XXII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
XII Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia (CLBG)
XI Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
24 a 28 de agosto de 2026 – Brasília/DF
DOI: 10.47094/COBRAMSEG2026.1/35

Definição de Rotas de Fuga e Pontos de Encontro no PAEBM: Lacunas Normativas e Operacionais

Glaucimar Lima Dutra Fernandes
Engenheira Pleno, Vale S.A., Belo Horizonte, Brasil, Glaucimar.Fernandes@vale.com

Michelle Cristina dos Reis Braga
Analista de Gestão de Riscos Sênior, Vale S.A., Belo Horizonte, Brasil, Michelle.Braga@vale.com

RESUMO: A definição de rotas de fuga e pontos de encontro no Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) enfrenta lacunas normativas e operacionais que comprometem sua efetividade diante da complexidade territorial das áreas potencialmente afetadas. A análise crítica das diretrizes da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), da Política Estadual de Minas Gerais (PESB) e de regulamentações como a Resolução GMG nº 83/2024, evidencia inconsistências conceituais, sobreposições regulatórias e definições pouco operacionais que dificultam a padronização dos critérios para evacuação. Enquanto a PNSB oferece conceitos amplos e insuficientemente parametrizados, gerando interpretações divergentes entre órgãos públicos e empreendedores, as normas estaduais, apesar de mais prescritivas, baseiam-se em premissas simplificadas que desconsideram condicionantes reais do território, como limitações da infraestrutura viária, ausência de planejamento urbano, obstáculos físicos e presença de grupos vulneráveis. Essa desconexão entre requisitos normativos, engenharia de tráfego e características socioterritoriais fragiliza a funcionalidade das rotas de fuga e compromete a segurança das comunidades a jusante. Diante desse cenário, torna-se essencial compatibilizar diretrizes e adotar parâmetros objetivos e territorialmente aderentes, apoiados por tecnologias como simulações computacionais e modelagem de mobilidade, de modo a aprimorar a precisão, a viabilidade operacional e a robustez do PAEBM como instrumento de proteção à vida.

PALAVRAS-CHAVE: PAEBM; Rotas de fuga; Complexidade territorial; Lacunas Normativas.

ABSTRACT: The definition of escape routes and meeting points in the Emergency Action Plan for Mining Dams (PAEBM) faces normative and operational gaps that compromise its effectiveness given the territorial complexity of potentially affected areas. A critical analysis of the guidelines of the National Dam Safety Policy (PNSB), the Minas Gerais State Policy (PESB), and regulations such as GMG Resolution No. 83/2024, reveals conceptual inconsistencies, regulatory overlaps, and poorly operational definitions that hinder the standardization of evacuation criteria. While the PNSB offers broad and insufficiently parameterized concepts, generating divergent interpretations between public bodies and entrepreneurs, the state regulations, despite being more prescriptive, are based on simplified premises that disregard real territorial constraints, such as limitations in road infrastructure, lack of urban planning, physical obstacles, and the presence of vulnerable groups. This disconnect between regulatory requirements, traffic engineering, and socio-territorial characteristics weakens the functionality of escape routes and compromises the safety of downstream communities. Given this scenario, it becomes essential to harmonize guidelines and adopt objective and territorially relevant parameters, supported by technologies such as computer simulations and mobility modeling, in order to improve the accuracy, operational feasibility, and robustness of the Emergency Action Plan for Mining Dams (PAEBM) as an instrument for protecting life.

KEYWORDS: PAEBM; Escape routes; Territorial complexity; Regulatory gaps.

1 INTRODUÇÃO

A elaboração do Plano de Ação de Emergência para Barragens de Mineração (PAEBM) integra o conjunto de ações destinadas à prevenção, preparação e resposta em situações de emergência envolvendo

barragens, sendo responsabilidade direta do empreendedor, conforme estabelecido pela Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), instituída pela Lei nº 12.334/2010, alterada pela Lei 14.066/2020 (BRASIL, 2010) e regulamentações complementares da Agência Nacional de Mineração (ANM, 2022). Esses dispositivos normativos definem conceitos estruturantes, como dano potencial associado, categoria de risco e obrigações de monitoramento, porém não detalham parâmetros técnicos para a definição de rotas de fuga e pontos de encontro, deixando lacunas metodológicas relevantes.

No âmbito de Minas Gerais, a Política Estadual de Segurança de Barragens (PESB) reforça a articulação entre segurança de barragens, meio ambiente e defesa civil, ao estabelecer diretrizes integradas para prevenção e resposta (MINAS GERAIS, 2019). O detalhamento operacional dessas diretrizes ocorre, sobretudo, por meio da Resolução GMG nº 83/2024, que sistematiza os requisitos da Seção II do PAEBM, incluindo a necessidade de identificar rotas de fuga, pontos de encontro, métodos de comunicação de risco e estimativas de tempo de evacuação (CEDEC-MG, 2024). Ainda assim, a norma mantém abordagem simplificada, centrada em distância, declividade e densidade populacional, sem estabelecer critérios mínimos para capacidade de escoamento, largura útil das vias ou análise comportamental da população.

Em termos conceituais, rotas de fuga são caminhos contínuos, acessíveis e sinalizados que permitem o deslocamento seguro das pessoas até áreas não atingidas pela mancha de inundação. Já os pontos de encontro configuram-se como locais seguros, destinados à reunião e organização da população evacuada até a chegada das autoridades competentes para atuação na emergência. Esses elementos são reconhecidos também pelo Caderno de Orientações da Defesa Civil Nacional (2016), que ressalta sua importância dentro dos planos municipais de contingência, embora sem apresentar parâmetros técnicos de engenharia aplicáveis ao cálculo de tempos de deslocamento ou à capacidade das rotas (BRASIL, 2016).

A literatura técnica de dinâmica de pedestres oferece bases consolidadas para compreender fluxos, gargalos e capacidade de vias. Fruin (1971) apresenta relações entre densidade, velocidade e nível de serviço, úteis ao dimensionamento de fluxos, enquanto o modelo Social Force (Helbing; Molnár, 1995) simula interações e padrões coletivos em evacuações. Manuais como o SFPE Handbook ampliam esses fundamentos com equações, dados empíricos e parâmetros comportamentais aplicáveis a cenários complexos (HURLEY et al., 2016), complementados por estudos do NIST sobre velocidades, escadas e efeitos da densidade (PEACOCK et al., 2016; KULIGOWSKI et al., 2010).

Pesquisas sobre gargalos mostram que o fluxo apresenta flutuações e pode congestionar-se mesmo abaixo da capacidade teórica, influenciado por compactação e variação de velocidades, conforme apontam Seyfried et al. (2009) e Nicolas (2019). Esse comportamento é especialmente relevante em Zonas de Autossalvamento (ZAS) com vias estreitas ou obstruídas.

No Brasil, estudos recentes têm adaptado essas abordagens à realidade local, combinando Sistema de Informação Geográfica (SIG), inventário urbano e análise de sinalização e orientação espacial (*wayfinding*), entendida como o conjunto de estratégias que facilitam a identificação do caminho, como observado em Zabala Yujra (2022) e Rodrigues (2021). Essas iniciativas reforçam a necessidade de critérios operacionais adicionais às normas para garantir rotas realmente funcionais em emergências.

Diante desse cenário, este trabalho busca a adoção da integração entre as exigências normativas vigentes (PNSB, PESB-MG, Resolução GMG nº 83/2024 e Caderno de Orientações da Defesa Civil Nacional) e as condições reais do território, reconhecendo que a efetividade das rotas de fuga depende tanto da conformidade documental quanto de parâmetros técnicos mínimos, análise espacial e avaliação prática da mobilidade nas áreas de ZAS. Assim, o estudo busca verificar em que medida os critérios normativos são suficientes para orientar rotas viáveis na prática, considerando tanto os fundamentos da dinâmica de pedestres quanto as condições territoriais e operacionais dos municípios, de modo a fortalecer a confiabilidade do PAEBM como instrumento de proteção à vida.

2 METODOLOGIA

Este estudo articula análise normativa, avaliação técnico-operacional e integração de ferramentas de apoio à decisão, de forma contínua e complementar. Inicialmente, realiza-se uma análise documental detalhada das legislações e diretrizes aplicáveis à elaboração de rotas de fuga e pontos de encontro no PAEBM, abrangendo a Política Nacional de Segurança de Barragens, a Política Estadual de Minas Gerais, a Resolução

GMG nº 83/2024 e o Caderno de Orientações da Defesa Civil Nacional (2016). Essa etapa permite identificar o conjunto de definições, parâmetros, conceitos operacionais e requisitos formais que orientam o processo de planejamento de evacuação.

A partir desse levantamento, é conduzida uma avaliação comparativa entre as normas federais e estaduais, buscando compreender convergências, divergências e eventuais contradições que influenciam na construção das rotas de fuga. Essa comparação enfatiza especialmente os elementos que tratam de distâncias, tempos de deslocamento, critérios de acessibilidade, requisitos de sinalização e condições necessárias para definição dos pontos de encontro. O objetivo é evidenciar como a falta de padronização ou a presença de ambiguidades normativas pode resultar em abordagens metodológicas distintas entre empreendedores, consultorias, órgãos fiscalizadores e órgãos de proteção e defesa civil.

Em seguida, realiza-se uma análise técnico-operacional dos critérios atualmente adotados no dimensionamento de rotas, considerando fatores geométricos das vias, características urbanísticas das comunidades localizadas a jusante, densidade populacional, presença de grupos vulneráveis, fluxos de mobilidade cotidiana e limitações estruturais que interferem na evacuação. Essa etapa também examina criticamente métodos frequentemente utilizados, como a simplificação da velocidade de deslocamento baseada apenas na declividade, identificando restrições e inconsistências quando aplicados a territórios complexos.

Com base nas evidências obtidas, o estudo avança para a proposição de parâmetros integrados que possam subsidiar futuras diretrizes normativas, incorporando princípios de engenharia de tráfego, análise espacial, planejamento urbano e defesa civil. São indicados critérios mínimos necessários para definição de rotas e pontos de encontro, bem como recomendações para aprimoramento dos processos de tomada de decisão. Nesse momento, também se avalia o papel de ferramentas tecnológicas, incluindo modelagem computacional de mobilidade, simulações de tempo de evacuação, análise multicritério e sistemas de informação geográfica, como instrumentos capazes de tornar o PAEBM mais aderente às realidades territoriais.

Por fim, o conjunto metodológico é estruturado de modo a permitir a síntese das lacunas normativas e operacionais e a elaboração de recomendações técnicas aplicáveis, que possam aprimorar o alinhamento entre diferentes níveis regulatórios e oferecer suporte ao desenvolvimento de PAEBMs mais precisos, funcionais e efetivos para proteção da vida humana. A Figura 1 apresenta o fluxograma das etapas dessa metodologia.

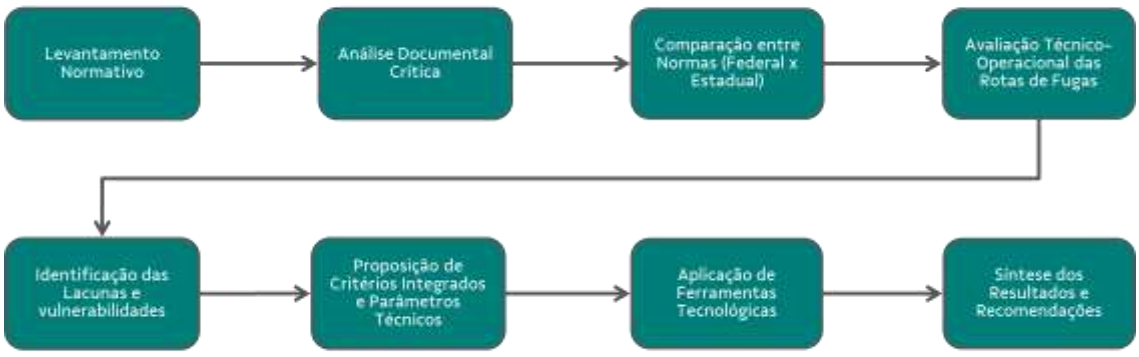


Figura 1. Fluxograma das etapas metodológicas da pesquisa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da análise demonstram que, embora a Resolução GMG nº 83/2024 represente um avanço ao estruturar tecnicamente os requisitos da Seção II dos PAEBMs, incluindo rotas de fuga, pontos de encontro

e estimativas de tempo de evacuação, sua aplicação prática ainda se mostra limitada frente às condições reais das comunidades situadas na ZAS. A leitura detalhada desta norma e do seu Anexo E revela que as metodologias apresentadas, baseadas principalmente em declividade, distância e densidade populacional, não incorporam parâmetros essenciais para estimar com precisão o tempo de evacuação, tampouco consideram a complexidade das redes urbanas brasileiras, caracterizadas frequentemente por vias estreitas, ausência de calçamento, descontinuidade de calçadas, deficiência de acessibilidade e coexistência entre pedestres e veículos. Esses fatores, embora decisivos para o fluxo de evacuação, não são formalmente contemplados na metodologia normativa.

O cálculo de estrangulamento de vias, ainda que reconhecido como determinante quando excede o tempo máximo de deslocamento, carece de formulação robusta. A Resolução GMG nº 83/2024 não apresenta critérios claros para medir largura útil de vias, classificar tipologias viárias, estimar capacidade de fluxo ou avaliar impactos da presença de obstáculos, condições climáticas adversas ou superfícies irregulares. Assim, a determinação do tempo de evacuação pode subestimar ou superestimar a realidade e produzir planos excessivamente otimizados ou conservadores, com baixa aderência ao comportamento esperado da população em uma situação de emergência.

Outro aspecto relevante refere-se à distribuição das responsabilidades envolvidas na definição das rotas de fuga. A Resolução GMG nº 83/2024 atribui ao empreendedor a elaboração e a validação dessas rotas, porém não aborda de forma aprofundada que parte das limitações relacionadas à acessibilidade decorre das próprias características da malha urbana, cuja gestão e adequação são atribuições do município. O Caderno de Orientações da Defesa Civil Nacional, por sua vez, destaca que a organização de rotas e pontos de encontro se insere no escopo dos planos municipais de contingência, indicando que a definição dessas estruturas depende de uma abordagem integrada e cooperativa. Assim, mais do que um deslocamento de responsabilidades, observa-se a necessidade de articulação entre os diferentes atores envolvidos, uma vez que a efetividade das rotas depende simultaneamente da análise técnica do empreendedor, da infraestrutura urbana disponível e da coordenação promovida pelo poder público.

Além disso, a análise demonstra que a metodologia atual não contempla adequadamente a dinâmica populacional. A regra de acréscimo de 30% para áreas com edificações comerciais, prevista na Resolução GMG nº 83/2024, é insuficiente para captar fluxos reais de população flutuante, variações horárias, movimentos pendulares e presença de pessoas em locais de grande circulação. Esses elementos, aliados à baixa participação da população em simulados, ampliam a incerteza na estimativa da demanda real das rotas.

Observou-se também que a abordagem atual do PAEBM segue ancorada em cenários de falha abrupta, embora muitos desses mecanismos de ruptura estejam sendo reduzidos ou eliminados pelas exigências da ANM. Isso abre espaço para considerar, de maneira mais precisa, o tempo disponível entre a elevação de níveis de emergência, incorporando janelas de resposta mais realistas e técnicas.

Diante desse conjunto de limitações, a Tabela 1 apresenta a síntese comparativa dos principais instrumentos normativos aplicáveis (PNSB, PESB-MG, Resolução GMG nº 83/2024 e o Caderno de Orientações da Defesa Civil Nacional), permitindo visualizar, de forma estruturada, as convergências e lacunas que moldam (e restringem) a definição das rotas de fuga e pontos de encontro no PAEBM.

Tabela 1. Síntese da análise normativa sobre rotas de fuga e pontos de encontro.

Eixo de Análise	PNSB (Federal)	PESB – MG (Estadual)	Resolução GMG nº 83/2024	Caderno Defesa Civil (2016)	Síntese Crítica
Natureza e Escopo	Diretriz geral de segurança de barragens; orienta existência de PAEBM; não detalha rotas de fuga	Estrutura estadual da política; exige PAE e integração com Defesa Civil; também não detalha rotas e métodos	Norma operacional da Seção II do PAE (Defesa Civil); detalha requisitos mínimos para rotas, pontos, mapas, tempo de evacuação	Instrumento orientativo para municípios estruturarem planos de contingência; processual, não técnico	Resolução GMG nº 83/2024 é o único que tenta parametrizar; os demais são estruturantes, mas não operacionais.
Definição de Rotas de Fuga	Não define metodologia; remete à Defesa Civil, que não possui norma	Não define método; reforça que rotas integram o PAE	Define etapas e exige descrição das rotas; porém depende de premissas simplificadas (declividade/distância)	Orienta mapear rotas, mas sem parâmetros de engenharia ou cálculo	Única norma que tenta normatizar é a Resolução GMG nº 83/2024, porém insuficiente para

Eixo de Análise	PNSB (Federal)	PESB – MG (Estadual)	Resolução GMG nº 83/2024	Caderno Defesa Civil (2016)	Síntese Crítica
	técnica nacional para barragens				representar a realidade urbana brasileira.
Pontos de Encontro	Conceito amplo; sem critérios	Aponta necessidade, sem parâmetros	Exige validação por densidade (pessoas/m²), mas não trata acessibilidade real, capacidade ou chegada escalonada	Orienta definir pontos, mas sem critérios técnicos de dimensionamento	Ainda há lacuna crítica: ausência de critérios para capacidade, acessibilidade e segurança hidrológica.
Tempo de Evacuação	Não apresenta metodologia	Não define parâmetros	Anexo E traz método simplificado baseado em declividade e densidade; prevê estrangulamento, mas sem técnica padronizada para capacidade/fluxo ou largura útil	Não fornece cálculo de tempo de evacuação	O ponto mais frágil do sistema: nenhum instrumento normativo ofereceu metodologia robusta.
Estrangulamento	Não tratado	Não tratado	Reconhece que deve prevalecer sobre o tempo de percurso; porém não padroniza medição, capacidade de via, nem impacto de obstáculos	Não tratado	Sem metodologia, risco de subestimativa do tempo real de evacuação.
Variáveis Territoriais (vias, calçadas, infra)	Não trata	Não trata	Exige rota, mas não exige avaliação de largura, obstáculos, continuidade ou conflito pedestre-veículo	Menciona genericamente restrições, mas não normatiza	A realidade urbana brasileira não é contemplada em nenhum instrumento normativo.
População (fixa e flutuante)	Não detalha	Exige cadastro; sem parâmetros	Estabelece acréscimo de 30% para áreas comerciais; simplificação insuficiente frente à dinâmica real de circulação	Reforça importância de cadastro e simulados	Critério de +30% não captura movimentos pendulares e picos de uso.
Comportamento humano	Não aborda	Não aborda	Não incorpora modelagem comportamental; simulados são exigidos, mas seus resultados são pouco expressivos ou explorados	Reforça importância de simulados, mas sem parâmetros técnicos	Grande lacuna: evacuação depende de comportamento coletivo não modelado.
Uso de tecnologias (SIG/modelagem)	Não previsto	Não previsto	Não exige formalmente, apenas admite representação cartográfica	Não aborda tecnicamente	Consultorias usam SIG e modelagem para suprir lacunas, prática superior ao que a norma exige.
Responsabilidades institucionais	Empreendedor deve elaborar PAE	Empreendedor + órgãos estaduais	Seção II é exigência da Defesa Civil, mas rotas dependem de infraestrutura municipal (não abordado)	Rotas são parte do plano municipal de contingência	Necessidade de melhor alinhamento entre responsabilidades do empreendedor e do município para garantir a viabilidade das rotas de fuga.
Cenários de falha e tempos disponíveis	Trabalha com cenário de ruptura, sem tratar	Segue PNSB	Admite escalonamento, mas método ainda assume lógica de deslocamento	Orienta cenários, mas sem integração com	Cenários com mais tempo podem eliminar rotas inviáveis, mas

Eixo de Análise	PNSB (Federal)	PESB – MG (Estadual)	Resolução GMG nº 83/2024	Caderno Defesa Civil (2016)	Síntese Crítica
	escalonamento de níveis		"instantâneo" sem variáveis operacionais	tempos de evacuação	metodologia atual não dialoga com esse avanço.

Em síntese, os resultados indicam que a normatização atual, embora avance na padronização documental, permanece aquém das necessidades operacionais. O contexto brasileiro exige metodologias que considerem não apenas declividade e distância, mas também largura efetiva, acessibilidade, condições da via, perfis populacionais, comportamento humano e conflitos modais. Reforça-se que rotas de fuga devem integrar políticas municipais de mobilidade e gestão de risco, ultrapassando o escopo restrito do PAEBM e envolvendo diretamente a Defesa Civil como órgão estruturante do processo.

A discussão evidencia, portanto, que a construção de rotas de fuga adequadas não depende apenas de regulamentações mais detalhadas, mas de um alinhamento institucional que reconheça o caráter intersetorial da evacuação e permita a elaboração de planos mais realistas, funcionais e compatíveis com a complexidade do território brasileiro.

Desta forma, os achados apresentados reforçam a necessidade de que o planejamento de rotas de fuga e pontos de encontro ultrapasse a interpretação estritamente documental das normas e incorpore critérios técnicos capazes de refletir a complexidade operacional dos territórios inseridos na ZAS. As limitações identificadas na aplicação da Resolução GMG nº 83/2024 evidenciam que a definição de rotas não pode prescindir de parâmetros mínimos relacionados à geometria viária, capacidade de escoamento, dinâmica populacional e condicionantes urbanísticos. Nesse sentido, as análises realizadas demonstram a relevância de integrar ferramentas como sistemas de informação geográfica, avaliações espaciais e fundamentos da dinâmica de pedestres para conferir maior precisão às estimativas de tempo de evacuação e maior consistência ao processo decisório. Esse conjunto de elementos sustenta a proposta do estudo de contribuir para o aprimoramento metodológico do PAEBM, tornando-o mais alinhado às condições reais dos municípios e mais eficaz na proteção da vida.

4 CONCLUSÃO

A análise realizada demonstra que, embora a Resolução GMG nº 83/2024 avance ao estabelecer requisitos formais para a elaboração das rotas de fuga, pontos de encontro e estimativas de tempo de evacuação, sua aplicação prática permanece limitada diante da complexidade territorial das comunidades inseridas na ZAS. Os métodos propostos pela norma, baseados essencialmente em declividade, distância e densidade populacional, não incorporam variáveis fundamentais relacionadas à infraestrutura urbana, ao fluxo real de mobilidade e às condições de acessibilidade, o que reduz a precisão dos tempos de evacuação e compromete a funcionalidade das rotas.

Também se verificou que o cálculo de estrangulamento carece de detalhamento técnico, dificultando a representação adequada de gargalos viários e de potenciais restrições ao escoamento da população. Da mesma forma, a dinâmica populacional e a presença de população flutuante são apenas parcialmente contempladas, limitando a capacidade de estimar corretamente a demanda sobre as rotas. Esses fatores indicam que, apesar dos avanços na normatização, ainda há lacunas significativas para assegurar que o PAEBM seja plenamente aderente às condições reais do território.

Assim, conclui-se que o aprimoramento das rotas de fuga e dos pontos de encontro exige critérios técnicos mais robustos, maior aderência às particularidades urbanas e aperfeiçoamento dos procedimentos utilizados para estimar o tempo de evacuação. Com diretrizes mais claras, metodologias mais consistentes e integração efetiva entre os agentes envolvidos, será possível fortalecer o PAEBM como instrumento de proteção à vida, garantindo respostas emergenciais mais realistas, seguras e operacionalmente viáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). Resolução nº 95, de 7 de fevereiro de 2022. Consolida os atos normativos sobre segurança de barragens de mineração. Brasília, 2022.

BRASIL. Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB). Brasília, 2010.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Caderno de Orientações para Apoio à Elaboração de Planos de Contingência Municipais para Barragens. Brasília, 2016.

CEDEC-MG – Coordenadoria Estadual de Defesa Civil de Minas Gerais. Resolução GMG nº 83, de 16 de abril de 2024. Estabelece requisitos para elaboração e análise da Seção II do PAE. Belo Horizonte, 2024.

FRUIN, J. J. Pedestrian Planning and Design. New York: Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners, 1971.

HELBING, D.; MOLNÁR, P. Social force model for pedestrian dynamics. Physical Review E, v. 51, n. 5, p. 4282–4286, 1995.

HURLEY, M. J. et al. (eds.). SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. 5. ed. New York: Springer, 2016.

KULIGOWSKI, E. D.; PEACOCK, R. D.; HOSKINS, B. A Review of Building Evacuation Models, 2nd Edition. NIST Technical Note 1680. Gaithersburg, 2010.

MINAS GERAIS. Lei estadual nº 23.291, de 25 de fevereiro de 2019. Institui a Política Estadual de Segurança de Barragens (PESB). Belo Horizonte, 2019.

NICOLAS, A. Fluctuations in pedestrian evacuation times: Going one step beyond the exit capacity paradigm for bottlenecks. In: Traffic and Granular Flow ’17. Cham: Springer, 2019. p. 357–364.

PEACOCK, R. D.; RENEKE, P. A.; KULIGOWSKI, E. D.; HAGWOOD, C. R. Movement on stairs during building evacuations. Fire Technology, 2016.

SEYFRIED, A. et al. New insights into pedestrian flow through bottlenecks. Transportation Science, v. 43, n. 3, p. 395–406, 2009.

ZABALA YUJRA, H. A. Estudo de rotas de fuga na cidade de Itabira-MG em decorrência do risco de rompimento de barragem. TCC (Engenharia Civil de Infraestrutura) – UFSC, 2022.

RODRIGUES, B. A. M. Proposição de metodologia para o traçado de rotas de fuga em caso de falha em barragem. TCC (Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, 2021.