

Avaliação do Risco de Incêndio em Biblioteca universitária por Meio do Método Gretener com Implementação da Metodologia Bow Tie

Jennifer R. A. Wavrik¹

 orcid.org/0009-0002-8184-1866

Tiago A. C. P. de Oliveira²

 orcid.org/0000-0003-4861-494

Dayse C. L. Duarte³

 orcid.org/0000-0001-8359-8391

José Jeferson do Rêgo
Silva

 orcid.org/0000-0001-7941-1061

¹Universidade Federal de Pernambuco,
Recife, Brasil. E-mail:
jennifer.wavrik@ufpe.br

²Departamento de Engenharia Civil,
Universidade Federal de Pernambuco, Recife,
Brasil.

³Departamento de Engenharia
Mecânica, Universidade Federal de
Pernambuco, Recife, Brasil.

DOI: [10.25286/rep.v9i2.2762](https://doi.org/10.25286/rep.v9i2.2762)

Esta obra apresenta Licença Creative
Commons Atribuição-Não Comercial 4.0
Internacional.

Como citar este artigo pela NBR 6023/2018:
Jennifer Rosy Avelino Wavrik; Tiago Ancelmo
de Carvalho Pires de Oliveira; Dayse
Cavalcanti de Lemos Duarte. Avaliação do
Risco de Incêndio em uma Biblioteca
universitária por Meio do Método Gretener
com Implementação da Metodologia BowTie.
Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada,
Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada,
v.9, n. 2, p. 51-63, 2024.

REVISTA DE
Engenharia
e Pesquisa Aplicada

RESUMO

Neste estudo, conduzimos uma avaliação do risco de incêndio na Biblioteca Central da UFPE (BC-UFPE) em Recife, Pernambuco. Nosso objetivo primordial foi abordar questões de segurança relacionadas ao incêndio, aplicando o Método Gretener em conjunto com a metodologia Bow Tie para o gerenciamento de riscos. Para conduzir essa análise complexa, empregamos o software BowTieXP, o qual facilitou a integração das metodologias Gretener e Bow Tie, tornando o processo decisório mais eficiente. Além da análise teórica, realizamos visitas técnicas à Biblioteca Central da UFPE e revisamos a literatura relevante e documentos relacionados à estrutura da BC. Os resultados revelaram uma lacuna considerável em relação à segurança, indicando que a biblioteca não estava em conformidade com os padrões mínimos exigidos. Consequentemente, apresentamos um conjunto de recomendações destinadas a aprimorar a segurança da biblioteca, com o objetivo de elevar seu nível de segurança a patamares aceitáveis. Isso envolve a combinação do conceito de Bow Tie com o Método Gretener para a avaliação de riscos. Este estudo representa um passo significativo em direção à garantia de um ambiente mais seguro para os usuários da biblioteca e deve servir como um ponto de partida crucial para futuras melhorias na segurança contra incêndios.

PALAVRAS-CHAVE: Segurança; Análise de risco; Risco de incêndio; Biblioteca; Método Gretener.

ABSTRACT

In this study, we conducted a fire risk assessment at the Central Library of the Federal University of Pernambuco (BC-UFPE) in Recife, Pernambuco. Our primary goal was to address fire safety issues, applying the Gretener Method in conjunction with the Bow Tie methodology for risk management. To conduct this complex analysis, we employed the BowTieXP software, which facilitated the integration of the Gretener and Bow Tie methodologies, making the decision-making process more efficient. In addition to the theoretical analysis, we conducted technical visits to the Central Library of the UFPE and reviewed relevant literature and documents related to the structure of the BC. The results revealed a significant gap in terms of safety, indicating that the library was not in compliance with the minimum required standards. Consequently, we presented a set of recommendations aimed at enhancing the library's safety, with the goal of elevating its level of safety to acceptable standards. This involves combining the Bow Tie concept with the Gretener Method for risk assessment. This study represents a significant step toward ensuring a safer environment for library users and should serve as a crucial starting point for future improvements in fire safety.

KEY-WORDS: Safety; Risk analysis; Fire risk; Library; Gretener Method.

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com incêndio tem sido um constante problema da humanidade desde que o homem conseguiu dominar o fogo. Diversas catástrofes, seja por fenômenos naturais ou ações humanas, como tempestades, sismos, erupções vulcânicas, estiagens, inundações, desmoronamentos, terrorismo ou destruições intencionais, acometem diversas regiões. No entanto, dentre todos, o incêndio é um evento que não distingue localidades, impactando áreas independentemente de seus contextos econômicos, políticos ou geográficos. Em muitas ocasiões, suas consequências são devastadoras, levando a prejuízos irremediáveis, como é o caso de acervos históricos. Quando ponderamos sobre estratégias de prevenção e combate a incêndios em estruturas, visamos assegurar a vida dos ocupantes. Contudo, além da integridade dos usuários, é fundamental a conservação do patrimônio seja ele cultural ou histórico. Mesmo com a aplicação rigorosa de regulamentos e diretrizes de prevenção e com mecanismos sofisticados de enfrentamento ao fogo, o legado cultural permanece em risco, enfrentando perdas consideráveis devido ao comportamento do fogo.

O risco de incêndio em bibliotecas tem sido uma problemática de difícil resolução ao longo de vários anos. No Brasil, a conservação de coleções em bibliotecas é uma área que, tradicionalmente, obteve escassa consideração. Entretanto, houve uma mudança notável na maneira como as entidades enxergam suas bibliotecas. O cenário atual indica que as bibliotecas não têm o comportamento como "armazéns de literatura" ou materiais em desuso; ao contrário, atualmente suas atividades fundamentais são de catalogação, escolha e propagação da informação. Especialmente nos repositórios acadêmicos, que desempenham papel vital no auxílio ao ensino e investigação.

É neste panorama que a ênfase na proteção contra incêndios em bibliotecas começou a ser ressaltada. A atenção estendeu-se além da manutenção do patrimônio, englobando também o bem-estar de colaboradores e usuários. Reconheceu-se, ademais, o valor imensurável, histórico e cultural que tais bibliotecas ofertam.

Neste trabalho destacamos os conceitos de risco de incêndio e os métodos de prevenção e proteção de engenharia mediante ao método Gretener e método Bow-Tie para análise dos riscos da Biblioteca Central da Universidade Federal de

Pernambuco (BC-UFPE), que foi selecionada por ter acervos que abrangem a memória histórica e cultural e comparando ao risco aceitável, por meio do método proposto.

A presente pesquisa está estruturada da seguinte maneira: a seção 1 fornece um panorama introdutório, delineando o contexto e os propósitos do estudo. A seção 2 aborda o desenvolvimento do tema. Já a seção 3 detalha a abordagem metodológica no estudo de caso, caracterizando a área de estudo com os métodos implementados em conjunto. A seção 4 traz à tona e analisa os achados obtidos. Por fim, a seção 5 oferece reflexões finais e as conclusões extraídas.

2 CENÁRIO ATUAL DE INCÊNDIO NO BRASIL

De acordo com os registros do Instituto Sprinkler Brasil (SPK), tem-se observado uma crescente frequência na incidência e documentação de incêndios em edificações. O ano de 2021 destacou-se por apresentar o maior volume de incidentes reportados pela mídia, totalizando 2301 ocorrências, valor este que quase duplica os números registrados em 2015 - que, até 2020, detinha o recorde. Contrapondo-se a essa tendência, 2018 foi o ano com a menor contagem de registros, contabilizando 531 casos. Em 2022, apesar de ter experimentado uma redução de 11% em comparação ao mês anterior, ainda assim se consolidou como o segundo ano com a maior quantidade de incidentes divulgados. Cabe ressaltar que as estatísticas disponíveis possivelmente representem menos de 3% do volume real de casos ocorrido. No que tange as bibliotecas que podem ser classificadas como edificações públicas ou edificações educacionais, estas são vulneráveis ao frente ao crescente índice de ocorrências.

Figura 1 – Dados sobre incêndios industriais por ocupação



Fonte: [1]

2.1 Incêndios em Bibliotecas

Desde a Idade Antiga, diversas bibliotecas já foram atingidas pelo fogo. Talvez, o mais famoso caso de destruição do acervo de uma biblioteca, tenha acontecido com a Biblioteca de Alexandria, que passou por três incêndios até ser completamente aniquilada. As bibliotecas estão entre estes tipos de instalações que podem ser facilmente expostas a um facilmente a um incêndio devido à sua elevada carga de incêndio. Neste sentido, Almeida [2] afirma que uma biblioteca é um ambiente propício para sua rápida propagação, onde as consequências de um incêndio para o acervo e demais elementos patrimoniais serão a queima total ou parcial, acumulação de fuligem e a deformação pela exposição ao calor e, ao ser combatido, a água utilizada se encarrega do outro modo de destruição.

As causas mais comuns de incêndios em bibliotecas devem-se a violações das regras de segurança contra incêndios relacionadas com a manutenção da estrutura próprio ou operações de pessoal dentro dos edifícios. Simões [3] em sua pesquisa, identificou que 18% dos sinistros ocorridos por agentes fogo. Estruturas mais antigas que foram adaptadas para utilização como bibliotecas são particularmente suscetíveis a problemas estruturais que as deixam em risco de incêndio Shiplova [4].

Os incêndios em instituições culturais no Brasil representam uma perda irreparável de patrimônio histórico e cultural. Entre os casos mais notórios

estão: o Museu Nacional no Rio de Janeiro em 2018, que destruiu grande parte das 20 milhões de peças do acervo; a Cinemateca Brasileira em São Paulo em 2016, que resultou na perda de aproximadamente 500 obras cinematográficas; o Museu da Língua Portuguesa em São Paulo em 2015; o Liceu de Artes e Ofícios em São Paulo em 2014; o Memorial da América Latina em São Paulo em 2013; o Museu de Ciências Naturais da PUC Minas em Belo Horizonte em 2013; e o arquivo do Hospital Psiquiátrico do Juqueri em São Paulo em 2005.

Essas tragédias destacam a necessidade urgente de medidas de prevenção e proteção contra incêndios em locais que abrigam nosso patrimônio histórico e cultural.

Figura 1 – Incêndio no Museu Nacional



Fonte: [5]

Figura 1 – Incêndio no Museu da Língua Portuguesa



Fonte: [6]

Conforme Duarte et al. [7] é possível observar que, historicamente, as tragédias de grandes proporções foram elementos catalisadores para a formulação e implementação de códigos prescritivos de prevenção e combate a incêndios. Tais códigos, contudo, nem sempre atingem a efetividade almejada no que tange à proteção contra incêndios, acarretando, em determinadas situações, na elaboração de projetos que podem ser

caracterizados pela redundância ou pelo excesso de medidas de segurança.

3 MAPEAMENTO DE RISCO DE INCÊNDIOS

3.1 MÉTODOS DE MAPEAMENTO DO RISCO DE INCÊNDIO

Os métodos utilizados para mapear o risco de incêndio podem ser categorizados em três tipos fundamentais, conforme apontado por Santana [8], que referência Frantzych [9]:

3.1.1 Método Qualitativo

Este é o método mais básico e fácil de ser aplicado para a avaliação da suscetibilidade ao incêndio. Ele permite a identificação do perigo de incêndio e, conseqüentemente, a escolha das medidas de controle adequadas. No entanto, é importante ressaltar que este método não quantifica a probabilidade do risco de incêndio, não avalia a segurança contra incêndio já existente e não identifica os pontos vulneráveis da edificação. Exemplos de métodos qualitativos incluem abordagens descritivas, árvores lógicas e checklists com normativas [10].

3.1.2 Método Quantitativo

Representam as ferramentas de análise mais informativas e eficientes para a mensuração do risco de incêndio, produzindo valores diretamente mensuráveis e proporcionando dados e relações matemáticas que permitem a identificação da distribuição do risco e suas possíveis conseqüências. Por outro lado, devido à necessidade de detalhamento minucioso e ao custo elevado associado, esses métodos muitas vezes não são tão amplamente empregados quanto os métodos semiquantitativos. Exemplos de métodos quantitativos incluem o Computation of Risk Indices by Simulation Procedures (CRISP), Avaliação de Risco de Incêndio com Índice de Fiabilidade B, Modelo de Avaliação de Custo de Risco (FIRECAM) e o Building Fire Safety Engineering Method (BFSEM) [11].

3.1.3 Método Semiquantitativo

Este método exige um conjunto mais robusto e de melhor qualidade de dados iniciais. Os parâmetros

utilizados são definidos por especialistas com ampla experiência na área de segurança contra incêndio. Com este método, é possível quantificar o risco existente através da comparação com um índice de risco previamente estabelecido. Este índice, por sua vez, serve como base para definir o valor mínimo aceitável para atingir o nível de segurança desejado para a edificação. Alguns exemplos de métodos semiquantitativos incluem o Método Gretener, o Método FRAME, o Método Purt, o Método ERIC, o FSES e o Risk Index for Historic Buildings [12].

A principal vantagem de escolher métodos semiquantitativos para avaliação de risco de incêndio é que eles oferecem um equilíbrio entre a precisão e a praticidade. Diferentemente dos métodos qualitativos, que são mais simples, mas podem não fornecer informações suficientemente detalhadas, e dos métodos quantitativos, que são muito precisos, mas complexos e custosos, os métodos semiquantitativos proporcionam uma análise mais aprofundada sem a complexidade e o custo dos métodos quantitativos.

4 METODOLOGIA

4.1 Método de Gretener

O Método Gretener, desenvolvido em 1960 pelo engenheiro suíço Max Gretener, visava atender às necessidades das companhias de seguro em relação à segurança de suas edificações. Em 1965, preparou um estudo sobre a possibilidade de avaliar matematicamente os riscos de incêndio de construções industriais e edifícios de grandes dimensões, principalmente voltado para empresas seguradoras. A proposta era que o método servisse como base para deduzir regulamentações referentes ao fogo a partir de 1968. Adotado pelo Corpo de Bombeiros local em 1968, foi posteriormente revisado e adaptado pelo grupo de especialistas da Associação Suíça dos Estabelecimentos Cantonais de Seguros Contra Incêndios (AEAI) e pelo Serviço de Prevenção Contra Incêndios na Indústria e no Artesanato (SPI), como afirma a SIA [13]. O processo de cálculo, recomendado pela AEAI e SPI, foi revisado e corrigido, adaptando-se aos conhecimentos adquiridos na Suíça e no exterior, com simplificações que facilitaram sua aplicação. Em 1987, o método foi publicado pela Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes (SIA) sob o título

"SIA 81 – Método de Avaliação de Risco de Incêndio".

O Método Gretener, destaca-se como o procedimento mais empregado devido à sua amplitude e facilidade de aplicação, além do seu reconhecimento e aceitação por órgãos regulamentadores, seguradoras e entidades políticas, simplificado no Fluxograma da Figura 2.

Na primeira etapa, procede-se à determinação do perigo potencial (P), um procedimento que engloba a análise dos perigos intrínsecos ao conteúdo da edificação, tais como a carga de incêndio mobiliária, a combustibilidade, a produção de fumo, e o perigo de corrosão ou toxicidade. Essa etapa inclui também a análise dos perigos associados à própria estrutura do edifício, como a carga de incêndio imobiliária, o nível do andar e as dimensões do compartimento de incêndio. O resultado dessa análise é a obtenção do perigo potencial (P), que é o produto dos sete fatores mencionados.

A segunda etapa envolve a determinação das medidas necessárias para combater o desenvolvimento de um incêndio. Essas medidas são agrupadas em três categorias: as medidas de proteção normal (N), as medidas especiais de proteção (S), e as medidas de proteção da construção (F). As medidas de proteção normal englobam os extintores, bocas-de-incêndio armadas, e a fiabilidade do abastecimento de água.

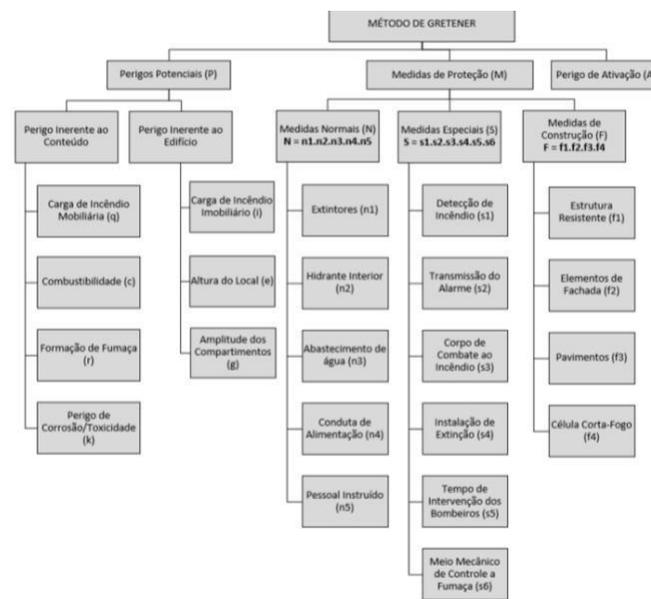
As medidas especiais de proteção incluem a detecção do incêndio, a transmissão do alerta, o tipo de intervenção por bombeiros profissionais ou brigadas privadas, o tempo de resposta desses bombeiros ou brigadas, e os sistemas de extinção e evacuação automática de calor e fumo. Já as medidas de proteção da construção referem-se à resistência ao fogo dos diversos componentes do edifício, como a estrutura resistente, as fachadas, os pavimentos e as superfícies corta-fogo.

O patamar de segurança é alcançado mediante a cotejamento do risco apurado com o risco tolerável, levando em consideração a mobilidade das pessoas envolvidas e a posição dos compartimentos em relação ao fogo pertinentes no interior do edifício. Deve-se sempre assegurar que o risco tolerável supere o risco apurado. O risco tolerável emerge no numerador da relação, de modo que as situações tidas como seguras apresentarão valores sempre

superiores à unidade. O risco apurado é calculado pela razão entre o perigo em potencial e as estratégias ativas e passivas de resguardo. O risco de incêndio é então comparado ao risco admissível para determinar a suficiência das medidas de proteção.

Com base nas informações coletadas, obtém-se o fator de exposição ao fogo (B), que é o resultado do quociente entre o perigo potencial (P) e o produto das medidas de proteção (N, S e F). Paralelamente, o perigo de ativação (A) quantifica a probabilidade de ocorrência de um incêndio, avaliando as fontes de ignição, seja pela sua energia calorífica ou pela sua capacidade de desencadear um processo de combustão. Esse perigo depende tanto de fatores humanos – como desordem, manutenção e disciplina em relação ao uso de chamas vivas e fumo – quanto de fatores operacionais, que podem ser de natureza térmica, elétrica, mecânica ou química.

Figura 2 – Fluxograma do Método Gretener



Fonte: [14]

Finalmente, o risco de incêndio efetivo (R) é calculado como o produto do fator de exposição ao fogo (B) pelo perigo de ativação (A), fornecendo uma avaliação quantitativa do risco de incêndio associado à edificação em questão.

O risco de incêndio admissível, denotado como R_u é um parâmetro que deve ser especificamente

definido para cada edificação, levando em consideração suas particularidades.

O método proposto por Gretener estabelece um procedimento para determinar o valor limite admissível de (R_u). Inicialmente, fixa-se um risco normal (R_n), com valor padrão de 1,3. Posteriormente, introduz-se um fator de correção PHE, que ajusta o risco em função do grau de perigo para as pessoas presentes na edificação.

A segurança do edifício em relação ao incêndio é quantificada pelo coeficiente de segurança ao incêndio (γ) que é obtido através do quociente entre o risco admissível R_u e o risco efetivo R.

Quando $\gamma < 1$, o edifício é considerado inseguro; se $\gamma \geq 1$ o edifício é considerado seguro.

Se o edifício for classificado como inseguro $\gamma < 1$, torna-se necessário reformular as medidas de proteção empregadas.

O processo de reformulação inicia-se com a melhoria das medidas de proteção normais, uma vez que estas geralmente representam os custos mais baixos de implementação.

Em seguida, são implementadas medidas de proteção especiais, que embora sejam mais eficazes, possuem custos significativamente mais elevados. Caso essas medidas ainda não sejam suficientes para garantir a segurança do edifício, a última etapa consiste em melhorar as medidas de proteção da construção.

Optou-se pelo Método Gretener neste estudo devido as características do estudo de caso:

- Sua aplicabilidade em diversos tipos de edifícios, como: Estabelecimentos que recebem público e têm alta densidade de ocupação; Locais onde as pessoas estão expostas a riscos específicos, como museus, locais de exposições e centros comerciais; Hospitais e hotéis; Indústrias e comércios, incluindo unidades de produção e áreas de armazenagem;
- Capacidade de fornecer um valor global para o risco de incêndio
- Utilização prévia como base para normas técnicas oficiais e estudos de especialistas em segurança contra incêndio no Brasil [15].

4.2 Metodologia Bow-Tie

É essencial que as ameaças e salvaguardas sejam minuciosamente consideradas nas análises de cenários de risco e segurança. O método Bow-tie (do inglês, gravata borboleta) se destaca por sua capacidade de integrar esses dois elementos fundamentais, desempenhando um papel crucial na prevenção de incidentes e proteção contra consequências indesejadas.

Sua aplicabilidade é evidente em uma ampla gama de setores, incluindo indústria petrolífera e de gás, empresas petroquímicas, defesa e segurança, transporte marítimo (incluindo portos), mineração, medicina, aviação e resposta a emergências.

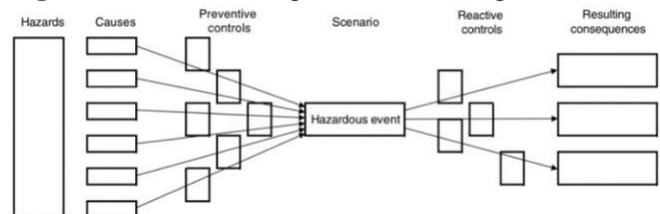
Essa versatilidade levou à identificação do método Bow-tie como uma ferramenta viável para a análise de riscos de incêndio.

A Análise Bow-tie (BTA) é um método quantitativo reconhecido por sua eficácia na gestão de riscos em diversos setores [16]. Na BTA, é imperativo que os cenários causais sejam derivados de eventos com perigos potenciais e que os objetivos de segurança sejam claramente definidos.

Dentre os vários modelos disponíveis para identificação e análise de cenários de acidentes, o método Bow-tie se destaca como uma técnica confiável e eficiente. A análise Bow-tie atua na prevenção, controle e mitigação de eventos indesejáveis, estabelecendo uma relação lógica entre as causas e consequências de um evento adverso.

O método é fundamentado na integração de duas técnicas consagradas, a Análise da Árvore de Falhas (FTA) e a Análise da Árvore de Eventos (ETA) [17]. A Análise da Árvore de Falhas, representada graficamente, foi inicialmente desenvolvida pelo grupo Royal Dutch/Shell e modelo na Figura 3.

Figura 3 – Modelo do Diagrama da Metodologia Bow-Tie

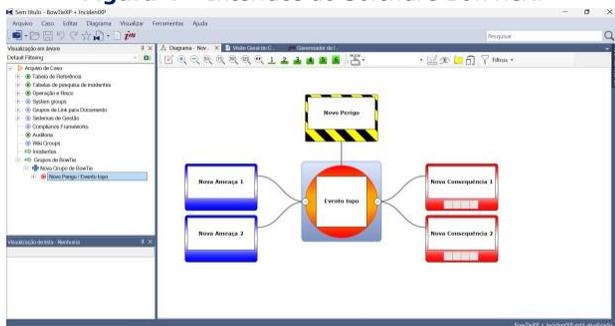


Fonte: [17]

Após a escolha do Software para realizar o Bow-Tie, selecionamos o Software BowTieXP [18], com ele, o diagrama Bow-Tie oferece uma visão geral dos múltiplos cenários de incidentes plausíveis e mostra quais barreiras você tem disponíveis para controlar esses cenários.

Um diagrama Bow-Tie visualiza o risco com o qual você está lidando em uma única figura compreensível. O diagrama tem o formato de uma gravata borboleta, criando uma clara diferenciação entre os lados proativo e reativo do gerenciamento de riscos.

Figura 4 – Interface do Software BowTieXP

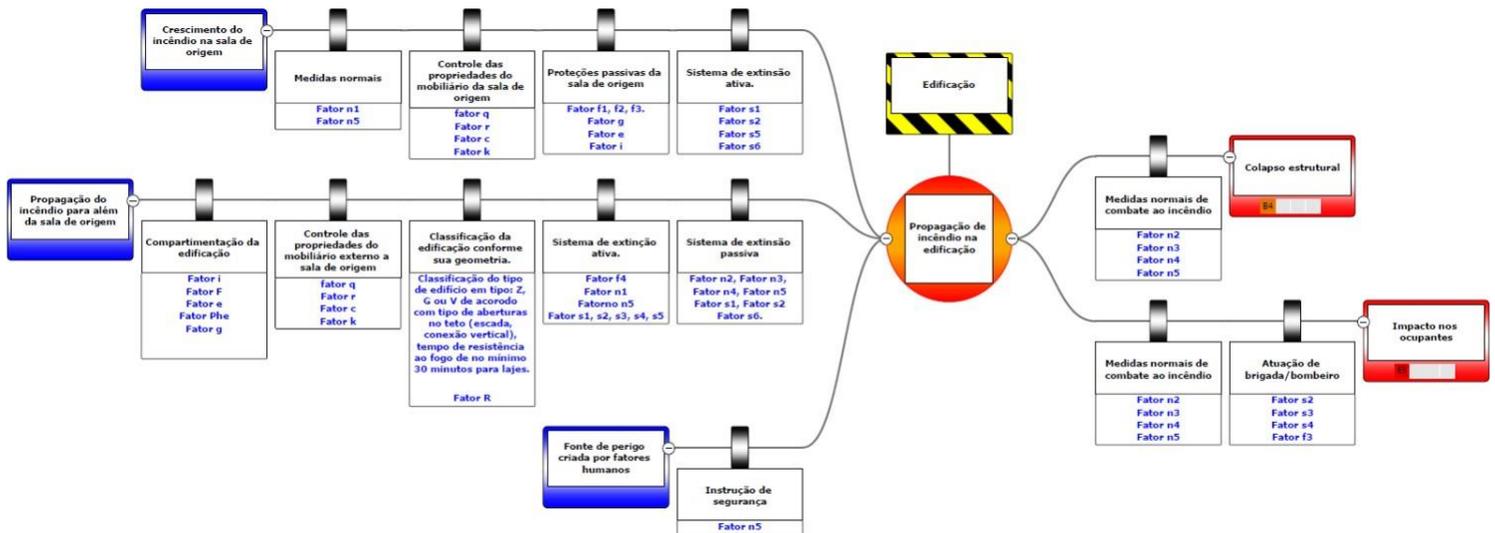


Fonte: Autor

4.3 Metodologia Bow-Tie integrada ao Método Gretener

A combinação do método Bow-tie com o método Gretener pode ser considerada abordagem poderosa para a análise de riscos de incêndio.

Figura 5 – Bow-Tie do método Gretener



Fonte: Autor.

O método Bow-tie é eficaz para visualizar e analisar as relações entre ameaças, eventos indesejados e suas consequências, enquanto o método Gretener fornece um meio quantitativo para avaliar o risco de incêndio e as medidas de proteção.

Para isto, foram identificados os perigos potenciais e as ameaças que podem levar a um incêndio, mapeando os potenciais causas dos perigos identificados, quantificando o risco associado a cada causa, levando em consideração as características específicas do edifício e considerando as pessoas de forma indireta.

Posteriormente, identificados e quantificados as proteções ativas, sendo representada pelos equipamentos existentes de segurança contra incêndio que podem ser ou não projetados em uma edificação e estão relacionados com ações que estimulam a ativação ou percepção das condições do fogo na edificação Fitzgerald [19] e passivas, constituída de medidas de proteção contra incêndio incorporadas ao edifício e que não necessitam de um acionamento para o seu funcionamento em caso de incêndio, podendo desempenhar ou não outra função paralela ao longo do seu uso, conforme ONO [20] associando a metodologia do Bow-Tie para visualizar como as medidas de proteções interagem com as ameaças e as potenciais causas para mitigar os riscos.

O método Bow-tie se torna essencial para visualizar a relação entre o risco, as ameaças, as medidas de proteção e as consequências potenciais.

Dessa forma, é possível visualizar as informações fornecidas pela análise Bow-tie, enquanto se beneficia do rigor quantitativo do método Gretener, para uma abordagem abrangente e eficaz na gestão de riscos de incêndio.

4.4. Descrição do Estudo de Caso: Biblioteca Central da UFPE

A Biblioteca Central, localizada no Campus Recife da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), especificamente na Av. Reitor Joaquim Amazonas, tendo como projetistas no ano de 1970 Maurício Castro e Antônio Didier, inaugurada no ano de 1974, faz parte do Sistema Integrado de Bibliotecas (SIB) da UFPE, que é composto por uma biblioteca central e quatorze bibliotecas setoriais.

A estrutura da biblioteca conta com quatro auditórios, seis salas de estudo em grupo (para três ou mais pessoas) e quatro salas multifuncionais.

Os acervos bibliográficos do SIB/UFPE podem ser categorizados em dois tipos principais: circulação e especiais. O acervo inclui itens em formato impresso, eletrônico, multimídia e de memória, destacando-se o novo acervo de 100 mil e-books, um dos maiores acervos eletrônicos do Brasil.

O acervo de circulação atende às demandas de pesquisa e ensino, cobrindo uma ampla variedade de tipos documentais em diversas áreas do conhecimento. Essas coleções estão diretamente relacionadas aos centros acadêmicos, de modo que cada biblioteca setorial atende às áreas de conhecimento do centro a que pertence. A função da Biblioteca Central, por outro lado, é mais administrativa e técnica, sendo responsável por preservar o patrimônio histórico bibliográfico da universidade.

A equipe da Biblioteca Central é responsável por diversos setores, incluindo: diretoria, coordenação administrativa, secretaria, divisão de aquisição, divisão de processamento técnico, intercâmbio e doações, catalogação na fonte, setor de empréstimo/acervo, Divisão de Apoio ao Usuário (DAU), Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD), COMUT, PERGAMUM, estação de pesquisa, ouvidoria, orientação à normalização de trabalhos acadêmicos da UFPE, contabilidade, empenhos e pagamentos, licitações, contratos e compras,

gestão predial, além do Memorial Denis Bernardes, que está sediado no primeiro andar da biblioteca.

Entre os serviços oferecidos pela Biblioteca Central, destacam-se: empréstimo domiciliar, renovação, reserva e pesquisa on-line, consultas locais, orientação ao uso do acervo, sala de pesquisa (com acesso a bases de dados bibliográficas), acesso ao portal de periódicos Capes e visitas dirigidas.

Figura 6 – Entrada Principal da Biblioteca Central, Campus do Recife da UFPE



Fonte: Autor.

Figura 7 – Entrada do Memorial Denis Bernardes, no 1º andar da Biblioteca Central



Fonte: Autor.

Figura 8 – Entrada Principal da Biblioteca Central, Campus do Recife da UFPE



Fonte: [21]

Tabela 1 - Características do Edifício

Dimensões dos Pavimentos		
Pavimento	Área (m ²)	Uso
Subsolo	193,30	Depósito
Térreo	1896,30	Salas de estudo
1º	1646,22	Acervo físico e escritórios
2º	1646,22	Escritórios
3º	212,00	Almoxarifado

Fonte: Da Silva [22].

O pavimento de maior superfície é caracterizado pelo pavimento térreo corresponde a 1890,30m², tendo como comprimento e largura aproximadamente 45,15m e 42m.

4.4.1 Diagnóstico da Edificação

O diagnóstico foi feito com base no levantamento bibliográfico, em vistoria in loco e em entrevista com o responsável pela Manutenção Predial da BC-UFPE.

Tabela 2 - Características da edificação

Características da edificação	
Nº de pavimentos	4 andares acima do nível de descarga e 1 do subsolo
Pé-direito dos pavimentos	3,00 metros acima do nível de descarga e 2,50 para o subsolo

Fonte: Autor.

Tabela 3 – Características dos materiais de construção

Características dos materiais de construção	
Estrutura	paredes, lajes e pilares em concreto, paredes internas em madeira (MDF)
Fachada	brise-soleil confeccionados em concreto armado e estão dispostos verticalmente e horizontalmente com fechamento em vidro
Forro do Teto	forro de Isopor, por placas de EPS (poliestireno expandido) com laminados metálicos
Acabamento	vidro nas fachadas, madeira para divisórias internas, concreto no piso das salas e corredores pintados de azuis

Fonte: Autor.

Tabela 4 – Características da população de funcionários e visitantes

Características da população da edificação
existem usuários com mobilidade reduzida (PNE e PcD).

Fonte: Autor.

Tabela 5 – Características dos sistemas de proteção contra incêndio

Sistemas de proteção contra incêndio	
Extintores	presentes e mantidos
Sinalização	presentes em alguns pontos, dos extintores portáteis
Saídas de emergência	sem escadas externas
Alarme manual	sem alarme manual
Hidrantes de parede	presente, mas não mantido, sem sistema de pressurização e com equipamentos faltando.
Hidrantes externos	presente, mas sem manutenção e pressurização, distância < 70m
Deteção automática	não há sistema de detecção automática
Chuveiros automáticos	não há chuveiros automáticos
Proteção contra descargas atmosféricas	não dispõe de sistema contra descargas atmosféricas
Exaustão de fumaça	não possui nenhum sistema com esta finalidade
Brigada de Incêndio de Empresa	não possui brigada de incêndio no local
Pessoal instruído	Inexistente, não são feitos treinamentos periódicos com os usuários nem exercício de evacuação

Fonte: Autor.

Tabela 6 – Características sobre o corpo de bombeiro oficial

Corpo de bombeiros oficial	
Distância do quartel	10,20 km
Tempo de chegada dos bombeiros	25 minutos
Equipamentos disponíveis	Viaturas de salvamento e combate a incêndio com mais de 6000litros de água.

Fonte: Autor

4.4.2 Parâmetros adotados para o método de Gretener na Metodologia Bow-Tie

Apresentado o Método de Cálculo pelo Método Gretener, utilizou-se a Tabelas SIA [13], cujo tem recomendações de aplicação a partir da Norma SAI 118, SAI 160, SAI 161, SAI 164, Recomendação SAI 183, AEIA, SPI, Recomendação SAI 180/1, Recomendação SAI 381/1.

O parâmetro (P), são fatores que correspondem ao Perigo Potencial, a partir da multiplicação dos parâmetros: carga de incêndio mobiliária (Qm), necessário para obter fator (q), combustibilidade (c), perigo de fumo (r), perigo de corrosão/toxicidade (k), carga de incêndio imobiliária (i), nível do andar (e) e, dimensão do compartimento de incêndio (g).

O parâmetro (S), são as Medidas de Proteção Especiais, definido com a multiplicação de seis fatores: detecção do fogo (s1), transmissão do alerta (s2), suporte ao combate a incêndio pelo CB e/ou por profissionais especializados da empresa (s3), grau de intervenção do CB (s4) existência de sistemas fixos de extinção (s5) e instalações de exaustão de calor e de fumos (s6).

O parâmetro (F), que corresponde às medidas inerentes à construção, foi resultado da multiplicação dos fatores: estrutura resistente de compartimentação ao fogo (f1), resistência em relação a fachadas (f2), em relação a separação entre andares por meio de lajes (f3), células corta-fogo (f4), que são considerada divisões com no mínimo resistência de 30 minutos.

Posto fim a esta etapa, calculou-se o fator de exposição (B), Risco de incêndio efetivo (R), Risco de incêndio admissível (R_u) e o coeficiente de

segurança contra o incêndio (γ), segundo o Gretener para cada ameaça identificada a edificação.

Segundo o método, resultados em que o coeficiente de segurança seja menor que 1, implica em insuficiência nas camadas de barreiras de segurança da edificação. Isso acontece devido a razão do entre o risco de incêndio admissível e o risco de o incêndio efetivo ser maior que 1.

Quadro 1 – Características da edificação e Parâmetros de Perigos Potenciais (P) Método Gretener para a BC-UFPE

Classificação da Edificação	V	Construção de grande volume, favorece e acelera a propagação horizontal e vertical do fogo (a partir de escadas).	
Fator	Valor	Descrição	SIA (2004)
carga de incêndio mobiliária (Qm)	2000 MJ/m ²	Carga de incêndio mobiliária: Biblioteca	Anexo 1
fator (q)	1,70	Carga de incêndio mobiliária: Biblioteca e Depósito	Tabela 6
combustibilidade (c)	1,20	Materiais inflamáveis, facilmente combustíveis	Tabela 7
perigo de fumo (r)	1,00	Perigo devido ao fumo: normal	Tabela 8
perigo de corrosão/toxicidade (k)	1,00	Em relação aos materiais, com grau de perigo normal.	Tabela 9
carga de incêndio imobiliária (i)	1,00	Estrutura Resistente, em contrato armado, paredes de alvenaria e elementos de fachada incombustíveis	Tabela 10
nível do andar (e)	1,65	Edifício de vários andares, sendo considerada a partir da altura do pé direito sendo superior a 3 metros sendo a cota do nível do pavimento <13m, com carga de incêndio grande.	Tabela 13
dimensão do compartimento de incêndio (g)	1,20		Tabela 14
A	0,85	Perigo de ativação fraco, visto que a probabilidade é baixa de ocorrer um incêndio	Tabela 18
P _{HE}	1,10	Fator de correção considerando pessoas com mobilidade reduzida	Tabela 19
P	1,00	Fator de exposição de pessoas considerado para museus, salas de reunião, escolas...	Tabela 19

Fonte: Autor

Quadro 2 – Parâmetros das Medidas de Proteção Especiais (S) do Método Gretener para a BC-UFPE

Fator	Valor	Descrição	SIA (2004)
Detecção de fogo (s1)	1,05	De forma manual, sem detecção automática	Tabela 16
Transmissão do alerta de incêndio (s2)	1,05	Sem a transmissividade com posto fixo, podendo ocorrer por funcionários com telefone (porteiro)	Tabela 16
Bombeiros Oficiais	1,60	Com ausência de bombeiros de empresa, considerou-se todo combate com o Corpo de Bombeiros do Estado.	Tabela 16
Escalões de intervenção (s4)	0,60	Com o tempo de intervenção dos bombeiros > 30m e a ausência de bombeiros de empresa.	Tabela 16
Instalação de intervenção (s5)	1,00	Inexistente a instalação de sprinkler, considerado 1,00	Tabela 16
Evacuação automática de calor e fumo (s6)	1,00	Inexistentes sistemas de exaustão, seja natural ou forçado, considerado 1,00	Tabela 16

Fonte: Autor

Quadro 3 – Parâmetros das Medidas de Proteção Normais (N) do Método Gretener para a BC-UFPE

Fator	Valor	Descrição	SIA (2004)
Extintores portáteis (n1)	0,90	Insuficientes	Tabela 15
Hidrantes interiores/ de parede (n2)	0,80	Inexistente	Tabela 15
Fiabilidade de adução em água de extinção (n3)	0,50	Existe reservatório elevado, com a reserva, porém não existe hidrantes de parede em funcionamento, adotamos 0,50	Tabela 15
Distância do hidrante de fachada (externo) à entrada da edificação (n4)	1,00	<70m, entre o hidrante a e entrada do edifício. Porém, como dito anteriormente, ele não funciona.	Tabela 15
Quantitativo do pessoal instruído no combate a incêndio (n5)	0,80	Inexistentes	Tabela 15

Fonte: Autor

Quadro 5 – Parâmetros das Medidas inerentes à Construção (F) do Método Gretener para a BC-UFPE

Fator	Valor	Descrição	SIA (2004)
Estrutura resistente (f1)	1,20	Paredes em alvenaria, vigas e pilares em concreto armado	Tabela 17
Fachadas (f2)	1,00	Fachada composta por concreto armado e vitrais	Tabela 17
Pavimentos (f3)	1,00		Tabela 17
Superfície das células (f4)	1,00	As divisórias correspondentes são de MDF, não resistentes a F30	Tabela 17

Fonte: Autor

5 RESULTADOS E CONCLUSÕES

A integração do Método Gretener com a análise de Bow-Tie para a avaliação de riscos de incêndio apresenta uma abordagem inovadora e completa para a segurança contra incêndios em edificações.

Neste estudo, foi inicialmente realizada uma avaliação de riscos de incêndio utilizando o Método Gretener, que é um método semiquantitativo e permite identificar os principais riscos e fatores envolvidos em um cenário de incêndio.

Em seguida, para cada um dos principais riscos identificados com o Método Gretener, foi desenvolvida uma análise de Bow-Tie. Esta análise é uma ferramenta gráfica que permite visualizar as relações causais em cenários de risco, identificando as causas que podem levar a um determinado incidente, os possíveis resultados desse incidente, bem como os controles preventivos e mitigativos que podem ser aplicados para evitar ou minimizar o risco em questão.

A análise de Bow-Tie proporcionou uma visão detalhada das causas, controles e consequências associadas a cada risco de incêndio identificado com o Método Gretener. Com base nesta análise, foi possível avaliar a eficácia dos controles preventivos e mitigativos identificados pela análise de Bow-Tie em relação aos riscos avaliados pelo Método Gretener.

Os resultados obtidos demonstraram que a integração dos dois métodos proporciona uma visão mais abrangente e detalhada dos riscos de incêndio, permitindo uma melhor compreensão das causas e consequências associadas a cada risco, bem como dos controles preventivos e mitigativos que podem ser aplicados para garantir a segurança contra incêndios.

Seguindo orientações do Método Gretener, para que a segurança contra incêndio seja suficiente, ou seja, $\gamma > 1$, devemos respeitar todas as medidas normais, melhorando a concepção do edifício para que o resultado do tipo de construção seja mais favorável, para que valor de F (fatores inerentes à construção, em relação a estrutura) seja aumentado e em reação a medidas de proteção, sejam elas especiais (S) ou normais (N).

No entanto, ao analisar o caso específico da Biblioteca Central da UFPE, ficou evidente que o nível de segurança contra incêndio é insuficiente, o que se reflete no coeficiente de segurança (γ) inferior a 1.

Quadro 6 – Resultado dos Cenários simulados

Cenário	B	R	Ru	γ	Segurança Contra Incêndio
1 (Atual)	9,20	7,80	0,91	0,12	Insuficiente
2 (N)	1,51	1,28	0,51	0,71	Insuficiente
3 (S)	0,60	0,51	0,91	1,78	Suficiente
4 (F)	2,09	1,77	0,91	0,51	Insuficiente
5 (N + S)	0,23	0,19	0,91	4,56	Suficiente
6 (N + S + F)	0,14	0,12	1,3	10,49	Suficiente

Fonte: Autor

Cabe destacar que o Método Gretener, ao focar primariamente na proteção da estrutura física e do conteúdo da edificação, acaba por secundarizar a segurança dos ocupantes. Tal abordagem entra em conflito com a legislação brasileira, que preconiza a salvaguarda das vidas humanas como premissa máxima. Dessa forma, o Método Gretener não deve ser utilizado isoladamente, mas sim como uma ferramenta complementar às exigências legais.

Diante da situação atual da Biblioteca Central, propõe-se a implementação de uma série de medidas de segurança específicas com o intuito de elevar o coeficiente de segurança (γ) para um valor aceitável (≥ 1), conforme evidenciado no Quadro 6.

Fitzgerald [18] salienta que a conjugação do avanço tecnológico com o acervo de conhecimento histórico e a expertise científica possibilita, nos dias de hoje, a concepção de um leque mais amplo de

estratégias defensivas visando à prevenção e combate de incêndios em edificações. Essa combinação propicia também a criação de cenários diversos, que permitem antecipar possíveis emergências e desenvolver respostas eficazes para mitigar os riscos associados a incêndios, contribuindo assim para um ambiente mais seguro e resiliente.

REFERÊNCIAS

- [1] INSTITUTO SPRINKLER BRASIL. **Estatísticas Gerais**. Notícias de Incêndios estruturais por Ocupação. 2023. Disponível em: <https://sprinklerbrasil.org.br/estatisticas-gerais/>. Acesso em: 30/08/2023.
- [2] ALMEIDA, G. V. d. **Incêndio em bibliotecas: Estudo sobre os métodos de prevenção e combate ao fogo**. UFF – Universidade Federal Fluminense – Niterói (RJ). Niterói, 2021.
- [3] SIMÕES JUNIOR, José Vanderley. **Bibliotecas em perigo: uma análise dos sinistros recentes em bibliotecas do SBUFRGS**. 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/189802>. Acesso em: 30/08/2023.
- [4] SHIPLOVA, I. **Main Principles of Fire Protection in Libraries and Archives: A RAMP Study**. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), Paris, 1992. Disponível em: www.unesco.org/webworld/ramp/html/r9214e/r9214e00.htm. Acesso em: 30/08/2023.
- [5] UOL. **Ciência o que o Brasil perdeu com o Incêndio do Museu Nacional**. Disponível em: <https://vestibular.uol.com.br/resumo-das-disciplinas/atualidades/ciencia-o-que-o-brasil-perdeu-com-o-incendio-do-museu-nacional.htm?cmpid=copiaecola>. Acesso em: 30/10/2023.
- [6] EBC. **Museu da língua Portuguesa será reaberto em 2019**. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/cultura/noticia/2016-12/museu-da-lingua-portuguesa-so-sera-reaberto-em-2019>. Acesso em: 30/10/2023
- [7] DUARTE, D. et al. **Códigos Prescritivos X Códigos Baseados no Desempenho: Qual é a melhor opção para o Contexto do Brasil?** In: XXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2002, Curitiba. Anais[...] Curitiba, 2002.
- [8] SANTANA, Maria Leal Andrade. **Avaliação de risco de Incêndio em Centros Históricos, O caso de Montemor-o-Velho**. 2008. 376f. Tese (Mestrado em Segurança contra Incêndios Urbanos, Especialização em Análises de Risco de Incêndio) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Portugal
- [9] FRANTZICH, H. **Uncertainty and Risk Analysis in Fire Safety Engineering**. Lund University, 1998.
- [10] BARANOSKI, Emerson Luiz. **Análise do Risco de Incêndio em Assentamentos Urbanos Precários – Diagnóstico da Região de Ocupação do Guarituba – Município de Piraquara- Paraná**. 2008. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.
- [11] CUNHA, Diogo Vaz da Fonseca. **Análise do Risco de Incêndio de um quarteirão do Centro Histórico da Cidade do Porto: Quarteirão 14052 – Aldas, Sé do Porto**. 2010. Relatório (Mestrado em Engenharia Civil: Especialização em Construções) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal.
- [12] GIL, Alfonso Antonio; SILVA, Valdir Pignatta. **O Método de Gretener**. Revista Incêndio, nº 71, 2011.
- [13] SIA - SOCIEDADE SUÍÇA DE ENGENHEIROS E ARQUITETOS. **Avaliação do Risco de Incêndio: Método de Cálculo**. 2004. Tradução pelo Instituto Técnico de Lisboa, da publicação em alemão.
- [14] LUCENA, Renata Batista. **Aplicação Comparativa de Métodos de Mapeamento de Riscos de Incêndio nos Centros Urbanos das Cidades de Coimbra e Porto Alegre**. 2014. Tese (Mestrado) - PPGE/UFRGS
- [15] MACEDO, Mário José de Magalhães. **Método de Gretener**. Verlag Dashfor, 2008. 120p.
- [16] KHAKZAD, N.; KHAN, F.; AMYOTTE, P. **Dynamic risk analysis using bow-tie approach**. *Reliab. Eng. Syst. Saf.*, v. 104, p. 36-44, Aug. 2012.
- [17] POPOVÉ, Georgi; LYON, Bruce K. **Bow-Tie Analysis Methodology. In: Risk Assessment: A Practical Guide to**

Assessing Operational Risks. 2021. p. 171-200.

- [18] **Software BowTieXP** Disponível em:
<https://www.wolterskluwer.com/pt-br/solutions/enablon/bowtie/bowtiexp>
- [19] FITZGERALD, R. W. **Building Fire Performance Analysis.** John Wiley e Sons Ltd, Worcester Polytechnic, Worcester, Massachusetts, USA, 2004. 515p.
- [20] ONO, R. **Proteção do Patrimônio histórico-cultural contra incêndio em edificações de interesse de preservação.** In: Ciclo de palestras "Memórias e informação", 2004, Rio de Janeiro. Ciclo de palestras. Rio de Janeiro: Fundação casa de Rui Barbosa, 2004. p. 3091-4915. Disponível em:
http://www.casaruibarbosa.gov.br/interna.php?ID_S=261&ID_M=260. Acesso em: 30/08/2023.
- [21] GOOGLE. 2023. **Biblioteca Central da UFPE.** [s.l.]: Google Maps. Disponível em:
<https://maps.app.goo.gl/yMMXfbPEAdZZaxpV9>. Acesso em: 30/10/2023.
- [22] DA SILVA, M. G. E.; SANTOS, E. de F.; DA MOTTA, F. A. **Avaliação de Risco de Incêndio: Aplicação do Método de Gretnener à Biblioteca Central da UFPE - Um estudo de caso.** Instituto Federal de Pernambuco. Campus Recife. Curso de Engenharia Civil. 23 de fevereiro de 2023.
- [23] FITZGERALD, R. **The anatomy of building fire safety.** Center for Fire Safety Studies, Worcester Polytechnic, vol. 2, The Framework, 1999.