminação na tensão residual em Y.

A Figura 7 demonstra o gráfico de interações dos dois fatores.

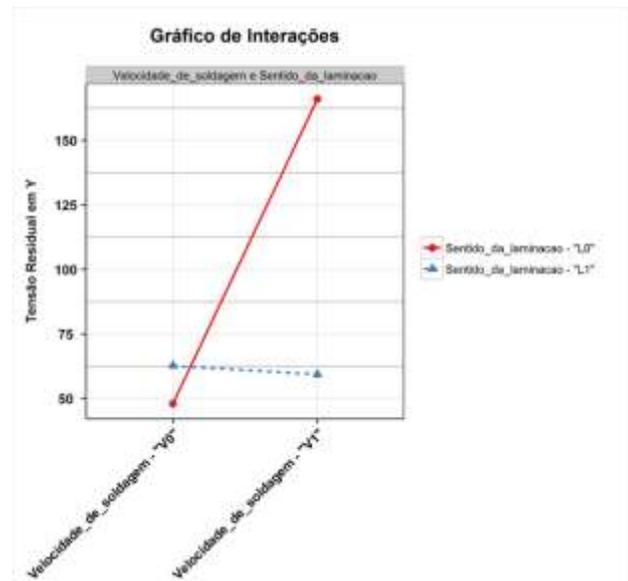


Figura 7: Gráfico de interações entre a velocidade de soldagem e sentido de laminação na tensão residual em Y.

Para a velocidade de soldagem o valor do efeito principal é (equação 11):

$$Vy = 166,0 - 59,4 = 106,6.MPa \quad (11)$$

E para o sentido de laminação, equação 12:

$$Ly = 48,1 - 62,7 = -14,6.MPa \quad (12)$$

Para o efeito de interação utilizamos o valor do efeito V correspondente ao nível inferior da velocidade de soldagem (que é o tipo A, pela nossa convenção de sinais)

do valor correspondente ao nível superior (tipo B), equação 13:

$$VLy = \frac{117,6 - (-3,3)}{6} = 20,1.MPa \quad (13)$$

Esses resultados mostram que a tensão residual tanto em X quanto em Y são mais afetadas pela mudança de velocidade de soldagem que pelo sentido da laminação, entretanto, o efeito da interação desses dois fatores é maior que o efeito produzido pela mudança do sentido da laminação.

3 Conclusões

Para os parâmetros escolhidos nesse trabalho e os níveis escolhidos, conclui-se que:

Ao diminuirmos a velocidade de soldagem, conseguimos diminuir a tensão residual em até 107 MPa.

Ao soldarmos o cordão de solda no sentido transversal a laminação, aumentamos a tensão residual em até 15 MPa. Porém, quando aumentamos a velocidade de soldagem e o sentido de laminação, a tensão residual aumenta em até 20 MPa.

Desta forma, deve-se preferir a utilização de velocidade de soldagem menores para tensões residuais menores.

Quando soldamos no sentido da laminação o efeito da tensão residual em Y é ampliado pela tensão de recuo do material.

Referências

- [1] P. V. Marques, P. J. Modenesi, a. Q. Bracarense. Soldagem: Fundamentos e Tecnologia. 3 ed. Editora UFMG, Belo Horizonte, capítulos 7 e 15, 2011.
- [2] G. E. Dieter. Mechanical Metallurgy. 3rd ed., Mc Graw-Hill Book Co., New York 1986.
- [3] G. L. Oliveira. Avaliação de Tensões Residuais de Soldagem em Chapas Planas do Aço Estrutural ASTM A516 G70. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Ceará, Fev 2009.
- [4] A. V. Siqueira Filho. Estudo Comparativo das Tensões Residuais em Juntas Soldadas pelas Técnicas de Medição por Coordenadas e Difração de Raios-X. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco, Fev 2012.
- [5] T. L. Rolim. Sistemática indicadora de método para calibração de máquinas de medição por

coordenadas. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Paraíba. Dez 2003.

- [6] T. Okumura, C. Tanigusgi. Engenharia de soldagem e aplicações. Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, 1982.
- [7] Jr. W. D. Callister. Ciência e engenharia de materiais: uma introdução. Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, 2002.
- [8] Dieter, G.E, Mechanical Metallurgy, 2nd ed., McGraw-Hill, Tokyo, 1976.
- [9] A. Abel, R. K. Ham. The cyclic strain behaviour of crystals of aluminum-4 wt.% copper-i. the bauschinger effect Acta Metallurgical, 14, p 1489, 1966.
- [10] D. C. Montgomery, G. C. Runger. Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros. 4 ed. LTC. Rio de Janeiro, 2009.
- [11] G. E. P. Box, W.G. Hunter e J.S. Hunter. Statistics for Experimenters: An introduction to design, data analysis, and model building. John Wiley & Sons. Nova Iorque, 1978.
- [12] M. Peel, A. Steuwer, M. Preuss, P. J. Withers. Microstructure, mechanical properties and residual stresses as a function of welding speed in aluminium AA5083 friction stir welds. Acta Mater. 51, p 4791-4801, 2013.
- [13] S. Vieira. Biostatística tópicos avançados. Elsevier editora LTD. 3 ed. Rio de Janeiro, 2011.

