



University of
Texas Libraries



e-revist@s



Centro Unversitário Santo Agostinho

revistafsa

www4.fsnet.com.br/revista

Rev. FSA, Teresina, v. 20, n. 9, art. 8, p. 165-188, set. 2023

ISSN Impresso: 1806-6356 ISSN Eletrônico: 2317-2983

<http://dx.doi.org/10.12819/2023.20.9.8>

DOAJ DIRECTORY OF
OPEN ACCESS
JOURNALS

WZB
Wissenschaftszentrum Berlin
für Sozialforschung



Planejando Rotas de Fuga em Caso de Deslizamentos – Estudo em Campos do Jordão-Brasil

Planning Escape Routes in Case of Landslide - Study in Campos do Jordão - Brazil

Michael Ademilson Santos da Silva

Graduado pela Fatec Jessen Vidal – São José dos Campos
Tecnólogo em Logística
E-mail: michael2545@hotmail.com

Irineu de Brito Junior

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo
Professor da Universidade Estadual Paulista “Júlio, de Mesquita Filho” - Unesp
E-mail: irineu.brito@unesp.br

Débora Olivato

Doutora em Geografia pela Universidade de São Paulo
Pesquisadora bolsista SET A no Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres
Email: debora.olivato@cemaden.gov.br

Victor Marchezini

Doutor em Sociologia pela Universidade Federal de São Carlos
Pesquisador no Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres
E-mail: victor.marchezini@cemaden.gov.br

Endereço: Michael Ademilson Santos da Silva

Rua 15 de Julho, 480, Jardim das Cerejeiras, São José dos Campos/SP - CEP 12225-530, Brasil

Endereço: Irineu de Brito Junior

Unesp – Rodovia Presidente Dutra, Km 137,8 - Eugênio de Melo - São José dos Campos/SP - CEP 12247-004, Brasil.

Endereço: Débora Olivato

Rua Doutor Altino Bondesan 500, São José dos Campos-SP, CEP: 12247-016, Brasil.

Endereço: Victor Marchezini

Rua Doutor Altino Bondesan 500, São José dos Campos-SP, CEP: 12247-016, Brasil.

Editor-Chefe: Dr. Tonny Kerley de Alencar Rodrigues

Artigo recebido em 12/06/2023. Última versão recebida em 20/07/2023. Aprovado em 21/07/2023.

Avaliado pelo sistema Triple Review: a) Desk Review pelo Editor-Chefe; e b) Double Blind Review (avaliação cega por dois avaliadores da área).

Revisão: Gramatical, Normativa e de Formatação

RESUMO

Em desastres relacionados a deslizamentos, a população nem sempre está preparada para uma evacuação emergencial, tampouco os órgãos governamentais para engajá-la a fim de reduzir essa vulnerabilidade. Diante desse contexto, torna-se indispensável a construção de capacidades locais dos órgãos públicos e comunidades residentes em áreas de risco. Este trabalho compartilha os resultados de uma metodologia, desenvolvida por profissionais de Ciências Humanas e de Engenharia, para a definição participativa e de dimensionamento de rotas de fuga, favorecendo o processo de preparação e resposta a um risco de deslizamento. A metodologia foi aplicada no Bairro Britador, no município de Campos do Jordão–SP, que possui um histórico de eventos de escorregamento de terra com destruição de residências e com vítimas fatais. Os resultados mostraram que a participação da comunidade proporciona melhorias qualitativas nos planos da Defesa Civil.

Palavras-chave: Logística Humanitária. Rota de Fuga. Cartografia Social. Deslizamento de Terra. Evacuação.

ABSTRACT

In landslide-related disasters, the population is not always prepared for an emergency evacuation, nor are government agencies to assist homeless and displaced persons. Because of this context, it is essential to build local capacities for public agencies and communities living in areas at risk. This work applies a methodology that uses concepts from human sciences and engineering for the participatory definition and dimensioning of escape routes, in case of mass movements, supporting the process of preparing and responding to a disaster. The methodology was applied in Bairro Britador, in the city of Campos do Jordão – Brazil, which has a history of landslide events with the destruction of a large number of houses and fatal victims. The results showed that community participation provides qualitative improvements in civil defense plans.

Keywords: Humanitarian Logistics. Escape Route. Social Cartography. Landslide. Britador Hill. Evacuation.

1 INTRODUÇÃO

Durante a temporada de chuva no sudeste do Brasil, frequentemente são observadas ocorrências de desastres associados a deslizamentos de encostas, inundações, enxurradas e alagamentos. Desastre é definido como uma grave perturbação do funcionamento de uma comunidade ou de uma sociedade devido a eventos perigosos que interagem com condições de vulnerabilidade e exposição, levando a perdas e impactos humanos, materiais, econômicos e ambientais generalizados (UNISDR, 2015). A produção social do risco de desastre se deve, principalmente, ao aumento da população, à ocupação desordenada e ao intenso processo de urbanização e industrialização (KOBAYAMA *et al.*, 2006; RENTERIA *et al.*, 2021) sobre áreas suscetíveis a inundações e movimentos de massa. Em outras palavras, as ameaças (chuvas, secas) podem ser fenômenos naturais, desastres não (THE WORLD BANK; UNITED NATIONS, 2010; MARCHEZINI, 2014, MONTEIRO; BRITO JR, 2017).

O Brasil apresenta mais de 800 municípios com risco de desastres associados a deslizamentos (BRASIL, 2018). Deslizamento (ou escorregamento) é o movimento coletivo de massa e/ou material sólido encosta abaixo, como solos, rochas e vegetação, sob a influência direta da gravidade (SELBY 1993), que pode ser facilmente deflagrado sob ação de chuvas intensas.

O município de Campos do Jordão – SP possui um histórico de escorregamentos. Com bases em dados da Defesa Civil Estadual (SÃO PAULO, 2020), entre 1999 e 2019, foram 41 ocorrências com acionamento desse órgão, em sua maioria associadas a deslizamentos. Desastres de grande magnitude ocorreram em janeiro de 2000, quando foram registrados 8 óbitos e 1840 desabrigados devido a deslizamentos em diversos locais, dentre os quais o bairro do Britador. Já em dezembro de 2019, um deslizamento de terra vitimou 4 pessoas, sendo 3 crianças e 1 adulto.

Devido ao adensamento populacional e a existência de diversos setores de risco, o bairro do Britador foi selecionado para a organização de um simulado de evacuação de área em caso de movimento de massa. O simulado, organizado em dezembro de 2015 pelas Defesas Cíveis - Estadual e Municipal -, contou com participação de órgãos públicos e mais 400 moradores. Nessa atividade de preparação voltada à resposta a desastres foi elaborada, pelos órgãos de defesa civil, uma rota de fuga para ajudar os moradores a evacuarem a área, de forma segura, o mais rapidamente possível. No entanto, esse mapeamento foi baseado no conhecimento do corpo técnico da Defesa Civil, sem dialogar e considerar os pontos de vista

dos moradores, que são os principais interessados em definir, conhecer e planejar suas rotas de fuga. Em desastres, os moradores são os primeiros a se socorrerem e a se protegerem, como ocorrido durante as inundações de janeiro de 2010 em São Luiz do Paraitinga/SP, quando os moradores praticantes de *rafting* realizaram mais de 800 salvamentos (MARCHEZINI, 2015).

O presente artigo tem como objetivo identificar e verificar a capacidade de rotas de fuga utilizadas pela população local em um eventual movimento de massa através da definição participativa dessas rotas, a fim de subsidiar a Defesa Civil local na preparação da comunidade. A multimetodologia envolveu conceitos de Geografia, de Engenharia e de Cartografia Social para obter da população informações sobre os caminhos efetivamente utilizados em caso de evacuação. Através de conhecimentos de Engenharia, avaliou-se tecnicamente as condições dessas rotas, em especial, uma escadaria, verificando sua capacidade em atender a população em caso de emergência.

Por meio deste trabalho interdisciplinar, pode-se aprimorar o processo de preparação para resposta a um eventual desastre. Ao final do artigo são propostas ações para os órgãos municipais de planejamento e Defesa Civil. É importante ressaltar que planos de preparação e resposta a emergências bem concebidos contribuem para a capacidade local de gerir os riscos de desastres (VALDÉS, 2012).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Metodologia é um conjunto estruturado de diretrizes ou atividades para auxiliar os pesquisadores na realização de pesquisas ou intervenções. A essência da multimetodologia é quando em uma intervenção mais de uma metodologia é utilizada, totalmente ou em parte, de forma combinada a fim de equacionar, da melhor maneira, o problema (MINGERS; BROCKLESBY, 1997).

O uso de multimetodologia é considerado uma valiosa estratégia de pesquisa e proporciona ganhos em comparação ao uso de um único método, tais como: aumentar a precisão e o nível de confiança dos resultados da pesquisa; geração de novos conhecimentos através de uma síntese dos resultados de diferentes abordagens; opiniões distintas para um mesmo fenômeno; reflexão diferenciada sobre a complexidade de um fenômeno; ou ainda facilitar a implementação lógica de uma estrutura teórica (BRITO JR *et al.*, 2020; MORAN-ELLIS *et al.*, 2006).

Cada projeto ou intervenção é visto como uma situação única, embora, é claro, possa características em comum com outras, para as quais uma combinação específica de métodos, ou partes de métodos, precise ser construída. (MINGERS; ROSENHEAD, 2004).

O uso de métodos em que ciências quantitativas e humanas interagem de maneira conjunta e que explorem os problemas sob diferentes pontos de vista proporciona resultados diferenciados e são de extrema importância para a comunidade acadêmica (GRAFF, 2017). A seguir discutimos conceitos que ajudaram na construção da multimetodologia relacionados a Geografia e a Engenharia.

2.1 Cartografia Social

A participação social na gestão de risco é uma prerrogativa nas diretrizes de redução de risco de desastres (RRD), do Marco de Sendai para RRD (UNISDR, 2015) e da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei No. 12608/2012). No entanto, no Brasil, a participação popular na gestão e planejamento é uma prática recente, existindo muitos obstáculos a serem superados para garantir a efetiva participação dos cidadãos nos processos decisórios (VALASKI, 2013).

Participar é tomar decisões de consenso sobre aquilo que é do uso ou do direito de todos, na presença de todos, além de tomar parte, integrar-se, e reconhecer diferentes interesses e promover ajustes (SANTOS, 2004). A participação é efetiva quando se têm condições prévias, isto é, não se trata somente de um repasse de informações, mas, sim, de oportunidades de consulta e participação dos cidadãos durante todas as etapas (VALASKI, 2013).

Os métodos participativos são desenvolvidos por meio de processos interativos de diversos tipos (CLARK-GINSBERG, 2017). Na atualidade, tem-se ampliado a utilização de mapeamentos sociais participativos, de modo que as informações, percepções, representações e experiências humanas da localidade onde se vive sejam integradas aos processos e métodos de espacialização e cartografia existentes (OLIVATO E TRAJBER, 2017).

Os mapas são instrumentos de comunicação visual, que possuem variadas possibilidades de informar o conteúdo geográfico de forma gráfica, proporcionado ao leitor visualizar a organização do espaço. E a cartografia social consiste em realizar o mapeamento, segundo a maneira como o cidadão vê e representa o cotidiano. A coleta e produção de dados por usuários comuns podem ser utilizadas para diversas finalidades, tais como situações relacionadas com os riscos de desastres (MARCHEZINI *et al.*, 2017).

Ao levar em conta a percepção dos riscos pela população, a partir da vivência e do olhar atento da paisagem e de sua modificação, é possível identificar aspectos que podem passar despercebidos aos profissionais (CARPI JR,2012). A participação de indivíduos com conhecimento real ou potencial da área pesquisada pode colaborar na gestão de risco, tanto na identificação de situações de risco e do planejamento de rotas de fuga.

O trabalho de cartografia social sobre percepção de riscos ambientais junto aos representantes da comunidade deve apresentar de modo simplificado os conceitos básicos - risco, perigo, ameaça, prevenção de riscos - e os principais elementos cartográficos para nivelar o conhecimento sobre os assuntos:

“É necessário preparar uma base cartográfica que proporcione aos participantes das reuniões um material de fácil visualização, espaços para insumos gráficos e localização e nome de bairros, avenidas, rodovias, rios, instituições e equipamentos públicos de maior porte, limites da área de estudo e outras referências importantes.” (Carpi Jr, 2012)

Para a realização de uma oficina de cartografia social, os integrantes da comunidade são reunidos em locais de fácil acesso, como, por exemplo, escolas ou centro comunitários, com o objetivo de dialogar sobre os riscos socioambientais existentes e também sobre as estratégias de prevenção a desastres. (OLIVATO; TRAJBER, 2017).

2.2 Dimensionamento de rotas de fuga

As situações de emergência demandam que a população esteja preparada para lidar com o inesperado, de modo a reduzir a possibilidade de sofrer danos e perdas, isto é, de vivenciar um desastre (HUANG; WU, 2011). O planejamento das rotas de fuga e o conhecimento sobre o comportamento dos pedestres tornam-se essenciais para que os integrantes das comunidades evacuem as áreas de risco e cheguem com segurança aos abrigos de emergência (ZHANG *et al.*, 2014; ZHANG *et al.*, 2015), além de proporcionar a possibilidade para que equipe de emergência seja capaz de orientar as pessoas a se deslocarem para um local seguro no menor tempo possível (ZHOU *et al.*, 2010).

O princípio geral dos modelos de evacuação é que o projeto das rotas influencia diretamente a eficiência do plano de evacuação. (HUANG; WU, 2011). Devido ao pequeno número de pesquisas sobre o tema, não foi identificado um modelo estabelecido como padrão para dimensionamento e verificação de rotas de fuga de locais com habitações

subnormais, abertos e com grande risco de deslizamento de terra. Artigos sobre evacuação em escadas em caso de incêndio em edifícios foram utilizados para referenciar este trabalho.

Aspectos referentes à geometria, em especial largura e inclinação das vias, permitem a verificação da capacidade de fluxo de pessoas pela via em um determinado tempo. A largura é um fator relevante em uma evacuação e determina diretamente o tempo de evacuação, pois quanto mais larga a via for maior será sua capacidade para transportar pedestres (OSMAN E RAM, 2013). Também foram identificados na literatura (GWYNNE *et al.*, 2008; PEACOCK *et al.*, 2012) que a largura da escada, a geometria e a distância total percorrida influenciam o fluxo de pessoas. Pauls *et al.* (2005) conduziram estudos para atualização de códigos construtivos norte-americanos elaborados pelo *National Institute of Standards and Technology* (NIST). Nesse trabalho as dimensões recomendadas para escadas utilizadas em evacuações variam de 1370 a 1753 mm, valores superiores aos 1120 mm recomendados nos códigos construtivos. Outro valor estabelecido foi de 560 mm para a largura corporal humana. Após a evacuação do World Trade Center em 2001, também foi estabelecido um limite máximo de 2000 pessoas ocupando simultaneamente uma única escada, independentemente de sua dimensão.

O tempo entre a ordem para evacuar e o início efetivo da evacuação por parte da população é denominado tempo de reação. Peacock *et al.* (2012) estabelecem que esses valores são de 137 segundos para a melhor condição, 171 segundos para uma condição intermediária e 224 segundos na pior condição.

Nelson e Mowrer (2002) também destacam como fatores-chave para uma evacuação: densidade populacional (ocupantes / m²); / velocidade (m / s); largura da porta (corredor ou rampa (m)); e vazão específica (ocupantes / m / s). Segundo os autores, de maneira similar a conceitos de Engenharia de Tráfego, em uma evacuação a velocidade de um indivíduo depende da densidade populacional que ocupa o local. Por sua vez, a densidade da população e a velocidade na qual a população está caminhando determinam a taxa de fluxo.

3 METODOLOGIA

O estudo foi realizado no bairro do Britador, Campos do Jordão - SP, que possui extensa porção de encosta de morro, cuja vertente, ocupada predominantemente por população de baixa renda, está voltada para o Rio Capivari, na parte central da cidade. O bairro sofreu grande interferência antrópica na década de 1920, com a instalação da “Pedreira do Britador”, que funcionou entre 1928 e 1976 (CARVALHO, 2003), e a

ocupação por residências. A partir de 1970, a área foi ocupada por processos de invasão, sofrendo adensamento populacional, devido à sua proximidade com o centro comercial de Campos do Jordão.

Segundo relatório do Instituto Geológico, o Morro do Britador contém habitações subnormais e 7 setores de risco de escorregamentos, com um quantitativo de 343 moradias e 1.372 pessoas (2,8% da população do município). Desses setores, 3 apresentam risco muito alto e 4 apresentam risco alto (SANTORO *et al.*, 2015). Devido à essa situação, as instituições públicas desenvolveram um plano de contingência com rota de fuga.

Este trabalho buscou promover o diálogo com lideranças e moradores do Britador sobre a rota de fuga técnica para evacuação em caso de desastre, e incluir informações e saberes locais, a partir de um trabalho de Cartografia Social (OLIVATO, 2013). Após a elaboração do mapa, de forma participativa, foram definidos alguns pontos estratégicos, levando em consideração o estudo feito por Zhang *et al* (2015), que destacaram alguns nós seguros para a população – nesse caso, os pontos seguros são aqueles em que não há risco de deslizamento e/ou inundações. Dentre as opções de fuga, foi escolhida uma escadaria, estratégica para a comunidade, para a realização de um estudo de engenharia para colaborar na mobilidade e na evacuação emergencial em caso de deslizamento de terra.

3.1 Cartografia Social no desenho de rota de fuga

A cartografia social foi a primeira etapa da pesquisa que colaborou para apoiar o trabalho de dimensionamento da rota de fuga junto a um grupo de moradores do Morro do Britador.

Um princípio básico dessa metodologia é registrar, em uma base cartográfica, as informações dos moradores de uma determinada localidade, pois eles vivenciam e desenvolvem um conhecimento empírico da dinâmica espacial (social, econômica, natural) do local (OLIVATO, 2013; OLIVATO E TRAJBER, 2017).

O método inicia-se a partir da reunião/oficina com integrantes da comunidade, o diálogo sobre os riscos locais e com o registro em base cartográfica. Neste caso utilizou-se uma imagem de satélite na escala 1: 1673, obtida através do “Mapeamento de riscos associados a escorregamentos, inundações, erosão e solapamento de margens de drenagem” (SANTORO *et al.*, 2015); e uma impressa em tamanho A2, acompanhada de canetas coloridas para registro das informações no mapa.

Como este estudo visou tratar da rota de fuga, foi necessário identificar os diferentes públicos que possam a vir utilizá-la, como, por exemplo, pessoas que apresentam maior vulnerabilidade em uma situação de emergência, como pessoas portadoras de necessidades e/ou idosos. Também foram consultados locais considerados seguros frente a deslizamentos, e discutido o porquê da escolha desse local. Também foi delimitada a rota de fuga desde a residência do morador até o local seguro, e, também, a rota dos grupos vulneráveis até o local seguro. Além disso, foram destacadas no mapa possíveis rotas (escadas, vielas e trilhas) alternativas.

Para empoderamento e validação das informações e possíveis complementações, foi realizada também a avaliação do documento oficial da rota de fuga aplicado a deslizamento de terra na área do Morro do Britador, elaborado pela Defesa Civil Municipal (Figura 1).

Figura 1: Construção e validação do mapa das rotas de fuga pelos integrantes da comunidade.



Fonte: autores.

Aproximadamente, 12 moradores participaram da oficina, com o perfil predominantemente de mulheres entre 14 e 50 anos, além de 1 líder comunitário e 1 vereador, que apenas acompanhou a realização do evento. A equipe de pesquisadores era formada por 2 profissionais de operações humanitárias, 2 geógrafos e 1 cientista social. Também estavam presentes o coordenador municipal e 1 agente de Defesa Civil.

3.2 Capacidade da rota de fuga escadaria

Nesta etapa foram utilizadas metodologias da área de engenharia para estudar as rotas de fuga sugeridas pelos residentes, com destaque para a escadaria. Foi realizado um estudo do fluxo de pessoas em escadas, isto é, quanto uma escada suporta em relação à quantidade de pessoas, assim como a questão temporal de evacuação.

O principal referencial utilizado nessa etapa da pesquisa foi o trabalho desenvolvido por Nelson e Mowrer (2002), que detalhou o fluxo através da largura dos corredores, densidade populacional e velocidade das pessoas, além da contribuição teórica de Pauls *et al.* (2005) para detalhar esse fluxo em escadas.

Em estudos de evacuação em estádios, estações de trem e outros locais são utilizados estudos de simulação estocástica. Entretanto, para estudos de evacuação em regiões com habitações subnormais, os parâmetros para tais simulações ainda são escassos. Optou-se por uma abordagem determinística para uma análise inicial que pudesse servir de subsídio para futuros estudos estocásticos.

Através dos dados de Pauls (1983), Nelson e Mowrer (2002) foram estabelecidas correlações, baseadas na ideia de que a velocidade do fluxo de evacuação de um grupo em escadas é resultado direto da densidade de ocupação dessa escada. Nesses casos, quando a densidade populacional é menor do que 0,54 pessoas/m², as pessoas podem se mover com sua própria velocidade, sem serem afetadas pela velocidade dos outros (fluxo livre). No entanto, em uma densidade maior do que 3,8 pessoas/m² ocorre congestionamento, impedindo o deslocamento dos indivíduos e a velocidade se aproxima de zero. (Nelson e Mowrer, 2002).

Através dessa análise Nelson e Mowrer, (2002) definiram um modelo para se ter uma relação linear dada por:

$$S = k - akD \quad (1)$$

Onde: S: velocidade (m / s) ao longo da linha de deslocamento;

D: densidade (pessoas / m²);

a: igual a 0,266 quando a velocidade e densidade são em unidades métricas;

k: constante com base nas dimensões espelho do degrau e do piso (vide tabela 1).

Com base na equação da velocidade, a correlação para o fluxo específico de pessoas passando na rota de saída (escada) por unidade de tempo, por unidade de largura efetiva em função da velocidade e da densidade é dada por:

$$F_s = S \times D \quad (2)$$

Onde: F_s : Fluxo específico de pessoas / s / m de largura eficaz;

S : velocidade de movimento (m / s); obtido através da equação (1);

D : densidade (pessoas / m²).

A taxa de fluxo é, então, calculada em função do fluxo específico e da largura da escada:

$$F_c = F_s W_e \quad (3)$$

Onde: F_c : Taxa de fluxo (pessoas / s);

F_s : Fluxo específico de pessoas / s / m de largura eficaz;

W_e : Largura efetiva (m)

O valor de k varia de acordo com a geometria dos degraus da escada. A tabela 1, mostra os valores de k de acordo com as características de espelho e piso da escada, segundo Nelson e Mowrer (2002):

Tabela 1 – valores de K de acordo com a geometria da escada

K	Espelho (cm)	Piso (cm)
1	19.05	25.4
1.08	17.78	27.94
1.16	16.51	30.48
1.23	16.51	33.02
1.4	Corredores e rampas	

Fonte: Adaptado de Nelson e Mowrer (2002)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

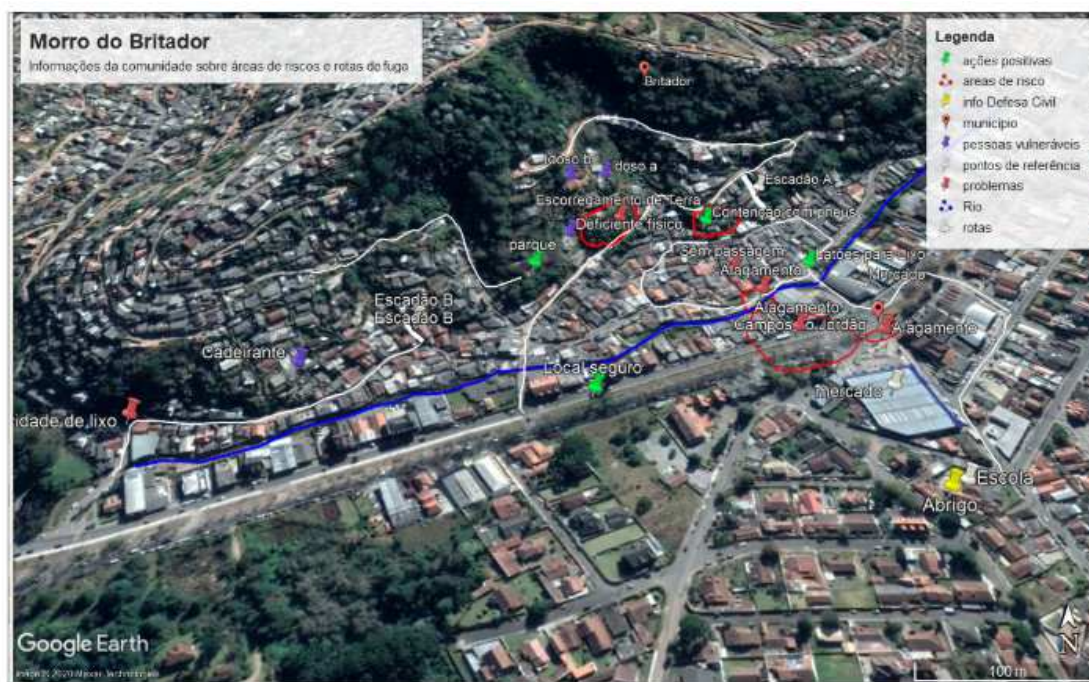
4.1 Resultados da oficina de Cartografia Social

A oficina de Cartografia Social promoveu diálogo entre moradores do Bairro Britador, representantes do Sistema de Proteção e Defesa Civil (COMDEC; CEMADEN) e pesquisadores. Como resultado, foi gerado um mapa temático de percepção de riscos socioambientais, com locais seguros e rotas/caminhos que a comunidade utiliza cotidianamente, além de um conjunto de sugestões para a rota de fuga oficial.

Durante a oficina, os participantes relataram sobre o uso e ocupação do bairro, seus problemas e potencialidades. Também recordaram do deslizamento de terra em janeiro de

2000, e que, depois desse desastre, 41 famílias não saíram da zona de alto risco de deslizamento e, até hoje, convivem com muitas restrições, ligadas à precariedade da infraestrutura básica local (água, esgoto, mobilidade, segurança).

Figura 2: Mapa elaborado na oficina de cartografia social com percepções de riscos, rotas de fuga, pessoas vulneráveis, abrigos.



Fonte: Google Earth (modificado pelos autores).

Durante a produção do mapa (Figura 2), o grupo localizou pontos de referências (pontos brancos no mapa), sendo eles a avenida principal, os mercados, a escola/abrigo (sugerido pela Defesa Civil), bares, igreja, e as casas dos integrantes do grupo (que não foram plotadas a fim de manter o anonimato das fontes).

Posteriormente, foram localizadas no mapa as áreas de riscos de deslizamentos de terra e de inundações/alagamentos percebidas pelo grupo (linhas vermelhas no mapa). Essa localização permitiu identificar duas áreas de deslizamento de terra, sendo uma delas com contenção de pneus e, também, três áreas de alagamentos próximas ao Rio Capivari. Na área de alagamento no interior do bairro, foi relatado problemas com acúmulo de lixo no leito do rio (ponto vermelho no mapa) e, também, ações da prefeitura para minimizar esse problema (ponto verde no mapa).

O grupo foi orientado a localizar no mapa os moradores mais vulneráveis. Dois idosos com dificuldades de locomoção, um cadeirante e uma pessoa com deficiência foram

identificados como aqueles com maior dificuldade de mobilidade no caso de deslizamento de terra (pontos roxos no mapa). Devido à localização das residências, esses moradores precisariam de apoio em uma desocupação emergencial.

Em relação à rota de fuga, cada integrante do grupo definiu como seria seu caminho na desocupação urgente da sua residência. No mapa, as rotas descritas são as linhas em cor branca. A utilização de ruas mais largas recebeu destaque pelo grupo, assim como a utilização das escadarias, cada uma denominada de “escadão”. Normalmente, tais escadas ligam ruas em locais mais altos até as mais baixas, podendo encurtar o caminho ou mesmo ser a única alternativa de mobilidade na evacuação.

O grupo descreveu a situação precária que se encontravam as escadarias, em relação à estrutura - degraus pequenos e soltos e a falta de trechos com corrimão - e que, em caso de chuvas intensas, são passagens de grande volume de água. As moradoras de habitações localizadas em pontos acima da escadaria relataram que, em uma eventual emergência, optariam por se deslocar pelo “escadão”. Diante disso, o Escadão foi selecionado para um estudo de engenharia sobre dimensionamento da rota de fuga.

Para sair do Morro do Britador, é necessário cruzar o Rio Capivari e, segundo os moradores, nem todos os pontos de travessia são seguros em caso de inundação. “A rota que passa próximo ao mercado pode ter dificuldades caso tenha pontos de “alagamentos” num período de grande acumulado de chuvas”, comentou uma das participantes.

Também foi apontada uma rota alternativa que leva ao bairro vizinho, caso alguns moradores não consigam evacuar pelas vias do local. Existe uma trilha estreita, que só pode ser efetuada a pé. Foi comentado que este é o “plano B”, caso as rotas estejam obstruídas.

4.2 Resultados do dimensionamento da rota de fuga

4.2.1 Local de análise

No Bairro do Britador, onde foi feito o estudo, as vias consideradas para o caso de uma evacuação não são restritas somente às ruas oficialmente estabelecidas, mas também incluem algumas vielas, trilhas e escadas relatadas durante a oficina de cartografia social. Muitas dessas vias não são visualizadas em documentos e mapas oficiais utilizados pela Defesa Civil para elaboração dos planos preventivos. Este estudo aborda o fluxo de pessoas em uma eventual evacuação, no caso de um potencial deslizamento de terra, utilizando as

vias efetivamente identificadas pela população, após um eventual alerta emitido pela Defesa Civil do município, através de SMS enviados aos líderes da comunidade ou alertas sonoros.

Na oficina de cartografia social foi detectado que o “escadão” faz ligação entre as diversas áreas do bairro, da parte alta à baixa e que 172 moradores utilizariam essa passagem para uma eventual evacuação. Nesse local residem pelo menos quatro pessoas com dificuldade de locomoção, o que demandaria uma operação especial para realizar a evacuação.

Com isso, foi preciso verificar as condições dessa passagem cuja largura é de 1m, contendo alguns trechos um pouco mais largos (vide Figura 3). A inclinação dessa escada é de 32°, fator que se agrega à sua estreiteza e à irregularidade dos degraus (alguns quebrados e ainda mais lisos diante de chuvas intensas), comprometendo a mobilidade e a segurança diante de um risco de deslizamento. Foram realizados testes em ambiente sob luz do dia que revelaram que o tempo de descida desde o topo até a base é de aproximadamente 1 minuto e 40 segundos. No entanto, algumas variáveis podem fazer com que esse tempo aumente ainda mais, como, por exemplo: a descida ser realizada no período noturno, diante da pouca iluminação existente na área, sob a ação de chuvas que geram enxurradas na escadaria; um grande fluxo de pessoas seguindo uma rota sem corrimão e que só permite uma “fila indiana”; pessoas acompanhadas de filhos pequenos, pessoas com deficiência, enfermas ou com dificuldades de locomoção, além de idosos. São diversos os elementos de vulnerabilidade que podem ser adicionados a uma situação de risco de deslizamento. Para definir o melhor meio de realizar a evacuação, primeiramente, é necessário, avaliar o fluxo pelo local.

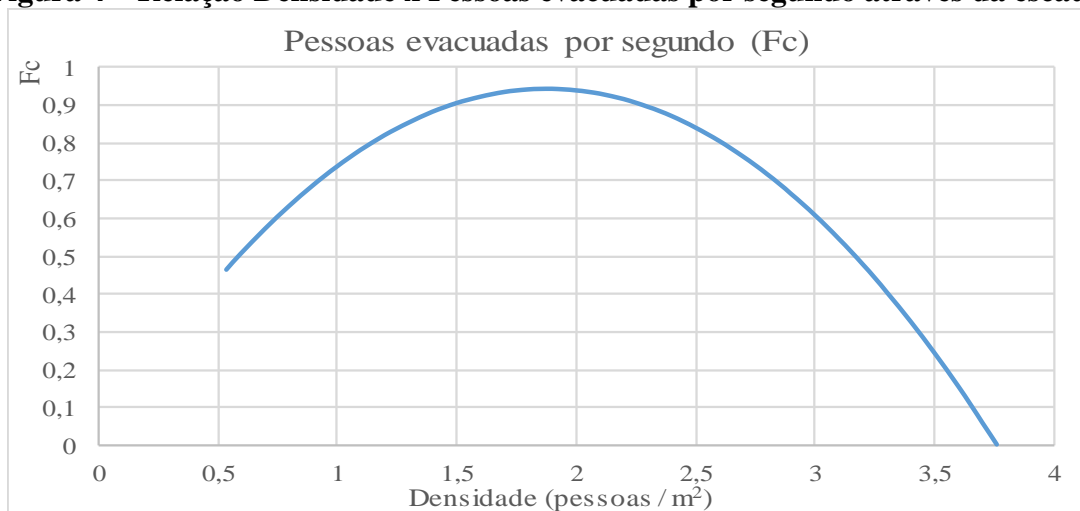
Figura 3: Imagens da escadaria principal do bairro por dois ângulos diferentes

Fonte: autores

4.3 Resultados do dimensionamento

Para o estudo do fluxo de pessoas em escadas, quanto suporta em relação à quantidade de pessoas, assim como a questão temporal de evacuação, foram utilizados os cálculos de Nelson e Mowrer (2002), além de um fator de correção, pois as condições na escadaria do bairro do Britador durante uma eventual evacuação são diferentes da evacuação de edifício em caso de incêndio. O fator de correção foi estabelecido com base em medições de campo: um dos pesquisadores, em plena condição física realizou o deslocamento em fluxo livre, com tempo seco e à luz do dia. Através do tempo médio obtido foi calculada a velocidade e comparada com os resultados teóricos obtidos através do método de Nelson e Mowrer (2002) sob as mesmas condições. Esse tempo obtido foi de 101 segundos para deslocamento, o que proporcionou uma velocidade de 0,46 m/s e um fator de correção igual a 0,53.

Os resultados foram obtidos de acordo com a densidade, a partir da aplicação das equações (2) e (3), e mostram uma função dessa densidade de ocupação da escada em relação à quantidade de pessoas evacuadas por segundo. A Figura 4 apresenta essa relação, identificando que a ocupação de aproximadamente 2 pessoas/m² proporciona uma maior taxa de fluxo (pessoas / s) no processo de evacuação.

Figura 4 – Relação Densidade x Pessoas evacuadas por segundo através da escada.

Fonte: autores

Para a análise da capacidade da escadaria em atender às necessidades da comunidade em uma eventual evacuação, foram mensurados largura e comprimento da escada, bem como a altura do espelho e diâmetro do piso dos degraus. Foi utilizada a equação do Fluxo Específico (2) com base no estudo de Nelson e Mowrer (2002).

Para a escada em estudo, a largura efetiva considerada foi de 1m, o piso dos degraus era de 25 cm e o espelho de 19 cm

O tempo total para a evacuação das 172 pessoas foi calculado considerando os seguintes parâmetros:

- Tempo de início de evacuação (conforme Peacock *et al.*, 2012).
- Velocidade de movimento (calculada conforme Equação 1) e fator de correção.
- Densidade e a taxa de evacuação (obtidas a partir dos dados da Figura 4).
- Tempo de evacuação (razão do total de pessoas e taxa de evacuação = $172 / Fc$).
- Tempo para que a última pessoa adentrar na escada realize o deslocamento ($54 /$ velocidade).

Os resultados foram avaliados em 4 situações e estão descritos na Tabela 2:

- Condição ótima de evacuação.
- Condição em que as pessoas possam se deslocar sem interferência de outras (fluxo livre).
- Na densidade em que o valor de Fc é semelhante a condição de fluxo livre.
- Na condição de densidade próxima ao limite de congestionamento.

Tabela 2 – Tempo total de evacuação conforme condição.

Parâmetro	Condição			
	Ótima	Fluxo livre	Fc semelhante ao fluxo livre	Próxima ao congestionamento
Início de evacuação (s)	137	171	171	224
Densidade (pessoas / m²)	1,9	0,54	3,2	3,6
Velocidade (m/s)	0,94	0,46	0,48	0,15
Taxa de evacuação (pessoas/s)	0,26	0,46	0,08	0,02
Tempo de evacuação (s)	183	372	361	1127
Última pessoa realize o deslocamento (s)	204	118	679	2382
Tempo para evacuação completa (s)	524	661	1211	3733

Considerando-se que em uma situação hipotética, com condições ótimas, a evacuação pela escadaria levaria pouco menos de 9 minutos. Em uma condição extrema, em que muitas pessoas se dirigem a escada simultaneamente e a densidade fica próxima ao congestionamento, esse tempo seria cerca de 62 minutos.

No Brasil, tomando-se como referência o Manual técnico para elaboração, transmissão e uso de alertas de risco de movimentos de massa elaborado pelo Cemaden, uma ordem de evacuação deve ser emitida, pelo menos, uma hora antes do evento. Entretanto, a frequência de envio dos sinais dos sensores de detecção em campo pode ser de 15 minutos ou 1 hora (CONSONI, 2018), ou seja, quando uma situação crítica é detectada, é possível que exista um atraso de até 1 hora em relação à situação real. Isso reforça a importância de se aumentar as capacidades locais em GRD.

Os resultados mostram que a evacuação somente pela escadaria é demasiadamente arriscada para a população local. Melhorias nas condições da escada possibilitariam aprimorar essa evacuação. Essas melhorias consistem em primeiramente atuar sobre o fator segurança, pois a falta de um corrimão resulta num fluxo mais lento e com risco de quedas; aprimoramento das condições de iluminação; melhorias nos degraus, pois são irregulares. A manutenção e a limpeza promovem o aumento na largura da escadaria e resulta no aumento da capacidade de evacuação da área. Utilização de outras vias para a evacuação também é recomendado, especialmente para pessoas com dificuldades de locomoção e mobilidade.

4.4 Discussão e proposta de melhorias

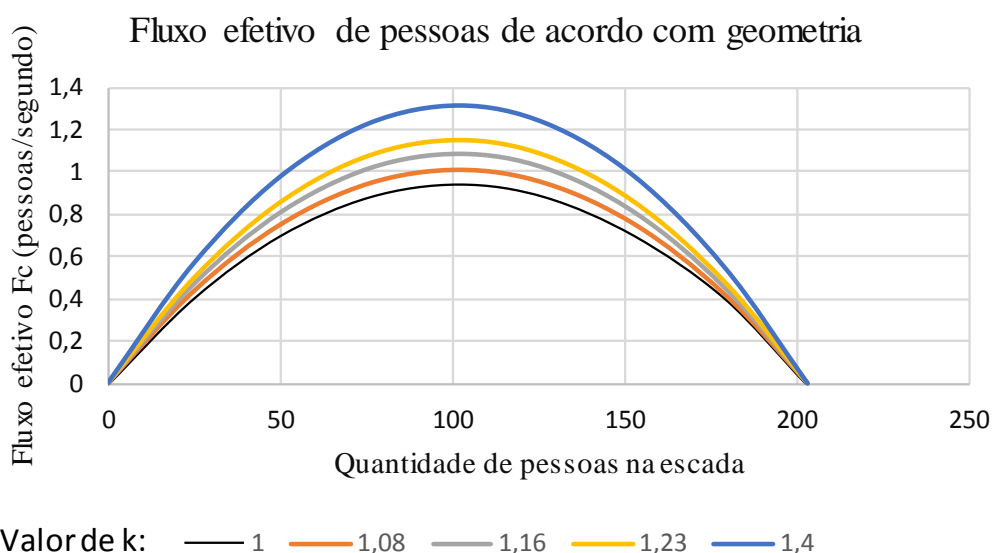
Para a melhoria de capacidade, algumas medidas técnicas podem ser adotadas, como a instalação de um corrimão, a iluminação e a alteração de características dimensionais da escada.

A instalação de iluminação pode prevenir quedas e acidentes durante a descida. Além disso, a diferença de velocidade de deslocamento entre um ambiente iluminado e um sem iluminação um pode chegar a 150% (ZENG, 2017).

Corrimãos são instalações comuns que podem aumentar a capacidade de uma pessoa de se recuperar da perda de equilíbrio e evitar uma queda, especialmente em locais menos confiáveis, como em escadas ou em encostas escorregadias (KOMISAR, 2019). A instalação desse elemento proporciona ganhos de tempo, pois evita a redução de velocidade ou a interrupção de fluxo devido a quedas.

Outra alternativa é a melhoria dos aspectos construtivos da escada, alterando o fator k através da padronização da geometria, reduzindo o espelho (altura do degrau) e aumentando o piso (comprimento do degrau). Essa variação do fator k (vide Tabela 1) proporciona o aumento do fluxo efetivo, conforme visualizado na Figura 5:

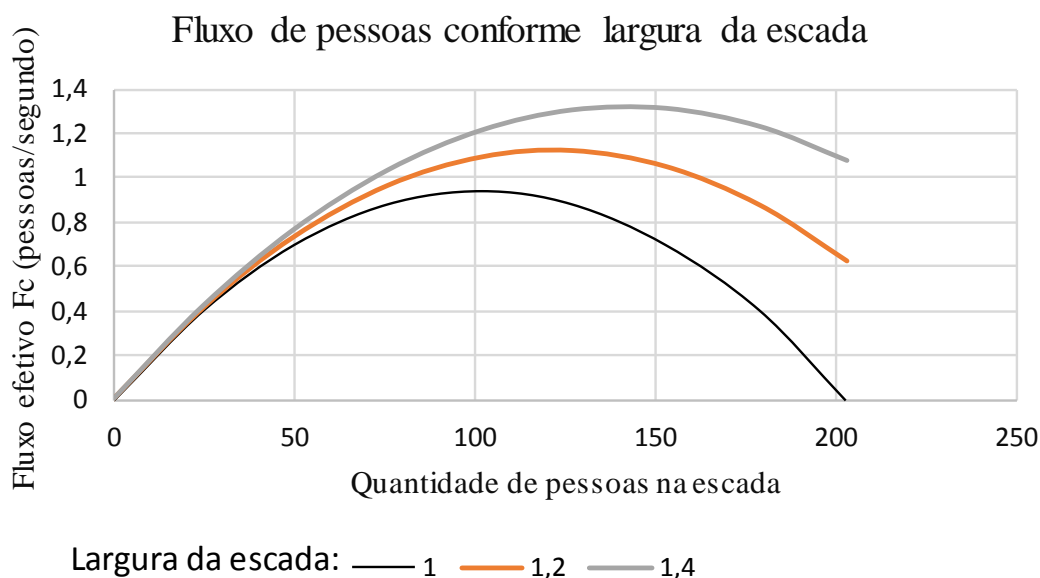
Figura 5 – Efeito da variação do valor k no fluxo de pessoas.



Outra forma encontrada de melhorar o fluxo efetivo da evacuação é através do aumento na largura da escada. Com a ampliação de sua largura, é possível reduzir a densidade populacional durante a evacuação, isso fará com que o fluxo efetivo aumente e

mais pessoas possam evacuar ao mesmo tempo, reduzindo assim o tempo de evacuação, conforme observado na Figura 6:

Figura 6: Efeito da variação da largura da escada no fluxo de pessoas.



5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou os resultados de uma metodologia interdisciplinar, entre Ciências Humanas e Engenharia, para a definição participativa e o dimensionamento de rotas de fuga, em caso de movimentos de massa. O método revelou que os moradores do local possuem informações relevantes sobre o lugar em que vivem e que podem colaborar para o planejamento dos sistemas de alerta e de rotas de fuga. A associação das informações empíricas da comunidade, em conjunto com conhecimento técnico da Defesa Civil e das instituições científicas, pode ser um caminho para o planejamento e o aumento da capacidade local de gestão de risco de desastres.

Através da metodologia da cartografia social foi possível conhecer e analisar rotas de fuga pensadas por pessoas da comunidade. A geometria dessas rotas foi, então, avaliada no tocante à capacidade em suportar o tráfego dos moradores em uma eventual evacuação. No bairro do Britador foi detectado que o maior gargalo da rota de fuga é justamente a escadaria principal, pois é a opção de passagem mais visada pelos moradores em uma situação de evacuação.

O tempo entre a emissão de um alerta de deslizamento de terra e o real acontecimento do evento é muito curto, por isso é necessário construir um plano

participativo de evacuação do possível local afetado, incluindo as rotas de fuga definidas em conjunto com a população. Convém ressaltar que a condição ótima representa uma condição ideal de densidade populacional ocupando a escada e que, muitas vezes, em uma situação de evacuação, passa a ser irreal. Especialmente em deslizamentos de terra, a possibilidade de evacuação durante a ocorrência de chuva é muito grande. Outras situações como ocorrências em período noturno, idade, gênero, condições sociais, físicas e mentais das pessoas também podem influenciar o dimensionamento de uma evacuação (CUTTER; MITCHELL; SCOTT, 2000). A forma de disseminação do alerta também compromete a evacuação tanto em questões de agilidade e prontidão para evacuar, assim como o comportamento das pessoas (ZHANG *et al.*, 2013).

Recomendações podem ser estabelecidas em dois aspectos, um técnico e outro orientativo/comportamental. No tocante a recomendações técnicas seria necessária a melhoria das condições das rotas que a população apresentou, como a escadaria, com a melhoria da iluminação, a instalação de corrimão e a correção da geometria da escada, proporcionando facilidades para a utilização dessa via durante a evacuação e conseqüente melhorias na velocidade. No aspecto comportamental, a orientação da população sobre como utilizar a escada, procurando evitar excesso de pessoas e utilizar também outras vias relacionadas nas rotas de fuga do planejamento da Defesa Civil. Simulados poderiam ser uma boa estratégia para melhorar essa preparação para emergências.

Nesse sentido, o artigo contribui com o plano de evacuação do Bairro do Britador, alertando os órgãos responsáveis sobre melhorias na execução da evacuação ou até mesmo na estrutura física da escadaria que foi tida como o maior gargalo durante a pesquisa.

Recomenda-se que a Defesa Civil do município de Campos do Jordão – SP continue a fazer os simulados de evacuação da área e que interaja com a população para analisar possíveis melhorias em seus planejamentos e na melhoria da infraestrutura local com vistas a reduzir as vulnerabilidades.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Cemaden lança manuais de prevenção de desastres naturais no Brasil. **Cemaden/MCTI**. Disponível em: <http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/salaImprensa/noticias/arquivos/2018/12/Cemaden_lanca_manuais_de_prevencao_de_desastres_naturais_no_Brasil.html>. Acesso em: 3 fev. 2020.

BRITO JUNIOR, I; LEIRAS, A.; YOSHIZAKI, H. T. Y. A multi-criteria stochastic programming approach for pre-positioning disaster relief supplies in Brazil. **Production**, v. 30, n. e20200042, 2020.

CARPI JUNIOR, S. Identificação de riscos ambientais e proteção da água: uma aproximação necessária. (Org.) Lima-Guimarães, S.T et al. *et al.* **Gestão de áreas de riscos e desastres ambientais**. Rio Claro: IGCE/UNESP/Rio Claro, 2012 p. 32 – 59.

CARVALHO, M. L. F. O. **Percepção ambiental e caracterização do impacto ambiental**: o caso do bairro Britador em Campos do Jordão. Dissertação (Mestrado). Universidade de Taubaté- Unitaú-SP 2003.

CLARK-GINSBERG, A. Participatory risk network analysis: A tool for disaster reduction practitioners. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 21, n. January, p. 430–437, mar. 2017.

CONSONI, Â. J. **Manual técnico para elaboração, transmissão e uso de alertas de risco de movimentos de massa**. São José dos Campos: Cemaden, 2018.

CUTTER, S. L., MITCHELL, J. T., E SCOTT, M. S. Revealing the vulnerability of people and places: a case study of Georgetown County, South Carolina. **Annals of the Association of American Geographers**, 90(4), 713–737. 2000

GRAFF, J. C. Mixed methods research. *In*: HALL, H. R.; ROUSSEL, L. A. (Eds.). **Evidence-based practice: an integrative approach to research, administration, and practice**. Burlington: Jones & Bartlett Learning, LLC, v. 1p. 47–66, 2017.

GWYNNE, S. M.V; ROSENBAUM, E.R. Employing the hydraulic model in assessing emergency movement. P. J. DiNenno, *et al.*, Editors. *In* **SFPE Handbook of Fire Protection Engineering**. Society of Fire Protection Engineers: Bethesda, MD. 2008.

HUANG, C. H.; WU, I. C. Applying 4d Simulation in Disaster Evacuation Route Plan, CONVR2011, **International Conference on Construction Applications of Virtual Reality**, 2011.

KOBIYAMA, M, *et.al.* **Prevenção de Desastres Naturais: conceitos básicos**. Ed. Organic Trading. Curitiba-PR, 2006.

KOMISAR, V; MAKI, B. E.; NOVAK, A. C. Effect of handrail height and age on the timing and speed of reach-to-grasp balance reactions during slope descent. **Applied ergonomics**, v. 81, p. 102873, 2019.

MARCHEZINI, V. **Campos de desabrigados - a continuidade do desastre**. São Carlos: Rima, 2014.

MARCHEZINI, V. *et.al* Geotecnologias para prevenção de riscos de desastres: usos e potencialidades dos mapeamentos participativos. **Revista Brasileira de Cartografia - Edição Especial Geotecnologias e Desastres Naturais** N° 69, V1. 2017. p.107-128

MARCHEZINI, V. The biopolitics of disaster: power, discourses, and practices. **Human Organization**, v.74. 2015. p.362 – 371.

MINGERS, J.; BROCKLESBY, J. Multimethodology: towards a framework for mixing methodologies. **Omega**, v. 25, n. 5, 1997. p. 489–509.

MINGERS, J.; ROSENHEAD, J. Problem structuring methods in action. **European Journal of Operational Research**, n. 152, 2004. p. 530–554.

MONTEIRO, V. L.; BRITO JUNIOR, I. de. A situação atual de implementação da política nacional de proteção e defesa civil no estado de São Paulo. **Revista Percursos**, v. 18, n. 36, 2017. p. 194–213.

MORAN-ELLIS, J. *et al.* Triangulation and integration: processes, claims and implications. **Qualitative Research**, v. 6, n. 1, fev. 2006. p. 45–59, 15

NELSON, H.E.; MOWRER, F.W.; Emergency movement, in: P.J. DiNenno, *et al.* (Eds.), **The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering**, 3a.ed., Society of Fire Protection Engineers, Bethesda, MD, 2002. p. 3-367–3-380.

OLIVATO, D. **A participação social no contexto da gestão de riscos na bacia hidrográfica do rio Indaiá Ubatuba – SP**. Tese de Doutorado defendida no Programa de Geografia Física da FFLCH – USP. Dez/2013

OLIVATO, D., Trajber, R. **Atividade de Cartografia social: espacializando os riscos socioambientais**. 2017, Disponível em: <<http://educacao.cemaden.gov.br/site/activity/NDawMDawMDawMzk=>>>, Acesso em: 3 fev. 2020.

OSMAN, M. S.; RAM, B. Two-phase evacuation route planning approach using combined path networks for buildings and roads **Comput. Ind. Eng.** N. 65, 2013. p 233–245.

PAULS, J. L. Effective-width model for evacuation flow in buildings. **Workshop Proc. of Engineering Applications**, Bethesda, MD. Boston: Society of Fire Protection Engineers, 1983.p. 215-32.

PAULS, J. L., J. J. FRUIN, J. M. ZUPAN. **Minimum Stair Width for Evacuation, Overtaking Movement and Counterflow** - Technical Bases and Suggestions for the Past, Present, Future. Proc. of Pedestrian and Evacuation Dynamics. Springer, 2005. P. 57-69.

PEACOCK, R. D., B. L. HOSKINS, E. D. Kuligowski, Overall and local movement speeds during fire drill evacuations in buildings up to 31 stories. **Safety Science**, N 50, V8: 2012. p. 1655-1664.

RENTERIA, R *et al.* An entropy-based approach for disaster risk assessment and humanitarian logistics operations planning in Colombia. **Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management**, v. 11, n. 3, p. 428–456, 2021.

SANTORO, J.; *et al.* Campos do Jordão –SP: mapeamento de riscos de escorregamentos no morro do britador, Geosudeste. **14º Simpósio de Geologia do Sudeste, 8º Simpósio Cretáceo do Brasil.** 2015.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental:** teoria e prática. São Paulo: Editora Oficina dos textos, 2004.

SÃO PAULO. **Consulta de desastres no estado de São Paulo,** 2020.

SELBY, M.J. (1993) **Hillslope materials and processes.** 2ed. Oxford Univ. Press, 1993.

THE WORLD BANK; UNITED NATIONS. **Natural hazards, unnatural disasters.** Washington, DC: The World Bank, 2010.

UNISDR. **Proposed updated terminology on disaster risk reduction:** a technical review. Geneva: The United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2015.

VALASKI, S. **Estrutura e dinâmica da paisagem:** subsídios para a participação popular no desenvolvimento urbano do município de Curitiba-PR. Tese (Doutorado Geografia). UFPR, Curitiba: 2013. 148p

VALDÉS, H. M. **Como construir cidades mais resilientes:** um guia para gestores públicos locais cidades resilientes - Escritório das Nações Unidas para a redução do risco de desastres, 2012.

ZENG, Y *et al.* Experimental study on walking preference during high-rise stair evacuation under different ground illuminations. **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 479, 2017. p. 26-37.

ZHANG, N. *et al.* Population evacuation analysis: considering dynamic population vulnerability distribution and disaster information dissemination. **Natural Hazards**, v. 69, n. 3, 2013. p. 1629–1646.

ZHANG, N.; HUANG, H.; SU, B.; ZHAO J. Analysis of dynamic road risk for pedestrian evacuation, **Physica A: Statistical Mechanics and its Applications**, v. 430, 2015. P. 171-183.

ZHANG, Nan *et al.* Analysis of road vulnerability for population evacuation using complex network. In: **Vulnerability, Uncertainty, and Risk: Quantification, Mitigation, and Management.** 2014. p. 772-781.

ZHOU, X *et al.* Evacuation planning: a spatial network database approach. **IEEE Data Eng. Bull**, v. 33, n. 2, 2010. p. 26-31.

Como Referenciar este Artigo, conforme ABNT:

SILVA, M. A. S; BRITO JUNIOR, I; OLIVATO, D; MARCHEZINI, V; Planejando Rotas de Fuga em Caso de Deslizamentos – Estudo em Campos do Jordão-Brasil. **Rev. FSA**, Teresina, v. 20, n. 9, art. 8, p. 165-188, set. 2023.

Contribuição dos Autores	M. A. S. Silva	I. Brito Junior	D. Olivato	V. Marchezini
1) concepção e planejamento.	X	X	X	
2) análise e interpretação dos dados.	X	X	X	
3) elaboração do rascunho ou na revisão crítica do conteúdo.	X	X	X	X
4) participação na aprovação da versão final do manuscrito.	X	X		X