

**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL
DEPARTAMENTO DE ENSINO, PESQUISA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DIRETORIA DE ENSINO
CENTRO DE ESTUDOS DE POLÍTICA, ESTRATÉGIA E DOCTRINA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS**

Cap. QOBM/Comb. **CAMILA CÂNDIDA DA SILVA**



**A ABORDAGEM BASEADA EM DESEMPENHO NA ANÁLISE DE
PROJETOS DE SAÍDA DE EMERGÊNCIA:
OPORTUNIDADES E DESAFIOS**

BRASÍLIA
2025

Cap. QOBM/Comb. **CAMILA CÂNDIDA DA SILVA**

**A ABORDAGEM BASEADA EM DESEMPENHO NA ANÁLISE DE
PROJETOS DE SAÍDA DE EMERGÊNCIA:
OPORTUNIDADES E DESAFIOS**

Artigo científico apresentado à disciplina Metodologia da Pesquisa Científica como requisito para conclusão do Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal.

Orientador: Ten-Cel. QOBM/Comb. **RODRIGO ALMEIDA FREITAS**

BRASÍLIA
2025

Cap. QOBM/Comb. **CAMILA CÂNDIDA DA SILVA**

**A ABORDAGEM BASEADA EM DESEMPENHO NA ANÁLISE DE
PROJETOS DE SAÍDA DE EMERGÊNCIA:
OPORTUNIDADES E DESAFIOS**

Artigo científico apresentado à disciplina Metodologia da Pesquisa Científica como requisito para conclusão do Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal

Aprovado em: ____ / ____ / ____.

BANCA EXAMINADORA

RODRIGO BRANDÃO DE ARAÚJO – Ten-Cel. QOBM/Comb.
Presidente

IGOR MUNIZ DA SILVA – Ten-Cel. QOBM/Comb.
Membro

EMÍLIA BERNARDES DA SILVA – Ten-Cel. RRm.
Membro

RODRIGO ALMEIDA FREITAS – Ten-Cel. QOBM/Comb.
Orientador

RESUMO

Este trabalho estuda a aplicação da abordagem baseada em desempenho na análise de projetos de sistemas de saída de emergência pelo Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF). A pesquisa emprega uma metodologia que combina revisão documental, análise bibliográfica, aplicação de questionários aos Corpos de Bombeiros estaduais e entrevistas com especialistas. Os resultados revelam que, embora a regulamentação no CBMDF seja predominantemente prescritiva, há uma tendência mundial na adoção da abordagem baseada em desempenho. A análise dos questionários aponta para uma normatização heterogênea no Brasil, com limitada utilização de softwares de simulação para adoção de soluções alternativas. As entrevistas com especialistas destacam a importância da capacitação técnica e da padronização de critérios para a implementação efetiva da abordagem baseada em desempenho. Conclui-se que a adoção gradual e criteriosa dessa abordagem, aliada ao investimento em capacitação e ferramentas computacionais, pode aprimorar a segurança e a inovação nos projetos de sistemas de saída de emergência no CBMDF.

Palavras-chave: segurança contra incêndio; abordagem baseada em desempenho; sistemas de saída de emergência; CBMDF; análise de projetos.

THE PERFORMANCE-BASED APPROACH IN THE ANALYSIS OF EMERGENCY EXIT PROJECTS: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES

ABSTRACT

This study investigates the application of the performance-based approach in the analysis of emergency exit system projects by Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF). The research employs a methodology that combines documentary review, bibliographic analysis, application of questionnaires to state Fire Brigades, and interviews with specialists. The results reveal that, although the regulation in CBMDF is predominantly prescriptive, there is a global trend in adopting the performance-based approach. The analysis of the questionnaires points to a heterogeneous standardization in Brazil, with limited use of simulation software for adopting alternative solutions. Interviews with specialists highlight the importance of technical training and standardization of criteria for the effective implementation of the performance-based approach. It is concluded that the gradual and judicious adoption of this approach, combined with investment in training and computational tools, can improve safety and innovation in emergency exit system projects at CBMDF.

Keywords: *fire safety; performance-based approach; emergency exit systems; CBMDF; project analysis.*

1. INTRODUÇÃO

A engenharia de segurança contra incêndio e pânico evoluiu significativamente nas últimas décadas, impulsionada pela crescente complexidade de construções e pela demanda por soluções mais eficazes e seguras. Nesse cenário, o Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF) desempenha um papel essencial ao fiscalizar e analisar projetos de segurança contra incêndio e pânico, garantindo sua conformidade com as normativas vigentes e promovendo a proteção da sociedade

Diante desse cenário, torna-se essencial que o CBMDF acompanhe os avanços tecnológicos e científicos, garantindo que seu corpo técnico esteja preparado para enfrentar os desafios emergentes. Entre as tendências observadas em outros países, destaca-se uma nova abordagem para projetos de segurança contra incêndio e pânico, baseada em parâmetros de desempenho. Esse modelo contrasta com a prática vigente no Brasil, onde as normas possuem caráter prescritivo.

Nesse novo paradigma, o dimensionamento dos projetos não se fundamenta exclusivamente no atendimento dos requisitos previstos em normas, mas passa a considerar a edificação de maneira integrada, com o objetivo de atender a critérios de desempenho que assegurem a segurança e a eficiência de seus sistemas.

Entretanto, embora a utilização dessa abordagem possa propiciar vantagens, faz-se necessário investigar e mitigar eventuais desafios relacionados à sua implementação. Como consequência, uma avaliação prévia se faz necessária antes de sua adoção nos processos do CBMDF.

Diante desse cenário, esta pesquisa se concentra na seguinte problemática: **Quais as oportunidades e desafios relacionados à aplicação da abordagem baseada em desempenho na análise de projetos de sistemas de saída de emergência pelo CBMDF?** O estudo dessas variáveis visa contribuir com o processo de análise de projetos da Corporação,

equilibrando os benefícios da inovação tecnológica com a necessidade de garantir a confiabilidade e a segurança das avaliações realizadas.

A escolha deste tema justifica-se, primeiramente, pela necessidade de modernização dos processos de análise do CBMDF. A crescente complexidade das edificações e o surgimento de novas tecnologias na área de segurança contra incêndio demandam que a Corporação se mantenha atualizada, assegurando a adequação dos sistemas de segurança às exigências atuais.

Além disso, observa-se uma preocupação recorrente, tanto da sociedade quanto de seu corpo técnico, em relação aos custos associados aos sistemas de segurança contra incêndio, o que demonstra a busca por soluções mais eficientes e economicamente viáveis. O estudo de inovações nesse contexto pode auxiliar na identificação de soluções alternativas nos projetos e, assim, reduzir os custos sem comprometer a segurança.

Para garantir resultados relevantes e contribuir para o avanço do conhecimento técnico da Corporação, este estudo tem como objetivo geral **estudar a aplicação da abordagem baseada em desempenho na análise de projetos de sistemas de saída de emergência pelo CBMDF**. Para alcançar esse propósito, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar as principais diferenças entre as abordagens prescritiva e baseada em desempenho em projetos de segurança contra incêndio.
- Identificar os critérios e processos utilizados atualmente pelo CBMDF durante a análise de projetos de saída de emergência.
- Identificar critérios e processos em outros estados ou países na análise de projetos de saída de emergência, com foco na abordagem baseada em desempenho.
- Descrever as oportunidades e desafios na aplicação da abordagem baseada em desempenho na análise de projetos de sistemas de saída de emergência.

Para delimitar o escopo desta pesquisa, o presente estudo se limitará à análise dos sistemas de saída de emergência, ficando a investigação de outras áreas da segurança contra incêndio para estudos futuros.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para embasar esta pesquisa, inicialmente, serão apresentados os principais normativos que regulamentam a atividade de análise de projetos no CBMDF. Em seguida, será discutida a distinção entre as abordagens prescritiva e baseada em desempenho. Por fim, será realizada uma revisão das principais ferramentas computacionais relacionadas a projetos de saída de emergência.

2.1. Análise de projetos no CBMDF

O Código de Obras e Edificações do Distrito Federal, instituído pelo Decreto nº 6.138/2018, estabelece que a segurança das edificações, especialmente quanto à proteção contra incêndio e pânico, deve ser garantida pelo adequado uso e dimensionamento de materiais construtivos, em conformidade com o Regulamento de Segurança contra Incêndio e Pânico do Distrito Federal e com as Normas Técnicas do CBMDF (Distrito Federal, 2018).

Dessa forma, a fim de garantir a conformidade dos projetos das edificações com as normas técnicas existentes, os projetistas interessados devem submeter os projetos de segurança contra incêndio e pânico à análise do CBMDF, a fim de obter sua anuência, conforme regulamentado pelo Decreto nº 43.056/2022 (Distrito Federal, 2022).

No contexto do CBMDF, a análise de projetos é atualmente realizada pela Diretoria de Estudos e Análise de Projetos (DIEAP), subordinada ao Departamento de Segurança contra Incêndio e Pânico (DESEG) do CBMDF. Esta responsabilidade está formalizada no Regimento Interno do CBMDF, aprovado pela Portaria nº 24, de 25 de novembro de 2020 (CBMDF, 2020).

Para normatizar os processos de prestação de serviços no âmbito do DESEG, foi publicada a Instrução Normativa nº 001/2021 – DESEG, no Boletim

Geral nº 122, de 30 de junho de 2021 (CBMDF, 2021). Esta Instrução Normativa (IN) relaciona a análise de Projetos de Segurança Contra Incêndio e Pânico (PSCIP) como uma das modalidades previstas.

Além de identificar os serviços prestados, a IN nº 001/2021-DESEG detalha os procedimentos que os projetistas devem seguir para solicitar a análise de projetos do CBMDF. Tanto os projetos arquitetônicos quanto os de segurança contra incêndio e pânico, em seus formatos digitais, devem ser protocolados, acompanhados da documentação complementar exigida na Instrução Normativa, via plataforma SCIPWeb. Essa plataforma, disponibilizada desde 2018, permite a tramitação e acompanhamento dos processos de análise de projetos (Mariani, 2020).

Em relação aos projetos de segurança contra incêndio e pânico, estes devem incorporar diversas medidas que atendam às exigências estabelecidas na Norma Técnica (NT) nº 01/2016 do CBMDF. Além disso, conforme a Instrução Normativa nº 001/2021-DESEG, esses projetos precisam cumprir os requisitos dispostos na própria IN e na NT nº 01/2016, bem como observar a “Lista de Verificação” disponível no sítio eletrônico do CBMDF.

Dessa forma, ao receber o projeto, o analista realiza a análise com base na normativa pertinente ao sistema avaliado. Se o projeto não estiver em conformidade com os regulamentos, ele é devolvido ao projetista para as correções necessárias, devendo ser reenviado para nova análise após a resolução das pendências. Caso esteja em conformidade, o analista emite o Parecer de Aprovação (CBMDF, 2021).

2.2. Abordagens prescritiva e baseada em desempenho

As normas de segurança contra incêndio e pânico vigentes no Brasil são fundamentadas em estudos de incêndios passados (Tavares, 2008). Essa abordagem, conhecida como prescritiva, estabelece um conjunto de medidas detalhadas e padronizadas para garantir a segurança das edificações em diferentes circunstâncias (Serpa, 2009).

Conforme apresentado nos normativos do CBMDF, a regulamentação adotada na Corporação segue essa abordagem prescritiva. No caso das saídas de emergência, os projetistas devem atender a requisitos normativos específicos, tais como: largura mínima das vias de circulação horizontal e vertical (corredores, portas, escadas), número mínimo e tipos de escadas, distâncias máximas a percorrer e características construtivas (CBMDF, 2015).

Embora a abordagem prescritiva facilite a interpretação direta das exigências normativas, ela apresenta limitações. Tavares (2008) destaca que esse modelo não esclarece de forma detalhada a intenção dos requisitos nem explica sua efetiva contribuição para a segurança das edificações. Em outras palavras, presume-se que o cumprimento das normas garantirá a segurança contra incêndios, sem considerar variáveis específicas de cada edificação.

Além disso, ao longo do tempo, observou-se que a abordagem prescritiva pode limitar a inovação tecnológica e aumentar os custos dos projetos. Em alguns casos, há redundância ou até mesmo excessos nas exigências normativas, resultando em soluções que podem ser financeiramente inviáveis sem necessariamente representar ganhos efetivos na segurança (Tavares, Silva e Duarte, 2002).

Como alternativa, diversos países, incluindo Reino Unido, Suécia, Japão, Estados Unidos, Canadá, Austrália e Nova Zelândia, passaram a adotar a abordagem de projetos baseados em desempenho (PBD), ou *Project Based Design* (Ono, 2010). Essa abordagem estabelece objetivos e metas de segurança a serem atingidos, concedendo ao projetista maior liberdade na escolha das metodologias e soluções técnicas mais adequadas para cada caso (Tavares, 2008). Considerada mais flexível e dinâmica, essa abordagem leva em conta fatores como o comportamento humano, a dinâmica do incêndio e as características da edificação (Tavares, Silva e Duarte, 2002).

Para ilustrar, um dos critérios de projeto que pode ser adotado na abordagem baseada em desempenho é o tempo de evacuação da edificação. Algumas normas, como a NFPA 101 e NBR 9077, recomendam um tempo máximo de 2,5 minutos para a evacuação completa (Ono, 2010). Assim, em

vez de atender a requisitos fixos de largura de corredores e número de escadas, o projetista pode propor soluções que garantam a evacuação segura dentro do tempo estabelecido, equilibrando segurança e viabilidade econômica.

Segundo Ono (2010), essa abordagem também permite contornar restrições impostas pelos regulamentos prescritivos, desde que seja demonstrada a eficácia das soluções alternativas propostas. Além disso, viabiliza projetos arquitetônicos complexos ou inovadores, nos quais os critérios prescritivos podem ser limitantes.

Nesse contexto, ferramentas computacionais desempenham um papel essencial na análise e no desenvolvimento de projetos baseados em desempenho (Montenegro, 2016). A possibilidade de simular diversos cenários de incêndio e testar diferentes configurações de evacuação antes da construção confere maior segurança ao processo decisório dos projetistas.

É importante ressaltar que as abordagens prescritiva e baseada em desempenho não são excludentes. Segundo Mattedi (2005), a experiência com a aplicação de PBD em países pioneiros demonstra que esse método de projeto é viável principalmente em empreendimentos de grande escala, nos quais a magnitude dos investimentos justifica sua adoção, sendo que a abordagem prescritiva responde muito bem a determinadas soluções de projeto, uma vez que tem utilização simples e não requer análises complexas.

Um exemplo significativo da aplicação da abordagem baseada em desempenho foi o projeto das Torres Gêmeas do *World Trade Center*. Os critérios prescritivos vigentes à época teriam inviabilizado a construção do empreendimento, pois exigiriam um número excessivo de saídas verticais. Para contornar essa limitação, os projetistas adotaram soluções inovadoras, dispensando certos requisitos prescritivos e incorporando novos parâmetros até então inéditos (Ono, 2010).

Outra aplicação relevante da abordagem baseada em desempenho ocorre na adaptação de edifícios históricos às normas de segurança contra incêndio. Como destaca Wagner (2008), a aplicação estrita de normas prescritivas pode dificultar ou até impedir reformas em edificações antigas, que

precisam atender aos requisitos de segurança sem comprometer suas características arquitetônicas originais.

Assim, a abordagem baseada em desempenho oferece alternativas viáveis para projetos inovadores ou para aqueles em que a aplicação da abordagem prescritiva é limitada, tornando essencial o uso de ferramentas computacionais para sua correta aplicação. No próximo tópico, serão apresentadas as aplicações dessas ferramentas em projetos de saída de emergência, bem como os softwares mais utilizados na literatura especializada.

2.3. Ferramentas computacionais em projetos de saída de emergência

A correta aplicação da abordagem baseada em desempenho depende do suporte de ferramentas computacionais que permitam a simulação e validação das soluções propostas. Segundo Ono (2010), nas últimas décadas, os modelos computacionais têm sido utilizados para estimar tempos de evacuação e simular a propagação de incêndios nas edificações. Além disso, esses modelos são aplicados na avaliação de projetos existentes, na análise de catástrofes e no desenvolvimento de novos projetos de alta complexidade.

No Brasil, ainda se verifica uma escassez de investigações relacionadas à aplicação de modelos computacionais, apesar da relevância do assunto e da necessidade de desenvolver estudos sobre parâmetros de desempenho (Martins, Rodrigues e Braga, 2019). Porém, alguns pesquisadores brasileiros vêm explorando a aplicação dessas ferramentas, como Ono (2008), Montenegro (2016), Martins, Rodrigues e Braga (2019) e Moser, Souza e Kuwer (2019). Em todos esses estudos, são utilizadas ferramentas computacionais que demonstram a importância e a utilidade dessas ferramentas nos projetos de segurança contra incêndio e pânico.

Em sua revisão sistemática de literatura sobre simulação computacional na segurança contra incêndio, Uliana *et al* (2022) elaboraram uma tabela que sintetiza os principais softwares utilizados em pesquisas da área. A Figura 1, que reproduz a tabela elaborada no artigo, apresenta a descrição e a aplicabilidade de cada software.

Figura 1 – Tabela de comparação de softwares

Software / Modelo	Descrição / Aplicabilidade
Allsafe	Modelo de abandono que inclui fatores humanos.
ASERI	Movimento de pessoas em geometrias complexas, incluindo resposta comportamental para crescimento de incêndio e fumaça.
EXODUS	Modelo de abandono que inclui a interação de pessoas em grandes geometrias.
CFast	Modelagem de crescimento de incêndios e transporte de fumaça.
EESCAPE	Evacuação de edifícios com múltiplos pavimentos, via escadas.
EGREES	Evacuação de pessoas em geometrias complexas.
EGRESS-PRO	Modelo de abandono que inclui o tempo de ativação de detectores e <i>sprinklers</i> .
ELVAC	Modelo de abandono para uso de elevadores.
EVACNET 4	Determina o plano de abandono mais eficaz em um edifício.
Evac	Modelo de simulação de evacuação para o <i>Fire Dynamics Simulator (FDS)</i> . O <i>software</i> é usado para simular o movimento de pessoas em situações de evacuação.
EVACS	Modelo de evacuação que determina o projeto mais favorável.
EXIT89	Modelo de evacuação de edifícios altos.
EXITT	Modelo de abandono do tipo arco e nó, que inclui aspectos comportamentais dos ocupantes.
Fire Dynamics Simulator (FDS)	Modelagem da simulação de incêndio, baseado na dinâmica computacional dos fluidos.
Pathfinder	Modelagem de simulação de evacuação baseada em agente.
PyroSim	Modelagem de dinâmica de incêndio e controle de fumaça.
SAVE-P	Modelo de abandono que inclui obstruções no percurso.
SMARTFIRE	Modelagem da simulação de incêndio, baseado na dinâmica computacional dos fluidos.
SIMULEX	Modelo de abandono, baseado em coordenadas. Simula o abandono em edifícios com múltiplos andares.
Smokeview (SMV)	Modelo de visualização usado para exibir a saída das simulações de FDS e CFAST.
STEPS	Modelagem de evacuação.
WayOut	Parte de abandono do conjunto de programas FireWind.

Fonte: Uliana *et al* (2022).

Conforme se observa na Figura 1, são diversas as ferramentas computacionais que podem ser aplicadas aos projetos de segurança contra incêndio. Tal variedade demonstra a existência de diferentes abordagens e níveis de complexidade na modelagem de evacuação e propagação de incêndio. Verifica-se a presença de softwares que focam na dinâmica de fluidos computacionais (como *FDS* e *PyroSim*), simulando a propagação de fumaça e calor, e outros que se concentram na simulação do comportamento humano em situações de evacuação (como *Pathfinder* e *EvacNet 4*).

Uliana *et al* (2022) concluem que, após comparar a aplicabilidade de diferentes softwares, o *PyroSim* e o *Pathfinder* se destacam como os mais adequados para simulações de incêndio. O *PyroSim* permite a modelagem dinâmica do incêndio e o controle da fumaça, enquanto o *Pathfinder* se concentra na modelagem da evacuação.

Diante do exposto, observa-se que as ferramentas computacionais auxiliam na análise de projetos de saída de emergência, aumentando a precisão na validação de evacuação e simulação de incêndios.

3. METODOLOGIA

Esta pesquisa teve como objetivo estudar a aplicação da abordagem baseada em desempenho na análise de projetos de sistemas de saída de emergência pelo CBMDF. Para isso, adotou-se uma abordagem metodológica que combinou pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, aplicação de questionário e realização de entrevistas. O estudo foi conduzido entre setembro de 2024 e abril de 2025.

Inicialmente, foi conduzida uma pesquisa bibliográfica para compreender as diferenças entre as abordagens prescritiva e baseada em desempenho, possibilitando a identificação das tendências predominantes na elaboração de projetos de segurança contra incêndio nas últimas décadas.

Na sequência, foi realizada uma pesquisa documental nos normativos internos da Corporação relacionados à análise de projetos, com ênfase nos sistemas de saída de emergência. Essa etapa permitiu identificar os critérios e processos adotados pelo CBMDF nessa atividade.

Para ampliar a abrangência da investigação, foi aplicado um questionário aos demais Corpos de Bombeiros do Brasil, visando identificar os critérios e processos utilizados na análise de projetos de saídas de emergência, e avaliar a possível utilização da abordagem baseada em desempenho. Dessa forma, o questionário foi enviado aos Corpos de Bombeiros dos 26 (vinte e seis) Estados Brasileiros, por meio dos canais eletrônicos oficiais de contato, disponibilizados em seus sítios eletrônicos.

O questionário aplicado (Apêndice A) foi composto por questões abertas, pois sua finalidade era conhecer e explorar os aspectos relacionados à atividade de análise de projetos em diferentes estados. As respostas foram tabuladas e comparadas entre si, a fim de analisar as semelhanças e diferenças nos procedimentos adotados.

Dado o ainda incipiente uso dessa abordagem no contexto nacional, buscou-se referências internacionais sobre o tema. Para isso, foi realizada

tanto uma revisão bibliográfica específica como entrevistas com especialistas na área de segurança contra incêndio, com experiência internacional.

Quanto às entrevistas, optou-se por entrevistar três especialistas na área de segurança contra incêndio e pânico, correspondendo a uma amostra não probabilística e intencional, devido ao conhecimento específico dos selecionados. Essas entrevistas tiveram como foco responder aos objetivos específicos relativos ao processo de análise de projetos nos outros países, bem como a experiência dos entrevistados na aplicação da abordagem baseada em desempenho, buscando compreender as oportunidades e desafios associados à utilização desse tipo de projeto em sistemas de saída de emergência. Ressalta-se que foram realizadas de forma remota, por chamada de voz ou videochamada.

O primeiro entrevistado foi o diretor executivo da *Society of Fire Protection Engineers* (SFPE) no Brasil, mestre em engenharia de incêndios pelo *Worcester Polytechnic Institute*. A SFPE é uma organização de reconhecimento internacional, reunindo engenheiros de diversos países que atuam na área de segurança contra incêndio. Além de sua vasta experiência em projetos, o entrevistado desenvolve pesquisas relacionadas a projetos baseados em desempenho. A entrevista buscou compreender sua experiência na elaboração de projetos baseados em desempenho no Brasil e em outros países, evidenciando as facilidades e dificuldades encontradas.

A segunda entrevistada foi a instrutora e operadora oficial da *National Fire Protection Association* (NFPA) no Brasil, engenheira civil com mais de trinta anos de experiência na área de segurança contra incêndio e pânico, atuando em projetos nos Estados Unidos, México, Colômbia e Brasil. A entrevistada possui experiência na elaboração de projetos baseados em desempenho, e sua entrevista teve como propósito compreender os processos de aprovação de projetos de segurança contra incêndio em diferentes países, identificar referências normativas para a aplicação da abordagem PBD e conhecer sua experiência prática sobre o tema.

O terceiro entrevistado foi um Coronel Veterano do CBMDF, doutor em Física, pesquisador e referência nacional na aplicação de simulações computacionais na área de prevenção e combate a incêndios. Pioneiro na introdução dessas ferramentas no CBMDF, o entrevistado possui diversas publicações sobre o tema e já orientou diversos trabalhos acadêmicos. Sua entrevista buscou investigar as vantagens e limitações do uso de softwares de simulação computacional na análise de projetos de saída de emergência.

Com base na metodologia apresentada, observa-se que a pesquisa pode ser classificada como aplicada em sua natureza, exploratória nos objetivos, e utiliza uma abordagem que integra pesquisa bibliográfica, documental, questionário e entrevistas para os procedimentos técnicos, adotando o método hipotético-dedutivo. Por fim, a pesquisa é do tipo qualitativa, priorizando observações e descrições do tema abordado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para atingir os objetivos da pesquisa, foram analisados os critérios adotados pelo CBMDF na avaliação de projetos de saídas de emergência, comparando-os com práticas nacionais e internacionais. Na sequência, foram exploradas as possibilidades e desafios da abordagem baseada em desempenho, com foco nos sistemas de saída de emergência, e nas possíveis aplicações no contexto do CBMDF.

4.1. Análise de projetos de saída de emergência pelo CBMDF

A Norma Técnica nº 01/2016 - CBMDF, aprovada pela Portaria nº 26/2016 - CBMDF em 23 de dezembro de 2016, estabelece medidas de proteção contra incêndio e pânico em edificações, levando em conta fatores como ocupação, área e altura. Esta norma abrange dez medidas fundamentais, incluindo: saídas de emergência, sinalização de segurança contra incêndio, iluminação de emergência, extintores de incêndio, hidrantes, alarmes de incêndio, detecção de incêndio, chuveiros automáticos, sistemas de proteção contra descargas atmosféricas e centrais de GLP (CBMDF, 2016).

No que diz respeito aos sistemas de saídas de emergência, as diretrizes e requisitos específicos para o projeto e execução são definidos pela Norma Técnica nº 10, aprovada pela Portaria nº 02/2015 - CBMDF, em 14 de janeiro de 2015 (CBMDF, 2015). Este documento constitui a norma base do CBMDF para análise dos requisitos de projetos de saída de emergência.

De acordo com o Artigo 20 da Instrução Normativa nº 001/2021-DESEG, outro normativo a ser considerado na análise de projetos de saída de emergência é a Lista de Verificação, disponível no sítio do CBMDF (CBMDF, 2021). A Figura 2 ilustra um trecho dessa lista, que se concentra nos requisitos para os projetos de saída de emergência (CBMDF, 2025).

Figura 2 – Trecho da Lista de Verificação referente aos Sistemas de Saída de Emergência

i01.00 - PROJETO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO - PSCIP
i01.01.00 - PRÉ-REQUISITOS
i01.01.01 - Dimensionar sistema de saídas de emergência, de acordo com a NT 010 – CBMDF;
i01.01.02 - Apresentar projeto de incêndio em conformidade com o projeto de arquitetura aprovado em consulta prévia.
i01.01.99
i01.02.00 - DIMENSIONAMENTO DA SAÍDA DE EMERGÊNCIA
i01.02.01 - Redimensionar a largura das saídas de emergência de acordo com a estimativa de população previsto na Tabela 05 da NT 10 – CBMDF;
i01.02.02 - Redimensionar a distância a percorrer de acordo com o previsto na Tabela 06 da NT 10 – CBMDF;
i01.02.03 - Redimensionar o número e o tipo das escadas de emergência, conforme as Tabelas 10 e 11 da NT 10 – CBMDF;
i01.02.99
i01.03.00 - GENERALIDADES DA SAÍDA DE EMERGÊNCIA
i01.03.01 - Retirar depósitos, móveis ou equipamentos não previstos, tubulações de lixo, passagem para rede elétrica, medidores de gás da caixa de escada (antecâmara), conforme letras “b” e “c” do item 4.3.1.1.10 da NT 10 – CBMDF;
i01.03.02 - Redimensionar a escada, tendo em vista a edificação não se enquadrar no item 4.3.1.1.8 da NT 10 – CBMDF, que permite o uso de escadas com lanços curvos;
i01.03.03 - Redimensionar a escada, tendo em vista a edificação não se enquadrar no item 4.3.1.1.9 da NT 10 – CBMDF, que permite o uso de escadas em leque (lanços mistos);
i01.03.04 - Deverá constar no projeto, especificação de piso antiderrapante nas rampas e escadas de emergência de acordo com o item 4.3.1.1.1, letra g da NT 10 – CBMDF;
i01.03.05 - A escada de emergência deverá ser interrompida ao nível da descarga conforme figura 11.A NT 10 - CBMDF;
i01.03.06 - A escada de emergência deverá possuir lanços com a quantidade mínima de 03 (três) degraus conforme definição prevista no item 3.10 da NT 10 - CBMDF;

Fonte: CBMDF (2025).

Conforme apresentado pela Figura 2, a Lista de Verificação estabelece, de forma taxativa, os requisitos técnicos para os sistemas de saída de emergência, incluindo itens como dimensões de portas e corredores, características de escadas (degraus, guarda-corpos, materiais), e requisitos para antecâmaras e caixas de escadas. A lista contempla um número de exigências superior a 100 (cem) itens, abrangendo desde a documentação até detalhes construtivos específicos, demonstrando a complexidade da avaliação e a necessidade de um processo de verificação rigoroso.

A complexidade inerente à verificação manual desse número expressivo de exigências sugere a possibilidade de erros e atrasos no processo, tornando evidente a importância de investigar e avaliar novas tecnologias para otimizar e assegurar a eficiência e a confiabilidade da análise de projetos.

No caso de situações extraordinárias, a normativa prevê a possibilidade de o projetista solicitar a análise de recurso pelo Conselho Técnico do Departamento de Segurança Contra Incêndio nos casos em que for necessária a dispensa ou substituição de exigências estabelecidas na norma. De acordo com a Instrução Normativa nº 001/2021-DESEG, essa dispensa ou substituição somente será concedida quando for comprovado que a adoção dos meios de proteção contra incêndio e pânico compromete as condições estruturais da edificação, sendo obrigatória a apresentação de documentação comprobatória.

No que se refere à implementação de projetos baseados em desempenho, não foram encontradas referências ao tema nas normativas internas da Corporação relacionadas à análise de projetos.

4.2. Análise de projetos no contexto nacional

Com o objetivo de compreender os critérios e os processos adotados na análise de projetos de saídas de emergência no contexto nacional, foi elaborado e aplicado um questionário direcionado aos Corpos de Bombeiros Militares dos estados brasileiros. Dentre os 26 estados, 21 (equivalente a 80%) responderam ao instrumento.

A maioria dos estados (81%) relatou a submissão de projetos por meio de plataformas online, seguidas de conferência administrativa e distribuição para analistas, assim como ocorre no Distrito Federal. A análise de conformidade, baseada em normas prescritivas específicas, resulta na aprovação ou devolução do projeto ao projetista para correções iterativas. Entretanto, duas corporações (Mato Grosso e Rio Grande do Norte) mantiveram processos predominantemente físicos, utilizando plataformas online apenas para registro e acompanhamento das informações.

Quanto à normatização de saídas de emergência, apenas o Estado do Amazonas não dispunha de norma específica, recorrendo à Instrução Normativa nº 11/2019 do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (CBPMESP). Esta constatação destaca a heterogeneidade normativa nacional.

Em relação à diversidade das normas no território nacional, faz-se necessário citar a Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), a NBR 9077 – Saídas de emergência em edifícios, publicada em dezembro de 2001. Embora tenha caráter orientativo e não seja de cumprimento obrigatório, essa norma foi utilizada como referência para elaboração das demais normas técnicas de saída de emergência no país. Seu enfoque é essencialmente prescritivo, baseando o dimensionamento das saídas de emergência no tipo de ocupação e no conceito de unidade de passagem. Desde 2017, está em discussão uma proposta de revisão da norma, buscando atualizá-la (Marko, 2017).

Quanto à utilização de softwares de simulação computacional na análise de projetos, esta mostrou-se limitada. Nenhuma corporação relatou o uso dessas ferramentas nesse contexto. Entretanto, as Corporações de Minas Gerais e Espírito Santo utilizaram o *Fire Dynamics Simulator* (FDS), e Minas Gerais também o *Pyrosim* e o *Pathfinder*, especialmente em investigações de incêndios.

No que se refere à adoção de soluções baseadas em desempenho, apenas as Corporações dos Estados de São Paulo e do Pará relataram aceitar esse tipo de projeto em casos específicos. No caso do CBPMESP, a aceitação de PBD é exclusiva para casos previstos em normas: na Instrução Técnica nº 08/2019, acerca do tratamento das estruturas e na Instrução Técnica nº 15/2019, parte 7, que aborda o controle de fumaça de átrios não padronizados.

Já na Corpo de Bombeiros Militar do Pará (CBMPA), a resposta do questionário informou que avalia as medidas de segurança de uma edificação prioritariamente por meios prescritivos definidos nas Instruções Técnicas vigentes, podendo em casos excepcionais, sob a deliberação de uma

Comissão Técnica, julgar e definir um Parecer a cerca de uma solução alternativa baseada no desempenho por meio de software computacional.

Além dos dados coletados por meio dos questionários, a revisão bibliográfica permitiu identificar iniciativas que buscam modernizar a análise de projetos no Brasil. Nesse contexto, destacam-se os estudos realizados por Pascoal e Braga (2023) e Latgé (2023).

O estudo de Pascoal e Braga (2023) destacou que, no Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais, um grupo denominado Corpo Técnico é responsável por avaliar adaptações em edificações que não atendem às normas prescritivas. No entanto, essa avaliação ocorre de forma predominantemente empírica, sem aferição científica ou experimental. Esse cenário evidenciou a necessidade urgente de capacitação técnica e regulamentação específica para a adoção do projeto baseado em desempenho, garantindo que soluções alternativas sejam devidamente validadas por meio de simulações computacionais.

Latgé (2023), Capitão do CBPMESP, desenvolveu um trabalho monográfico voltado para a implementação da análise eletrônica automatizada no serviço de segurança contra incêndio. O trabalho avaliou a viabilidade de criar um sistema específico para análise de projetos, fundamentado em regras e critérios estabelecidos com base em normas técnicas. Seguindo essa mesma linha de pesquisa para análise automatizada, também foi identificada iniciativa semelhante pelo Corpo de Bombeiros de Santa Catarina.

As entrevistas trouxeram informações complementares sobre o processo de análise de projetos no Brasil, especialmente no que se refere aos projetos baseados em desempenho e ao uso de softwares computacionais.

Tanto o diretor executivo da SFPE no Brasil como a instrutora da NFPA ratificaram que, atualmente, as soluções alternativas em projetos devem ser submetidas às Comissões Técnicas das corporações. No entanto, avaliaram que a análise realizada por essas Comissões baseia-se, na maioria dos casos, na experiência pessoal das autoridades responsáveis, e não em critérios técnicos padronizados. Esse cenário contrasta com o código internacional de

PBD da SFPE, que se fundamenta em princípios de engenharia e ciência, exigindo a comprovação de que as soluções alternativas atendem aos objetivos quantitativos estabelecidos pela norma.

Para ilustrar os desafios da aplicação do PBD no Brasil, o engenheiro relatou sua experiência nos projetos das usinas de Tucuruí e Belo Monte, cuja aprovação exigiu apresentações técnicas aos analistas para demonstrar a aplicabilidade da abordagem PBD. Embora bem-sucedido, o processo foi considerado pioneiro e demorado.

Ele também destacou o estado do Pará como um dos poucos no Brasil a incluir, em seu normativo, a possibilidade explícita de aceitação de projetos baseados em desempenho. Esse pioneirismo pode estar diretamente relacionado à necessidade enfrentada durante a análise dos projetos das usinas mencionadas, evidenciando como a experiência prática pode impulsionar mudanças regulatórias e a adoção de novas abordagens técnicas.

No contexto do CBMDF, o Coronel Veterano do CBMDF relatou ter utilizado softwares de simulação computacional em pesquisas da Corporação desde 2007, tanto para estudos de desempenho de edificações como para investigação de incêndios. No entanto, destacou que essa implementação tem ocorrido exclusivamente com softwares gratuitos ou por meio de licenças adquiridas com recursos de projetos de pesquisa, evidenciando dificuldades na aquisição de licenças institucionais para uso contínuo e oficial pela Corporação.

Além disso, o Coronel informou ter acompanhado as discussões sobre a proposta de revisão da NBR 9077, que introduz mudanças significativas no dimensionamento dos sistemas de saída de emergência. Segundo ele, a nova proposta adota uma abordagem híbrida, combinando elementos das metodologias prescritiva e baseada em desempenho. Nessa revisão, o dimensionamento das saídas de emergência passaria a considerar a velocidade de propagação do incêndio e a velocidade de evacuação da edificação, sendo fundamental que a evacuação ocorra em tempo inferior à propagação do fogo para garantir a segurança dos ocupantes. Além disso, o novo texto propõe uma mudança de enfoque: o critério de dimensionamento

deixaria de ser baseado no tipo de ocupação e passaria a considerar as condições dos ocupantes e as características específicas do incêndio.

Os resultados obtidos indicaram que a análise de projetos de saídas de emergência no Brasil ainda é predominantemente prescritiva, com limitada aplicação de ferramentas computacionais e da abordagem baseada em desempenho. A ausência de normas padronizadas, aliada à dependência da experiência individual dos analistas e à falta de capacitação técnica, representa um obstáculo à modernização. Apesar disso, iniciativas pontuais, como em Minas Gerais, em São Paulo e no Pará, indicam avanços, destacando a importância da atualização normativa e da qualificação dos profissionais para a adoção segura de soluções inovadoras.

4.3. Análise de projetos no contexto internacional

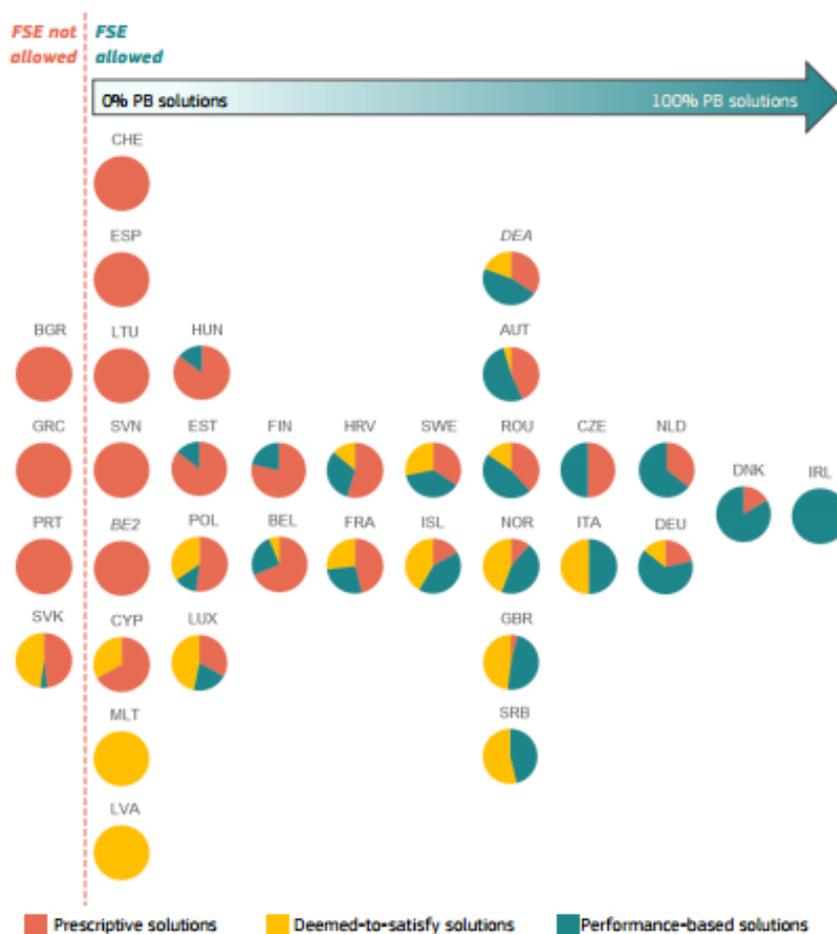
Como observado ao longo desta pesquisa, a aplicação de projetos baseados em desempenho no Brasil ainda é incipiente, o que reforça a importância de recorrer a referências internacionais. Os estudos analisados e as entrevistas com os especialistas indicaram que países europeus e os Estados Unidos se destacam como principais modelos nessa área.

Em relação aos países europeus, o relatório técnico do *Joint Research Centre* (JRC, 2023, tradução própria), da Comissão Europeia, intitulado "*The status and needs for implementation of Fire Safety Engineering approach in Europe*" apresenta uma análise detalhada sobre o uso da Engenharia de Segurança Contra Incêndios (ESCI) no continente. Segundo o documento, a ESCI consiste na aplicação de métodos de engenharia para o desenvolvimento ou a avaliação de projetos no ambiente construído, como edificações e estruturas. Essa metodologia se baseia na análise de cenários específicos de incêndio ou na quantificação dos riscos associados a diferentes situações.

Conforme a Figura 3, retirada desse relatório, os métodos prescritivos ainda predominam na maioria dos países europeus, mesmo onde o uso da abordagem baseada em desempenho é permitido. A figura apresenta, para cada país, a proporção de áreas técnicas (como saída de emergência,

compartimentação, controle de fumaça etc.) em que apenas soluções prescritivas (em vermelho) são utilizadas, em comparação com aquelas em que são permitidas soluções baseadas em desempenho (em azul). A Figura aborda também as soluções *deemed-to-satisfy* (em amarelo), que são disposições técnicas pré-estabelecidas que, ao serem seguidas, são automaticamente aceitas como conformes às exigências, sem a necessidade de justificativas adicionais, e são mais comuns em códigos prescritivos.

Figura 3 – Distribuição das abordagens prescritiva e baseada em desempenho nos países europeus



Fonte: JRC (2023).

A análise mostra que, embora 30 dos 34 países/regiões participantes permitam o uso da ESCI, em 16 deles os métodos prescritivos são predominantes em mais da metade das áreas técnicas avaliadas. Isso revela que, na prática, a aplicação da abordagem baseada em desempenho ainda é limitada, sendo geralmente reservada para casos específicos, como projetos inovadores ou que não se enquadram nas normas convencionais. Mesmo em

países com regulamentações abertas ao desempenho, persistem desafios como a ausência de critérios padronizados, a escassez de profissionais qualificados e a necessidade de validação por autoridades competentes.

Outro aspecto relevante apresentado no relatório é a complementaridade entre as abordagens prescritiva e baseada em desempenho. A primeira, tradicional, mostra-se insuficiente para certos tipos de construções, enquanto a segunda oferece soluções mais eficientes e economicamente viáveis, sobretudo em contextos de renovação ou reconstrução de edificações existentes, onde as exigências prescritivas podem ser inviáveis.

Durante as entrevistas, a instrutora da NFPA reforçou que, no contexto brasileiro, ainda pouco maduro em relação ao tema, a PBD deve ser aplicada preferencialmente em situações nas quais as normas prescritivas não podem ser atendidas. Segundo ela, a análise de simulações exige maior conhecimento técnico e envolvimento das autoridades, pois os resultados dependem diretamente dos parâmetros de entrada utilizados.

No que se refere à análise de projetos de segurança contra incêndio, o relatório indica que, na maioria dos países europeus, a aprovação formal por pelo menos uma autoridade competente é obrigatória. Em muitos casos, duas autoridades precisam conceder a aprovação, seja de forma complementar ou, menos frequentemente, alternada. As principais instituições envolvidas nesse processo são as autoridades locais e os corpos de bombeiros. No entanto, em países como Tchêquia, Itália, Noruega, Eslovênia e Suécia, a legislação não exige uma aprovação formal.

Essa informação foi confirmada nas entrevistas com os especialistas, especialmente no que se refere aos Estados Unidos. Os dois engenheiros entrevistados explicaram que os projetos PBD passam por avaliação dos *Fire Marshals*, organismos estaduais especializados em prevenção e segurança contra incêndio, distintos das equipes operacionais dos corpos de bombeiros.

Apesar dos avanços do PBD, o relatório também destaca a necessidade de padronização, especialmente na seleção de cenários de incêndio, definição

de incêndios de projeto e critérios de desempenho e aceitação. Atualmente, essas decisões dependem amplamente do julgamento de especialistas, tornando os processos menos uniformes e objetivos. Essa informação foi corroborada por todos os especialistas entrevistados, que consideraram importante existir uma normatização que oriente a elaboração do projeto, com os critérios de desempenho e cenários de simulação normalizados.

Além disso, há um interesse crescente na padronização de métodos de avaliação, abrangendo aspectos como design de evacuação, segurança estrutural contra incêndios e controle de fumaça, bem como na definição de limites em modelos de simulação (por exemplo, concentração de gases, visibilidade e velocidade de evacuação). Essa necessidade reforça a importância de oferecer suporte técnico adequado, especialmente para projetistas que utilizam métodos avançados de cálculo.

A falta de padronização nos critérios de aceitação do projeto baseado em desempenho também é um desafio no Brasil. O estudo de Pascoal e Braga (2023) identificou que muitos projetos que não atendem a normas prescritivas são submetidos a análises subjetivas por grupos técnicos estaduais, sem um referencial técnico unificado. Os autores reforçam a importância de criar diretrizes nacionais para a avaliação de projetos PBD, garantindo que simulações computacionais sejam conduzidas e interpretadas com critérios objetivos e cientificamente embasados.

No contexto internacional, os três entrevistados citaram o Código da SFPE como referência para projetos que adotam abordagem baseada em desempenho. Esse código apresenta informações sobre o processo de elaboração de PBD, tanto indicando as etapas de elaboração, como detalhando os parâmetros e auxiliando na definição de critérios e cenários (SFPE, 2016, tradução própria).

Assim, a análise internacional permite compreender os desafios e as boas práticas adotadas em outros países, fornecendo subsídios relevantes para a estruturação de critérios mais claros e objetivos na análise de projetos de saída de emergência no Brasil.

4.4. Oportunidades e desafios relacionados à abordagem baseada em desempenho na análise de projetos

A aplicação de projetos baseados em desempenho tem se mostrado uma tendência no desenvolvimento de soluções mais eficientes e fundamentadas. No entanto, faz-se necessário explorar as oportunidades e desafios relacionados à aplicação dessa abordagem.

4.4.1. Oportunidades na aplicação da abordagem PBD

Conforme observado nos estudos anteriores, a abordagem baseada em desempenho permite maior flexibilidade na elaboração de projetos de segurança contra incêndio, possibilitando a adaptação de soluções conforme as especificidades de cada edificação.

Um dos principais recursos associados a essa abordagem é o uso de simulações computacionais, que permitem validar soluções alternativas, especialmente em projetos de saídas de emergência. Modelos de evacuação possibilitam a análise do fluxo de ocupantes, tempo de abandono e gargalos nas rotas de fuga, enquanto simulações de incêndio fornecem informações sobre propagação das chamas, temperaturas, comportamento dos materiais combustíveis e produção de fumaça.

Segundo Ono (2010), a introdução precoce dessas análises no projeto aumenta as possibilidades de ajustes, garantindo que potenciais problemas sejam identificados antes da construção. Além disso, a simulação computacional permite a avaliação de múltiplos cenários, favorecendo a elaboração de projetos de saída de emergência mais seguros e adaptáveis a diferentes condições.

Essa aplicação é essencial não apenas para novas edificações, mas também para adequação de estruturas existentes. Pascoal e Braga (2023) utilizando os softwares *Pathfinder*, *FDS* e *Pyrosim*, demonstraram que, em um edifício analisado pelo Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais, a simulação foi fundamental para avaliar a influência da fumaça e do calor nas rotas de fuga, evidenciando que soluções prescritivas anteriormente aprovadas

não garantiam a segurança necessária. O estudo demonstrou que soluções prescritivas anteriormente aprovadas não garantiam a segurança dos ocupantes e que adaptações baseadas em desempenho poderiam proporcionar um ambiente mais seguro sem a necessidade de grandes alterações estruturais.

A entrevista com o Diretor executivo da SFPE no Brasil ressaltou que o uso de softwares reduz custos e agrega experiência técnica ao processo, facilitando a demonstração do atendimento aos objetivos normativos. Ele destacou que a abordagem baseada em desempenho proporciona uma proteção mais eficiente e, em muitos casos, com custo reduzido, em comparação à abordagem prescritiva, que estabelece medidas padronizadas sem considerar especificidades do risco analisado.

Além disso, a engenheira especialista em projetos de incêndio e instrutora da NFPA reforçou que as simulações computacionais permitem testar diferentes cenários de incêndio, modelando tanto a propagação do fogo quanto o comportamento humano durante a evacuação. Essas simulações podem, inclusive, ser utilizadas para avaliar a eficácia de normas prescritivas, fornecendo suporte para seu aprimoramento.

Assim, o emprego de simulações pode contribuir significativamente para a evolução normativa. No CBMDF, além da aprovação dos projetos, a modelagem computacional pode ser utilizada para validar e aprimorar normas prescritivas existentes, tornando-as mais alinhadas à dinâmica real dos incêndios e evacuações.

A inovação tecnológica na área de segurança contra incêndio também é impulsionada pelo uso da abordagem PBD. Estudos de Ono (2010) sobre edifícios altos e de Martins, Rodrigues e Braga (2019) sobre locais de grande concentração de público demonstram que a abordagem baseada em desempenho possibilita o desenvolvimento de soluções inovadoras sem comprometer a segurança dos ocupantes.

Portanto, a implementação da abordagem PBD no CBMDF oferece vantagens potenciais significativas, incluindo maior flexibilidade e eficiência na

elaboração de projetos, validação de soluções alternativas adaptadas e adequação de estruturas existentes sem grandes alterações, além de contribuir para a evolução das normas vigentes. Entretanto, faz-se necessário também conhecer os principais desafios envolvidos na aplicação dessa abordagem.

4.4.2. Desafios na aplicação da abordagem PBD

A aplicação da abordagem baseada em desempenho na segurança contra incêndios oferece flexibilidade e soluções personalizadas para edificações. Contudo, sua implementação enfrenta desafios técnicos, normativos e operacionais que precisam ser superados para garantir a confiabilidade dos resultados.

Um dos principais desafios técnicos refere-se às simplificações adotadas pelos softwares de simulação. Ono (2010) destaca que o comportamento humano durante incêndios é variável e influenciado por fatores psicológicos e ambientais; contudo, muitos modelos assumem padrões predefinidos de evacuação, o que pode comprometer a precisão dos resultados.

Além disso, a correta interpretação dos resultados das simulações é crítica. Pascoal e Braga (2023) observaram que pequenas variações nos parâmetros de entrada podem gerar diferenças significativas nos tempos de evacuação estimados, evidenciando a necessidade de profissionais altamente capacitados para configurar e analisar os modelos computacionais, evitando erros que possam comprometer a segurança das edificações.

A manipulação inadequada de dados nas simulações também é uma preocupação. A instrutora da NFPA alerta que, como os resultados dependem dos parâmetros de entrada, a falta de padronização pode comprometer a confiabilidade das análises e, conseqüentemente, sua aceitação por órgãos reguladores. Nesse contexto, o diretor da SFPE enfatiza a necessidade de validação rigorosa dos cálculos, recomendando revisões por terceiros para identificar possíveis incertezas e erros nos modelos.

Nesse sentido, todos os entrevistados citaram a capacitação técnica dos profissionais como um grande desafio para implementação efetiva da

abordagem PBD no país. Segundo o diretor da SFPE, a curva de aprendizado para a utilização dessas ferramentas é longa, e há poucos cursos disponíveis no Brasil. A instrutora da NFPA complementa que falta maturidade técnica tanto na elaboração quanto na análise dos projetos baseados em desempenho, além de uma compreensão mais aprofundada sobre a dinâmica do fogo.

De forma similar, o Coronel do CBMDF ressalta a necessidade de capacitação tanto para o corpo técnico da sociedade, incluindo arquitetos e engenheiros responsáveis pela elaboração dos projetos, quanto para os militares do CBMDF encarregados da análise dos projetos. Ele destaca que os poucos cursos disponíveis no Brasil sobre segurança contra incêndio e pânico focam na aplicação direta das medidas de segurança, abordando superficialmente o estudo sobre a dinâmica do fogo e dos incêndios.

No contexto específico do CBMDF, o Coronel relata que, desde 2007, tem buscado promover o uso da simulação computacional dentro da Corporação, porém enfrenta resistência à adoção dessas ferramentas. Esse cenário reforça o desafio de difundir o conhecimento técnico necessário para incorporar o desempenho real das edificações como critério de segurança. Além disso, somente com conhecimento e experiência na aplicação é possível desenvolver capacidade crítica para analisar os resultados das simulações.

Em contato com especialistas da Nova Zelândia, país pioneiro na implementação de soluções PBD, o Coronel relatou que tomou conhecimento de que, nos primeiros anos de implementação, uma das dificuldades enfrentadas foi a ausência de exigência de qualificação técnica específica para projetos PBD, resultando em projetos de baixa qualidade e, conseqüentemente, menos seguros.

A ausência de normatização específica no Brasil também representa um obstáculo à adoção dessas ferramentas. O diretor da SFPE enfatiza que, embora o PBD seja atualmente utilizado apenas para soluções alternativas, é fundamental a criação de normas que estabeleçam padrões para guiar o processo e a documentação técnica. Essa regulamentação contribuiria para

harmonizar a linguagem técnica utilizada internacionalmente, facilitando a aceitação dos modelos computacionais no país.

Além disso, a instrutora da NFPA defende que soluções baseadas em desempenho devem ser analisadas por comissões técnicas especializadas, garantindo maior rigor e confiabilidade nos resultados apresentados. Ela também enfatiza a necessidade de difundir o conhecimento sobre PBD para preencher lacunas onde as normas prescritivas não são suficientes.

A falta de pesquisas específicas para padronizar os parâmetros de entrada nas simulações é outro desafio. O Coronel do CBMDF explica que, para simulações de evacuação, são necessários três parâmetros: geometria do local, perfil biométrico e dados comportamentais da população. Enquanto os dois primeiros aspectos são de fácil acesso, uma vez que a geometria é informada no projeto e o perfil biométrico brasileiro já foi estudado em algumas pesquisas de referência, o terceiro aspecto apresenta desafios significativos.

No Brasil, a cultura de prevenção e o respeito às normas de evacuação diferem de outros países, resultando em tempos de pré-evacuação e tomada de decisão que podem variar consideravelmente em relação a índices internacionais. Assim, a ausência de pesquisas de referência para adoção dos parâmetros comportamentais nas simulações prejudica sua aplicação no contexto brasileiro.

Por fim, o Coronel do CBMDF destaca que é imprescindível considerar essa abordagem, apesar da pouca utilização e das dificuldades enfrentadas no Brasil. Essa é uma tendência já observada em outros países e que, em um futuro próximo, deve alcançar os corpos de bombeiros brasileiros de forma mais recorrente, com prédios e soluções de engenharia mais refinadas, complexas e inovadoras.

Conforme as informações apresentadas, a implementação de PBD na segurança contra incêndios enfrenta desafios significativos, incluindo simplificações em softwares de simulação, necessidade de validação rigorosa dos cálculos, risco de manipulação de dados e escassez de profissionais capacitados. A ausência de normatização específica e de pesquisas que

padronizem parâmetros de entrada nas simulações também dificultam sua adoção no Brasil. Assim, conhecer esses obstáculos é essencial para promover a aplicação eficaz e segura da PBD no CBMDF.

4.5. Discussão dos resultados e recomendações para o CBMDF

Atualmente, a regulamentação dos sistemas de saída de emergência no CBMDF é predominantemente prescritiva. No entanto, observa-se um crescente desenvolvimento na área de segurança contra incêndio e pânico, com uma mudança gradual para o enfoque baseado em desempenho. Essa transição apresenta oportunidades significativas para o CBMDF, especialmente ao favorecer soluções inovadoras e garantir a segurança das edificações em situações onde o atendimento aos requisitos prescritivos se mostra inviável.

Dentro do contexto nacional, destaca-se que apenas os Corpos de Bombeiros Militar do Pará e de São Paulo permitem em suas normas o emprego de soluções baseadas em desempenho. Contudo, as entrevistas realizadas com engenheiros revelaram que eles já apresentaram projetos baseados em desempenho para análise em comissões técnicas em outros estados, demonstrando que essa tendência está ganhando força no Brasil e que sua chegada ao CBMDF é apenas uma questão de tempo.

Adicionalmente, a norma da ABNT NBR 9077, que trata de sistemas de saída de emergência, está em processo de revisão e já adota uma abordagem híbrida, reunindo tanto aspectos prescritivos quanto baseados em desempenho. Essa mudança reforça a importância que a abordagem PBD tem recebido no cenário nacional.

É fundamental ressaltar que os Corpos de Bombeiros são as autoridades reguladoras da segurança contra incêndio e pânico nos estados e, portanto, devem estar atentos às novas tecnologias e se manter na vanguarda. A negligência desse papel pode prejudicar o desenvolvimento econômico do país, uma vez que a falta de conhecimento pode impedir o desenvolvimento de soluções inovadoras.

A abordagem baseada em desempenho também se mostra interessante para aprimorar a conformidade normativa das normas do CBMDF, uma vez que a utilização de simulações pode ser empregada para testar os parâmetros exigidos e reavaliar os requisitos existentes.

Entretanto, para uma implementação adequada, é crucial que o CBMDF esteja ciente dos desafios que poderá enfrentar nesse processo. Um dos principais desafios é a falta de capacitação técnica, tanto dos projetistas quanto, especialmente, dos militares do CBMDF, os quais devem estar aptos a conhecer a nova abordagem e avaliar os projetos submetidos. Nesse sentido, exemplos internacionais de sucesso indicam que esses obstáculos são superáveis por meio de investimentos em treinamento e no desenvolvimento de ferramentas computacionais. Parcerias com instituições acadêmicas podem fornecer o suporte necessário para criar conteúdo técnico e capacitação apropriados.

Outro desafio significativo é a falta de padronização de parâmetros de referência, tanto dos parâmetros de entrada para os softwares de simulação computacional, quanto da definição dos parâmetros de desempenho que os projetos devem atender. Atualmente, não há material de padronização e orientação para a abordagem PBD no país, embora o Guia SFPE se destaque no contexto internacional como referência.

Um desafio adicional se concentra no investimento em ferramentas computacionais pela corporação, a fim de que os militares conheçam e se familiarizem com suas funcionalidades. Nesse contexto, os softwares *FDS*, *Pyrosim* e *Pathfinder* se destacaram em diversas pesquisas e mostraram-se adequados para auxiliar na análise de projetos de saída de emergência baseados em desempenho. Para que a Corporação possa utilizá-los efetivamente, é necessário investir em aquisição e treinamento para os militares.

Para a realidade do CBMDF, a proposta não é que as soluções PBD substituam os projetos baseados em normas prescritivas. Para a grande maioria das edificações, as normas prescritivas são suficientes para garantir a

segurança e exigem menor complexidade das soluções, tanto para elaboração quanto para análise pelos corpos técnicos. As duas abordagens devem ser complementares.

Para garantir maior segurança ao CBMDF, é importante que esses projetos sejam recebidos por meio de um conselho técnico, cuja formação deve ser composta por profissionais diversos e especialistas, e que haja revisão de terceira parte por todos os que compõem o grupo. Além disso, o projeto deve ser acompanhado por eles desde sua concepção.

Por fim, sugere-se que a implementação dessa abordagem na corporação ocorra de maneira gradual e lenta, permitindo que todos os atores envolvidos se adequem e se preparem para isso. Inicialmente, esse tipo de projeto deve ser aceito apenas como soluções alternativas, ou seja, naqueles projetos em que adotar a norma prescritiva se mostra inviável. Dessa forma, além de proteger vidas e patrimônios, o CBMDF pode se posicionar como líder nacional em práticas inovadoras de segurança contra incêndios.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O avanço da engenharia de segurança contra incêndio e o desenvolvimento do conhecimento técnico impulsionaram uma mudança na elaboração de projetos nas últimas décadas, passando do modelo prescritivo para o baseado em desempenho.

Diante desse cenário, esta pesquisa buscou responder à seguinte questão: **quais são as oportunidades e desafios da aplicação da abordagem baseada em desempenho na análise de projetos de sistemas de saída de emergência pelo CBMDF?** Ao explorar esse tema, pretendeu-se contribuir para o aperfeiçoamento do processo de análise de projetos da Corporação.

Assim, o objetivo geral da pesquisa foi estudar a aplicação da abordagem baseada em desempenho na análise de projetos de sistemas de saída de emergência pelo CBMDF, auxiliando na modernização dos procedimentos e no alinhamento da instituição às tendências internacionais.

A metodologia adotada contemplou revisão documental, revisão bibliográfica, aplicação de questionário e realização de entrevistas com especialistas. Essa combinação permitiu alcançar os objetivos propostos e proporcionou uma visão abrangente sobre o tema. Foram identificadas as principais diferenças entre as abordagens prescritiva e baseada em desempenho; e examinou-se o processo de análise de projetos de saídas de emergência no cenário nacional, inclusive no CBMDF, e internacional. Por fim, foram discutidas as oportunidades e os desafios associados à aplicação da abordagem PBD, relacionando-os à realidade atual do CBMDF.

Ao longo do trabalho, verificou-se que a abordagem PBD se baseia em parâmetros de desempenho, nos quais os projetos devem ser elaborados visando alcançar determinados critérios, a fim de garantir a segurança das edificações e de seus ocupantes. Essa abordagem difere da tradicional, conhecida como prescritiva, que prevalece nas regulamentações brasileiras.

No panorama nacional, observou-se que a realidade do CBMDF é semelhante à de outros Corpos de Bombeiros brasileiros. Em todos os estados, prevalece o uso de normas de caráter prescritivo para regulamentar os sistemas de saída de emergência. Essas normas variam entre as corporações, já que cada uma possui regulamento próprio, com exceção do estado do Amazonas. Quanto ao uso de ferramentas computacionais, verificou-se que sua aplicação ainda é pouco expressiva na análise de projetos, sendo um aspecto com potencial de desenvolvimento.

No cenário internacional, foi constatado que, embora muitos países europeus e os Estados Unidos permitam a aplicação da abordagem baseada em desempenho, sua adoção ainda é limitada e, em geral, reservada a situações específicas, sendo que os métodos prescritivos continuam predominantes.

O estudo do relatório do JRC (2023) evidenciou a necessidade de padronização de critérios e parâmetros técnicos, como cenários de incêndio e critérios de aceitação, de modo a garantir maior uniformidade e segurança nas análises. As entrevistas com especialistas reforçaram esses achados e

apontaram o Código da SFPE como principal referência internacional para projetos baseados em desempenho.

A adoção da PBD pode trazer ganhos importantes em flexibilidade e inovação, especialmente em projetos complexos ou fora dos padrões normativos. Contudo, sua implementação no CBMDF exige investimentos em capacitação, desenvolvimento de critérios técnicos e aquisição de ferramentas adequadas (como os softwares *FDS*, *Pyrosim* e *Pathfinder*). A experiência nacional e internacional aponta que esses desafios são superáveis por meio de formação continuada e parcerias com instituições acadêmicas.

Recomenda-se que a adoção da abordagem PBD no CBMDF ocorra de forma gradual, inicialmente aplicada a projetos que não se enquadram nas normas prescritivas, com análise conduzida por conselho técnico especializado. Assim, as duas abordagens podem coexistir de forma complementar, promovendo segurança e inovação.

Como produto da pesquisa, foi elaborado um material orientativo (Apêndice B) com base no Guia da SFPE, que será apresentado à Diretoria de Estudos e Análises de Projetos. Este produto tem o objetivo de introduzir o tema junto aos analistas e fomentar sua disseminação na corporação.

Por fim, destaca-se a necessidade de estudos futuros voltados à definição de parâmetros comportamentais em simulações computacionais, lacuna que ainda limita a aplicação efetiva da abordagem baseada em desempenho no Brasil.

REFERÊNCIAS

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Norma Técnica nº 10/2015 – Saídas de Emergência**. Brasília: CBMDF, 2015. Disponível em <https://www.cbm.df.gov.br/scip/wp-content/uploads/2021/01/14.0-NT-no-10-Saidas-de-Emergencia.pdf>. Acesso em 14 nov. 2024.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Norma Técnica nº 01/2016 – Medidas de Segurança Contra Incêndio no Distrito Federal**. Brasília: CBMDF, 2016. Disponível em: <https://segurancacontraincendio.cbm.df.gov.br/wp-content/uploads/2021/11/NT-01-Medidas-de-Seguranca-Contra-Incendio-no-Distrito-Federal-1.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2024

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. Regimento Interno do CBMDF – RICBM. **Suplemento ao Boletim Geral do CBMDF nº 223, de 01 dez. 2020**. Brasília, 2020.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. Instrução Normativa nº 001/2021 – DESEG/CBMDF, de 30 de junho de 2021. Procedimentos Normativos para Prestação de Serviços de Segurança Contra Incêndio e Pânico. **Boletim Geral nº 122, de 30 de jun. de 2021**. Brasília, 2021.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Lista de verificação de Análise de Projeto**. Brasília: CBMDF, 2025. Disponível em <https://segurancacontraincendio.cbm.df.gov.br/wp-content/uploads/2024/06/Check-list-SCIPWeb-20240611.pdf.pdf>. Acesso em 21 jan. 2025.

DISTRITO FEDERAL. **Lei nº 6.138, de 26 de abril de 2018**. Institui o Código de Obras e Edificações do Distrito Federal - COE. Brasília, 2018. Disponível em: https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/94156cc83d524f1ba6d0c0555ec9cd9d/Lei_6138_26_04_2018.html. Acesso em 21 jan. 2025.

DISTRITO FEDERAL. **Decreto nº 43.056 de 3 de março de 2022**. Regulamenta a Lei nº 6.138, de 26 de abril de 2018, que dispõe sobre o Código de Edificações do Distrito Federal - COE/DF, e dá outras providências. Brasília, 2022. Disponível em: https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/9652bb98f3da4134bb9f03e6289361b5/exec_dec_43056_2022.html#capIX_art202. Acesso em 21 jan. 2025.

JRC. **The status and needs for implementation of Fire Safety Engineering approach in Europe**. European Commission, 2023. Disponível em: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC131689>. Acesso em 15 de janeiro de 2025.

LATGÉ, Carlos dos Santos. **Aprimoramento do serviço de segurança contra incêndio através da análise eletrônica**. Dissertação (Mestrado Profissional

em Ciências Policiais de Segurança e Ordem Pública). Centro de Altos Estudos de Segurança. Polícia Militar do Estado de São Paulo. São Paulo, 2023.

MARIANI, Leandro Magalhães. **Impactos da implantação de sistema informatizado de gestão dos serviços de segurança contra incêndio e pânico no CBMDF**: estudo de caso no âmbito da análise de projetos de segurança contra incêndio. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Aperfeiçoamento de Oficiais) - Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, Brasília, 2020. Disponível em: <https://biblioteca.cbm.df.gov.br/jspui/handle/123456789/88>. Acesso em: 10 nov. 2024.

MARKO, R. Norma de saídas de emergência ganha proposta de renovação. 2017. Disponível em: <https://sindusconsp.com.br/norma-de-saidas-de-emergencia-ganha-proposta-d-e-renovacao/>. Acesso em 11 de março de 2025.

MARTINS, D. S.; RODRIGUES A. C. L.; BRAGA, G. C. B. Modelagem computacional da dinâmica de evacuação em locais de reunião de público. **Ambiente Construído**, v. 19, n. 3, p. 147-164, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/mR4C7yWVqcWRVhhGvsPrhSJ/?lang=pt>. Acesso em 17 nov. 2024.

MATTEDI, D. L. **Uma Contribuição ao Estudo do Processo de Projeto de Segurança Contra Incêndio Baseado em Desempenho**. Ouro Preto, 2005. 227 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

MONTENEGRO, M. L. O. **Análise de Desempenho das Saídas de Emergência por Meio de Simulações Computacionais**: o caso de projetos de edifícios universitários. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/21567>. Acesso em 10 nov. 2024.

MOSER, Ivana Righetto; SOUZA, João Carlos; KUWER, Patricia. Análise da movimentação de pedestres através de simulação computacional. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA, 19., 2019, Rio de Janeiro, RJ. **Anais do XIX Simpósio de Pesquisa Operacional & Logística da Marinha**. Rio de Janeiro: Centro de Análises de Sistemas Navais, 2019. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/anlise-da-movimentao-de-pedestres-atravs-de-simulao-computacional-34438>. Acesso em 10 nov. 2024.

ONO, R. Parâmetros para garantia da qualidade do projeto de segurança contra incêndio em edifícios altos. **Ambiente Construído**, v. 7, n. 1, p. 97–113, 2008. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/3731>. Acesso em: 17 nov. 2024.

ONO, Rosana. **O impacto do método de dimensionamento das saídas de emergência sobre o projeto arquitetônico de edifícios altos: uma análise crítica e proposta de aprimoramento.** Tese. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/livredocencia/16/tde-24022011-140224/pt-br.php>. Acesso em: 18 maio 2025.

PASCOAL, L. F. B.; BRAGA, G. C. Projeto Baseado em Desempenho por meio de simulação computacional: metodologia para avaliação de Corpos Técnicos. **Revista Vigiles**. v. 1. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.56914/revistavigiles-2595-4229-v6n1-11>. Acesso em 23 mar 2025.

SERPA, Fabíola Bristot. **A segurança contra incêndio como abordagem de Conservação do patrimônio histórico edificado: a aplicação do sistema de projeto baseado em desempenho em edifícios históricos em Florianópolis, SC.** Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/93140?show=full>. Acesso em: 4 nov. 2024.

SOCIETY OF FIRE PROTECTION ENGINEERS (SFPE). **SFPE Handbook of Fire Protection Engineering**. 5 ed. Estados Unidos. 2016.

TAVARES, R. M. Prescriptive Codes vs Performance-Based Codes: which one is the best fire safety code for the Brazilian context. **Safety Science Monitor**, v. 12,, p. 1-10, 2008. Disponível em: <https://oshwiki.osha.europa.eu/sites/oshwiki/files/2022-03/3Tavares.pdf>. Acesso em 15 nov. 2024.

TAVARES, R.; SILVA, A. C. P.; DUARTE, D. Códigos Prescritivos x códigos baseados em desempenho: Qual é a melhor opção para o contexto do Brasil? In: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2002, Curitiba. [Trabalhos]. Curitiba: ENEGEP, 2002. Disponível em: https://abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR47_0273.pdf. Acesso em: 17 nov. 2024.

ULIANA, R. S.; LIMA, R. C. A.; RODRIGUEZ, R. Q.; ROMANO, F. V. Simulação Computacional na segurança contra incêndio em edificações: Revisão de Literatura. **Arquitetura Revista**, v. 18, n. 1, p. 43–57, 2022. Disponível em: <https://revistas.unisinos.br/index.php/arquitetura/article/view/23593>. Acesso em: 15 nov. 2024.

WAGNER, Robson. **Projetos para saída de emergência: o conceito de desempenho em Santa Catarina.** 2008. Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. Disponível em: <https://mobile.repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/91422>. Acesso em 4 nov. 2024.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

1. Identificação da Corporação:

- Nome da Corporação:

- Estado:

2. Descrição do Processo de Análise de Projetos:

- Como é realizado o processo de análise de projetos na Corporação? Por favor, descreva brevemente as etapas, os profissionais envolvidos e os principais desafios enfrentados.

3. Normas Relacionadas a Saídas de Emergência:

- Existe uma norma ou instrução específica na Corporação para sistemas de saída de emergência? Em caso positivo, indique o nome ou código da norma.

4. Submissão de Projetos Online:

- Os projetos são submetidos por meio de uma plataforma online? Caso afirmativo, forneça o nome da plataforma e o link de acesso.

5. Uso de Softwares de Simulação Computacional:

- A Corporação utiliza softwares de simulação computacional em projetos ou trabalhos relacionados à segurança contra incêndio e pânico? Caso afirmativo, indique o(s) software(s) utilizado(s) e o contexto de uso.

6. Soluções Alternativas Baseadas em Desempenho:

- Os normativos que orientam a atividade de análise de projetos na Corporação permitem a adoção de soluções alternativas baseadas no desempenho por meio de softwares computacionais? Em caso positivo, descreva os critérios e as condições para adoção dessas soluções.

APÊNDICE B – MATERIAL ORIENTATIVO

1. Aluno: Cap. QOBM/Comb. Camila Cândida da Silva

2. Nome: Material Orientativo - Projetos Baseados em Desempenho.

3. Descrição: Este material orientativo apresenta os conceitos fundamentais da abordagem de Projetos Baseados em Desempenho (PBD), o histórico, as vantagens e desvantagens em relação à abordagem prescritiva, e esclarece o processo de elaboração de projetos que utilizam essa metodologia, conforme proposto pela Society of Fire Protection Engineers (SFPE).

4. Finalidade: Por meio deste material, busca-se introduzir aos analistas do CBMDF os conceitos, princípios, etapas e ferramentas envolvidas na criação de projetos baseados em critérios de desempenho. Dessa forma, visa capacitar os analistas, promover a atualização de seus conhecimentos e fomentar a aplicação de soluções inovadoras na análise de projetos.

5. A quem se destina: Analistas de projetos do CBMDF.

6. Funcionalidades: Capacitar os analistas de projetos do CBMDF, a partir de conceitos relacionados à abordagem de projetos baseados em desempenho. Trata-se de um material de nível introdutório, a fim de que os militares conheçam os princípios básicos, o histórico, as vantagens e desvantagens em relação à abordagem prescritiva, e, posteriormente, possam avançar seus conhecimentos, favorecendo a inovação técnica e antevendo as necessidades da Corporação.

7. Especificações técnicas:

- **Formato:** Material digital em formato PDF.
- **Conteúdo:** Texto explicativo, fluxogramas, tabelas comparativas e referências bibliográficas.
- **Nível:** Introdutório.

8. Instruções de uso: O material deve ser lido sequencialmente, iniciando pela introdução e seguindo as etapas do sumário. Recomenda-se a consulta das referências bibliográficas para aprofundamento em temas específicos. O material pode ser utilizado como base para discussões em grupo e palestras de capacitação.



PROJETOS BASEADOS EM DESEMPENHO

Material Orientativo



SUMÁRIO

- 03** Introdução
- 04** Histórico
- 05** Abordagem Prescritiva x Baseada em Desempenho
- 06** O que é desempenho?
- 07** Processo de elaboração
- 08** Etapas do processo
- 11** Considerações Finais
- 13** Referências Bibliográficas

Introdução

A engenharia de segurança contra incêndio e pânico tem evoluído significativamente, impulsionada pela complexidade das construções e pela necessidade de soluções mais eficazes. O Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF) desempenha um papel fundamental na fiscalização e análise de projetos, promovendo a segurança da sociedade.

Diante desse cenário, é essencial que o CBMDF acompanhe os avanços tecnológicos e científicos. Uma tendência crescente em outros países é a abordagem de projetos baseada em desempenho, que se diferencia do modelo prescritivo tradicionalmente utilizado no Brasil.

Nessa nova abordagem, o dimensionamento dos projetos considera a edificação de forma integrada, buscando atender a critérios de desempenho que assegurem a segurança e a eficiência dos sistemas. Em vez de apenas seguir os requisitos das normas, essa abordagem permite soluções mais flexíveis e adaptadas a cada situação.

Este material tem como objetivo apresentar os conceitos fundamentais relacionados à Abordagem Baseada em Desempenho, bem como o processo de elaboração de projetos que utilizam essa metodologia, conforme proposto pela *Society of Fire Protection Engineers* (SFPE). Trata-se de um material introdutório, que visa familiarizar os analistas do CBMDF com os princípios, etapas e ferramentas envolvidas na criação de projetos baseados em critérios de desempenho.

Com este material, espera-se contribuir para o desenvolvimento técnico da Corporação, promovendo a segurança da sociedade e incentivando a inovação na área de segurança contra incêndio.

Histórico

A Abordagem Baseada em Desempenho pode ser rastreada desde a década de 1970. Sua evolução está diretamente relacionada ao avanço da “ciência do fogo” nos centros de pesquisa dos países desenvolvidos, como Estados Unidos, Reino Unido, Japão, Nova Zelândia e Austrália. Esse processo ocorre por meio da consolidação da “Engenharia de Segurança Contra Incêndio” como uma área de conhecimento estruturada.

Apesar de sua formalização mais recente, elementos dessa abordagem já estavam presentes em normativas prescritivas há décadas, por meio de cláusulas que permitiam a utilização de “métodos ou materiais alternativos”. Essas cláusulas permitem o uso de materiais não especificados nos códigos, desde que fosse comprovado um nível de segurança equivalente aos critérios normativos. Contudo, a falta de diretrizes claras sobre como alcançar essa equivalência gerou variações na aplicação, impulsionando a necessidade de padronizar a prática por meio de códigos baseados em desempenho (SFPE, 2016, tradução própria).

O primeiro documento desenvolvido e publicado no mundo sobre o assunto foi uma minuta de código com base no desempenho para o projeto de sistemas de segurança contra incêndio, em maio de 1991, na Austrália, denominado “*Draft National Building Fire Safety Systems Code*” (ONO, 2010). Em sequência, outros países também passaram a produzir códigos orientativos para a aplicação dessa abordagem nos projetos de segurança contra incêndio.

A adoção de Projetos Baseados em Desempenho (PBD) representa um avanço na engenharia de segurança contra incêndio, permitindo maior flexibilidade e inovação na concepção de projetos, sem comprometer a segurança. Esse avanço reforça a necessidade de capacitação e uso de ferramentas computacionais para garantir soluções eficazes e seguras (SFPE, 2016, tradução própria; Ono, 2010).

Abordagem

Prescritiva X Baseada em desempenho

As normas de segurança contra incêndio e pânico vigentes no Brasil são fundamentadas em estudos de incêndios passados (Tavares, 2008, tradução própria). Essa abordagem, conhecida como prescritiva, estabelece um conjunto de medidas detalhadas e padronizadas para garantir a segurança das edificações em diferentes circunstâncias (Serpa, 2009).

A abordagem baseada em desempenho estabelece objetivos e metas de segurança a serem atingidos, concedendo ao projetista maior liberdade na escolha das metodologias e soluções técnicas mais adequadas para cada caso (Tavares, 2008, tradução própria). Considerada mais flexível e dinâmica, essa abordagem leva em conta fatores como o comportamento humano, a dinâmica do incêndio e as características da edificação (Tavares, Silva e Duarte, 2002).

> Vantagens e Desvantagens da Abordagem Baseada em Desempenho

Vantagens

Os projetos são dimensionados para atender as características únicas e específicas do edifício.

Permite uma melhor compreensão de como ser o comportamento de um edifício no caso de um incêndio.

Promove maior flexibilidade e implementação de soluções inovadoras.

Desvantagens

Exige maior conhecimento técnico para sua aplicação.

A análise de um projeto baseado em desempenho acaba levando maior tempo.

Pode ser mais sensível à mudança de ocupação que os projetos prescritivos.

O que é o desempenho?

O Guia da SFPE classifica quatro tipos de desempenho:

Desempenho dos componentes

- Foco: Avalia o desempenho individual de sistemas ou componentes de um edifício em um cenário de incêndio, sem considerar a interação com outros elementos.
- Objetivo: Determinar se o componente atende a critérios específicos de resistência ou funcionalidade em condições de incêndio.
- Exemplos: Resistência ao fogo de portas, integridade estrutural de elementos de suporte, ou eficácia de sistemas de detecção de fumaça.

Desempenho do ambiente

- Foco: Define as condições máximas aceitáveis de um incêndio dentro de um edifício ou parte dele, visando proteger o ambiente e os ocupantes.
- Objetivo: Limitar a propagação de calor, fumaça e gases tóxicos, garantindo condições de segurança para a evacuação e minimizando danos materiais.
- Exemplos: Manter a camada de fumaça acima de uma altura segura em um átrio, ou limitar a concentração de gases tóxicos em rotas de fuga.

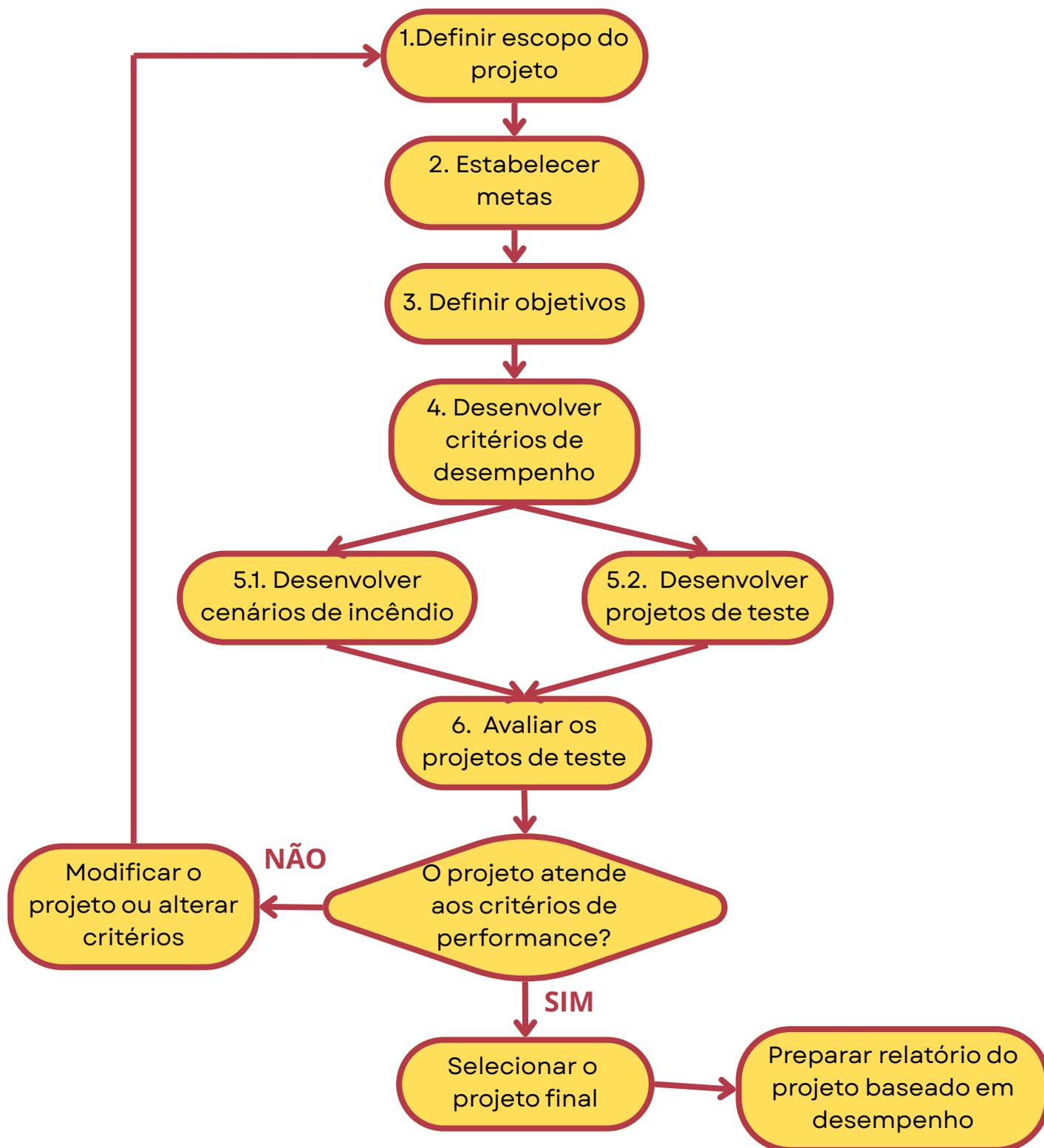
Desempenho do potencial de ameaça

- Foco: Identifica os limites máximos de ameaças que podem ser toleradas em um incêndio, considerando a vida humana, a propriedade e o meio ambiente.
- Objetivo: Estabelecer critérios para proteger elementos específicos (pessoas, equipamentos, estruturas) contra os efeitos diretos do fogo.
- Exemplos: Temperatura máxima permitida em um equipamento crítico, ou dose máxima de radiação tolerável para ocupantes em uma rota de fuga.

Desempenho do potencial de risco

- Foco: Avalia a probabilidade de ocorrência de diferentes cenários de incêndio e suas potenciais consequências, combinando a frequência e a severidade dos eventos.
- Objetivo: Quantificar o risco total associado a incêndios em um edifício, permitindo a comparação de diferentes estratégias de proteção e a otimização de recursos.
- Exemplos: Estimar a perda média anual aceitável devido a incêndios em um edifício, considerando a probabilidade de diferentes cenários e seus respectivos danos.

Processo de elaboração



Etapas do processo

01

Definir o escopo do projeto

Ocorre de forma similar ao método prescritivo. Visa identificar as áreas do edifício ou instalação que serão consideradas, as características desejadas para o projeto e as regulamentações aplicáveis. É crucial também identificar todas as partes interessadas, como proprietários, autoridades e seguradoras, pois suas necessidades e expectativas influenciarão o processo de design.

02

Identificar metas

Visa estabelecer o resultado geral de segurança contra incêndio em termos qualitativos, de forma ampla, que podem incluir a proteção da vida humana, a preservação da propriedade, a garantia da continuidade das operações e a minimização do impacto ambiental. Essas metas devem ser expressas de forma clara e compreensível para todos os envolvidos, mesmo aqueles sem conhecimento técnico especializado.

03

Definir objetivos

Representam um refinamento dos objetivos, traduzindo-os em termos mais específicos e mensuráveis. Nesta etapa, são estabelecidos os níveis ⁶ máximos aceitáveis de dano ou perda em caso de incêndio, servindo como referência para avaliar o desempenho das soluções propostas. São considerados os objetivos das partes interessadas (*stakeholders*) e também os de projeto.

Os *stakeholders* definem o nível máximo de prejuízo/ dano aceitável que o incêndio pode causar, enquanto os de projetos se relacionam com as condições aceitáveis necessários para alcançar os objetivos dos *stakeholders*.

> Exemplo das etapas de elaboração de projeto baseado em desempenho:

Meta	Objetivo stakeholder	Objetivo projeto	Critério de desempenho
Reduzir os danos resultantes do incêndio e prevenir mortes	Sem mortes fora do quarto ou compartimento de origem do incêndio	Evitar flashover no quarto de origem do incêndio	Temperatura abaixo da camada de fumaça inferior a 200 ^a C

04

Estabelecer critérios de desempenho

Os critérios de desempenho são os valores que, caso sejam excedidos, indicam que um prejuízo inaceitável ocorreu. Podem estar relacionados à segurança da vida ou não. Esses critérios definem os valores limite para parâmetros como temperatura, concentração de gases e visibilidade, indicando quando um dano inaceitável ocorreu e exigindo a revisão do projeto.

5.1

Desenvolver cenários de teste

A análise de risco requer a identificação de todos os cenários de incêndio possíveis no edifício, considerando diferentes locais de ignição, materiais combustíveis e condições ambientais. Para tornar a análise viável, é preciso reduzir essa lista a um conjunto gerenciável de cenários de projeto, que representem as situações mais críticas e relevantes.

5.2

Desenvolver projetos de teste

Com os cenários de incêndio definidos, passa-se a criar estratégias de proteção que visem atingir as metas estabelecidas. Esses projetos de teste podem incluir componentes e sistemas utilizados em projetos prescritivos, mas também soluções inovadoras e adaptadas às características específicas do edifício.

06

Avaliar projetos de teste

A etapa final é avaliar se os projetos de teste atendem aos critérios de desempenho estabelecidos em cada cenário de incêndio. Essa avaliação requer o uso de ferramentas de engenharia para prever o comportamento do fogo e seus efeitos, permitindo identificar pontos fracos e aprimorar as soluções propostas.

A avaliação dos projetos de teste pode ser realizada em diferentes níveis de complexidade. Em projetos que buscam soluções alternativas aos métodos prescritivos, a avaliação pode ser feita no nível do subsistema, garantindo que a alternativa proposta alcance o mesmo nível de segurança que o método original. Quando há a interação de múltiplas medidas de segurança, a avaliação deve ser feita no nível do sistema. Em casos mais complexos, a avaliação pode abranger toda a edificação, analisando o desempenho global da estratégia de proteção.

Considerações Gerais

Ao longo deste material, exploramos os conceitos e etapas do processo de elaboração de projetos baseados em desempenho (PBD). Para garantir a aplicação eficaz e segura dessa metodologia, é fundamental considerar alguns aspectos adicionais que podem influenciar o sucesso do projeto. Nesta seção, apresentamos algumas considerações gerais que devem ser observadas em todas as etapas do processo PBD, desde a concepção até a implementação, visando promover a segurança, a inovação e a colaboração entre as partes interessadas.

> Engajamento das Partes Interessadas

A participação ativa das partes interessadas (*stakeholders*) em todas as etapas do processo PBD, desde a concepção do escopo do projeto, é fundamental para garantir que as necessidades e expectativas de todos sejam consideradas. Esse engajamento promove a colaboração, a comunicação e a tomada de decisões informadas, resultando em soluções mais eficazes e aceitáveis.

> Consideração do Comportamento Humano

O comportamento humano em situações de incêndio é um fator crucial a ser considerado no processo PBD. É importante levar em conta as características dos ocupantes do edifício, como idade, mobilidade e familiaridade com o ambiente, bem como os fatores psicológicos que podem influenciar a evacuação.

> Compreensão das Limitações

É fundamental que os profissionais envolvidos no processo PBD tenham uma compreensão clara das limitações da metodologia e das ferramentas utilizadas. A superestimação da precisão dos modelos de incêndio ou a falta de conhecimento sobre o comportamento humano podem levar a decisões equivocadas e comprometer a segurança do edifício.

> Validação dos Modelos de Incêndio

A utilização de modelos de incêndio para simular o comportamento do fogo é uma prática comum no processo PBD, mas é fundamental garantir que esses modelos sejam validados e adequados para a aplicação em questão. A validação envolve a comparação dos resultados do modelo com dados experimentais ou resultados de outros modelos validados, assegurando a confiabilidade das simulações.

> Documentação de todo o processo

Para garantir a transparência e a rastreabilidade do projeto, é fundamental documentar todas as etapas do processo, desde a definição do escopo até a avaliação dos resultados. Essa documentação deve incluir o escopo do projeto, os objetivos, as metas, os critérios de desempenho, os cenários de incêndio, os projetos de teste e os resultados da avaliação, permitindo que outros profissionais compreendam e revisem o projeto no futuro.

> Aprimoramento Contínuo

O processo PBD deve ser visto como um ciclo de aprendizado contínuo, no qual os resultados dos projetos são utilizados para aprimorar as metodologias e ferramentas utilizadas. É importante documentar as lições aprendidas em cada projeto e compartilhar o conhecimento com outros profissionais, promovendo a evolução da prática PBD.

Referências Bibliográficas

ONO, R. Parâmetros para garantia da qualidade do projeto de segurança contra incêndio em edifícios altos. **Ambiente Construído**, v. 7, n. 1, p. 97-113, 2008. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/3731>. Acesso em: 17 nov. 2024.

SERPA, Fabíola Bristot. **A segurança contra incêndio como abordagem de Conservação do patrimônio histórico edificado**: a aplicação do sistema de projeto baseado em desempenho em edifícios históricos em Florianópolis, SC. Dissertação. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/93140?show=full>. Acesso em: 4 nov. 2024.

Society of Fire Protection Engineers (SFPE). **SFPE Handbook of Fire Protection Engineering**. 5º ed. Estados Unidos, 2016.

Tavares, Silva e Duarte, 2002 CÓDIGOS PRESCRITIVOS x CÓDIGOS BASEADOS NO DESEMPENHO: QUAL É A MELHOR OPÇÃO PARA O CONTEXTO DO BRASIL? XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2002.

TAVARES, R. M. Prescriptive Codes vs Performance-Based Codes: which one is the best fire safety code for the Brazilian context. **Safety Science Monitor**, v. 12,, p. 1-10, 2008. Disponível em: <https://oshwiki.osha.europa.eu/sites/oshwiki/files/2022-03/3Tavares.pdf>. Acesso em 15 nov. 2024.