

## Reuniões de massas - Fenómenos e modelos de evacuação

Rui Veiga, Cristina Cadete Pires

<sup>1</sup> ISLA Santarém, CEPESE, Porto. E-mail de contacto: rui.veiga.@islasantarem.pt; <sup>2</sup> ISLA Santarém, Portugal.

**Resumo:** Reuniões em massa, fazem parte do dia a dia e podem ocorrer em diferentes lugares, dependendo das especificidades do evento. Devido à baixa percepção de risco as pessoas tendem a subestimar a probabilidade de ocorrência de um desastre e as suas consequências negativas, no entanto a história mundial evidência que os tumultos nestas reuniões ocorrem frequentemente, sendo necessário estudar o comportamento da multidão. Este pressuposto permitiu desenvolver um trabalho de pesquisa através de revisão de literatura, analisando de forma abrangente os estudos existentes. A evacuação em larga escala é uma medida eficaz para mitigar o risco numa emergência, no entanto, sob a perspetiva da segurança apresenta um conjunto de desafios devido ao comportamento psicomotor do individuo interferir em todo o processo. Depois de décadas de modelos teóricos e onde a evacuação se limitava à análise prévia da arquitetura do espaço e ao número de sobreviventes, a simulação computacional tornou-se uma ferramenta padrão para planejar e avaliar a evacuação de multidões, no entanto, muitos modelos são estruturalmente diferentes e poucos foram rigorosamente testados. A grande vantagem é a antevisão de diversos cenários, sem colocar em risco os indivíduos, verifica-se, no entanto, que reproduzir emoções, comportamentos experiências e conhecimentos é muito difícil.

**Palavras-chave:** Multidões, Evacuação, Emergência, Reuniões de massa.

## Mass meetings - Evacuation phenomena and models

**Abstract:** Mass meetings are part of our daily based activities and can occur in different places, depending on the specificities of the event. Due to the low perception of risk, most people tend to underestimate the possibility of a disaster and its negative consequences. However, different studies supported the evidence that disturbances can frequently occur, being important to study the behavior of the crowd. These studies encourage us to develop a research work using the literature and studies available. The large-scale evacuation is an effective measure to mitigate a disaster in an emergency. However, from a safety perspective, it presents a set of challenges due to the interference of the psicomotor behavior of each person. After decades of theoretical models, where the evacuation was based on a previous analysis of the architecture of the space and the number of survivors, computational simulation became a standard tool to plan and assess the evacuation of a crowd. Nevertheless, most of these models are structurally distinct and poorly tested. The biggest advantage of this simulation is the anticipation of several scenarios without putting in risk anyone. Nonetheless, it is difficult to predict emotions and behaviors based on previous experiences and knowledge.

**Keywords:** Crowds, Evacuation, Emergency, Mass meetings.

## 1. Introdução

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), uma reunião de massas, geralmente é definida como mais do que um número específico de pessoas, num local específico para um propósito específico (uma função social, um grande evento público ou uma competição desportiva) por um período concreto. Locais de reunião onde se encontre um número elevado de pessoas, fazem parte do dia a dia e caso surja uma emergência podem constituir um perigo para o seu bem-estar (Dong et al., 2017; Gutierrez-Milla et al., 2014; Hopkins & Reicher, 2016).

Uma emergência pode ser causada por fenómenos naturais, tecnológicos de origem humana, como por exemplo o colapso de estruturas ou ainda atos antissociais, como terrorismo ou vandalismo. Muitas destas situações já ocorreram em lugares públicos lotados, onde pereceram muitas pessoas. Familiares, amigos e muitas outras pessoas ficaram de luto em todo o mundo (Li, Zhuang, & Shen, 2017). Nestes locais, devido à baixa perceção de risco as pessoas tendem a menosprezar a probabilidade de ocorrência de um desastre e as suas consequências negativas (Martínez-Rojas et al., 2018; Shiwakoti et al., 2016).

A história mundial, demonstra que os tumultos em reuniões de massa ocorrem frequentemente, destacando a importância de estudar o comportamento da multidão de maneira mais científica. Estes estudos são necessários para apoiar os princípios apropriados e oportunos na gestão de multidões, nomeadamente no planeamento de medidas de controle e no fornecimento de sistemas de alerta antecipado em reuniões de massa (Gayathri, Aparna, & Verma, 2017; Soomaroo & Murray, 2012; Zeitz et al., 2009).

A concentração pelos mais diversos motivos de grupos grandes de pessoas remonta há muitos séculos. A peregrinação cristã à Terra Santa foi registada desde o século IV, enquanto o Hajj, a grande peregrinação do Islã, realizada à cidade de Meca pelos muçulmanos existe há catorze séculos. Kumbh Mela é o festival religioso (hinduísmo), mais antigo da história da humanidade (o primeiro registo data do século VII), que ocorre quatro vezes a cada doze anos na Índia, rodando por quatro cidades: Prayagraj, Ujjain, Nashik e Haridwar. Considerado o maior encontro religioso, envolve a peregrinação de cerca de 100 milhões de hindus a um rio sagrado durante um período de um mês (Gayathri et al., 2017).

O futebol é um desporto que existe em todo o mundo, mais de 4% da população mundial joga futebol, incluindo 270 milhões de jogadores amadores (Ahmed & Memish, 2018), um grande número de espetadores assiste diariamente a estes jogos. Teremos também de considerar que os ataques terroristas geralmente ocorrem em áreas públicas lotadas e resultam num grande número de vítimas (Li et al., 2017), pois aqueles que querem atingir pessoas inocentes escolhem os alvos onde possam causar o máximo de dano possível (Sentinel blog, 2017).

Muitos foram os acontecimentos que ocorreram, envolvendo um grande grupo de pessoas. Em 1954, o Allahabad Maha Kumbh tirou a vida de mais de 800 pessoas devido à multidão que rompeu as barreiras que os separavam de uma procissão de sadhus (homens santos) de vários akharas (acampamentos de homens santos) revelando uma forte dispersão das pessoas (Gayathri et al., 2017). Em 1971, no estádio de Glasgow Ibrox 66 pessoas foram esmagadas até morrer. A tragédia levou o governo do Reino Unido a rever a segurança dos campos desportivos. Apesar de diretrizes semelhantes para controle serem implementadas pelos governos de vários países, muitos desastres causados pela saída de multidões ainda ocorrem. Em 2001 ocorreu o desastre de

Johannesberg em que 43 pessoas morreram no Estádio Ellis Park, e também no Gana em que 126 pessoas morreram num jogo de futebol. Em 2003 numa discoteca de Chicago, 21 pessoas foram esmagadas até à morte ao sair do clube.

Durante a procissão Xiita (Kumbh Mela) em 31 de agosto de 2005 quase 1.000 pessoas morreram na ponte Al-Aaimmah, que cruza o rio Tigre, na capital iraquiana de Bagdá. Este tumulto ocorreu devido a rumores de um ataque suicida iminente que provocou o pânico em muitos peregrinos, o que os levou a se aglomerarem na ponte fechada. A pressão da multidão fez com que as grades de ferro da ponte com 9 m de altura cedessem, caindo centenas de pessoas ao rio Tigre (Gayathri et al., 2017).

Em 2010 durante a Loveparade que decorria em Duisburg, ocorreram 21 mortos e 541 feridos, onde se demonstrou como é difícil controlar e prever a dinâmica de um grande número de pessoas, especialmente se o pânico dominar as reações de uma multidão (Nitzsche, 2013). Esta tragédia ocorreu em parte, devido à multidão ter apenas uma rota através de um túnel que servia de entrada e saída (Sentinel blog, 2017). Também em 2010 durante o Festival da Água, no Camboja, 347 pessoas morreram e 755 ficaram feridas (Wang et al., 2013). Em 2015 mais de 2000 peregrinos morreram e 900 ficaram feridos durante uma peregrinação em Mina (Meca, Arábia Saudita), o acidente ocorreu quando dois grandes grupos de peregrinos colidiram num cruzamento (Severiukhina et al., 2017).

Estas concentrações humanas apresentam um conjunto de desafios sob a perspetiva da segurança. A densidade populacional, representa um fator chave que, influencia as características de movimento de um grupo grande de pessoas durante uma evacuação em larga escala. Embora os comportamentos das pessoas possam diferir quando confrontadas com uma situação real de emergência, as percepções obtidas nos diferentes estudos já realizados são recursos valiosos para entender os prováveis comportamentos (Shiwakoti et al., 2016).

Com este artigo, pretende-se rever e analisar de forma abrangente os estudos existentes sobre a evacuação de emergência, mais especificamente em grande escala. Foram objeto de pesquisa e reflexão os seguintes aspetos: antecedentes de acidentes críticos, fatores de risco, comportamento e tomada de decisão, teorias de evacuação e modelagem de evacuação.

## 2. Metodologia

Atendendo que a seleção da metodologia deve ter em consideração a natureza do problema a estudar, optou-se por metodologia qualitativa que visa compreender e interpretar o tema abordado da evacuação de multidões em emergência. Procedeu-se à pesquisa bibliográfica a partir de motor de busca *Science Direct*, de revistas científicas indexadas que abordassem o tópico entre julho de 2018 e maio de 2019, fazendo uso dos descritores combinados: evacuação de multidões, dinâmica de multidão, mecanismos de comportamento, modelos de evacuação, encontro religioso em massa, nos idiomas inglês e português.

Dos vários documentos reunidos, alguns continham links ou referências a outros documentos, que foram então localizados. No final de um total de 112 foram selecionados 86 documentos de especial relevância. Esta abordagem permitiu aprofundar o tema em análise a partir da recolha, análise, descrição e interpretação dos pontos de vista dos diversos autores. Apesar de este tipo de investigação, poder refletir a subjetividade

inerente ao envolvimento e cunho pessoal da equipa investigadora, esta foi mitigada pelo rigor e abrangência da recolha e análise. No quadro 1, encontra-se a caracterização dos principais documentos abrangidos na revisão.

**Quadro 1 – Caracterização dos artigos revistos em função da temática abordada, ano de publicação e autores**

Temática abordada	Ano de publicação	Autores
Antecedentes históricos de desastres	2009	Zeitz, Tan, Grief, Couns, & Zeitz
	2012	Soomaroo & Murray
	2013	Wang et al.
	2014	Gutierrez-Milla, Borges, Suppi, & Luque
	2016	Hopkins & Reicher; Shiwakoti et al.
	2017	Dong, Liu, Liu, Jiang, & Zhao; Gayathri et al.; Li et al.; Sentinel blog; Severiukhina et al.
Caracterização dos riscos	2018	Ahmed & Memish
	2013	Bode & Codling; Wang et al.
	2014	Shiwakoti et al.
	2017	Dong et al.; Gayathri et al.; Sentinel blog; Severiukhina et al.
Fatores influenciadores, interação ambiente físico / indivíduo	2018	Kasereka et al.
	2005	Zarboutis & Marmaras
	2010	Augustijn-Beckers, Flacke, & Retsios; Kuligowski, Peacock, & Hoskins
	2011	Ronchi & Kinsey
	2013	Nitzsche; Wang et al.; Bode, Kemloh Wagoum, & Codling; Bode, Holl, Mehner, & Seyfried
	2016	Ahn, Kim, & Lee; Cao, Song, & Lv; Lovreglio, Fonzone, & dell'Olio; Shi et al.; Zhu & Shi
	2017	Alghazzawi, Tashakor, Borges, & Suppi; Gayathri et al.; Haghani & Sarvi; Ma, Lee, & Shi; Mohd Ibrahim, Venkat, & Wilde
2018	Feliciani & Nishinari; Karthika, Aparna, & Verma; Kinateder, Comunale, & Warren; Kurdi, Al-Megren, Althunyan, & Almulifi; Padovani, Neto, & Massa Cereda	
Caracterização de comportamentos	2009	Drury, Cocking, & Reicher
	2013	Drury, Novelli, & Stott; He et al.; Wang et al.
	2014	Souza & Brombilla; Wang & Sun
	2017	Shiwakoti, Tay, Stasinopoulos, & Woolley; Van der Wal, Formolo, Robinson, Minkov, & Bosse
	2018	Ahmed & Memish; Cheng & Zheng; Gaire, Song, Christensen, Sharifi, & Chen; Pakjouei, Aryankhesal, Kamali, & Seyedin
Modelos de dinâmica de multidões	2008	Shiwakoti et al.
	2009	Zheng, Zhong, & Liu
	2013	He et al.
	2014	Townsend
	2018	Kasereka et al.; Padovani et al.
Gestão da emergência	2007	FEMA
	2009	Cocking et al.; Ferscha & Zia
	2012	Jiang & Yuan
	2013	He et al.; Nitzsche; Abulnour
	2014	Fujihara & Miwa; H. Dong, Gao, Gao, Sun, & Wang; Ma et al.; Shiwakoti et al.
	2015	Khalid & Yusof; Gutierrez-Milla, Borges, Suppi, & Luque; Simon, Goldberg, & Adini;
	2017	Gayathri et al.; Severiukhina et al.
	2018	Kinateder et al.; Mohammed; Samsuddin, Takim, Nawawi, & Syed Alwee

### 3. Características e comportamento das multidões

Nas reuniões de massas durante um processo de evacuação, podem ser identificados fatores de risco relacionados com as características do ambiente físico (local, caminho a percorrer) (Zhu & Shi, 2016), e com as características da multidão. Os riscos associados a um local e caminho a percorrer, são por exemplo, o colapso das estruturas e a queda de cercas, barreiras ou obstáculos que podem esmagar as pessoas. Estes obstáculos permanentes ou temporários podem interferir no movimento durante a

evacuação. As características da multidão referem-se essencialmente a aspetos como idade, diversidade cultural, motivação, velocidade de movimento e densidade.

A densidade da multidão é um fator chave, que influencia as características de movimento de um grande grupo de pessoas, durante uma evacuação em larga escala (Wang et al., 2013). O número de indivíduos numa saída ou gargalo (saída que se encontra congestionada) é conhecido por ser um dos principais aspetos que afetam o fluxo de pessoas (Bode et al., 2015).

A velocidade dos indivíduos é inversamente proporcional à densidade, quando a densidade aumenta, a velocidade diminui (Padovani, Neto, & Massa Cereda, 2018). Sabe-se que à medida que o ângulo de fusão aumenta, a velocidade média e o fluxo médio nos corredores de saída diminuem, enquanto a densidade média aumenta (Shi et al., 2016). As relações fundamentais de velocidade-fluxo-densidade e suas formas variam em diferentes condições e contextos culturais (Gayathri et al., 2017).

Na maioria dos casos, a multidão movimenta-se em fluxos unidirecionais e multidirecionais, já que o indivíduo numa multidão tem muito pouca capacidade de ir contra o fluxo (Feliciani & Nishinari, 2018; Sentinel blog, 2017). Os fluxos de alta densidade podem tornar-se "turbulentos" provocando a queda das pessoas (Gayathri et al., 2017). Existem vários tipos possíveis de interação entre fluxos individuais: movimento em direção, fusão e interseção (Severiukhina et al., 2017). Existe ainda uma abordagem de fluxo poroso que divide toda a área de estudo em poros, e é assumido que os indivíduos atravessam essa rede através de poros vazios interconectados (Karthika, Aparna, & Verma, 2018).

Outro fenómeno observado em multidões, são as oscilações do fluxo em gargalos, por exemplo quando os indivíduos têm de passar por uma porta para sair de um espaço fechado. Nesta situação, as pessoas mostram um aumento de impaciência e começam a pressionar junto à saída (Mohd Ibrahim, Venkat, & Wilde, 2017; Padovani et al., 2018). Todas as pessoas têm uma velocidade individual que é fortemente influenciada por interações com os outros. Estas interações podem reduzir a velocidade ou até mesmo parar completamente o movimento (Padovani et al., 2018).

O processo de evacuação implica a tomada de decisão, uma das mais importantes é a rota de fuga e a saída (Lovreglio, Fonzone, & dell'Olio, 2016). Para a decisão, as pessoas usam informações dinâmicas, diferenças nos comprimentos das filas e velocidade das filas nas saídas, reagindo assim a mudanças circunstanciais (Bode et al., 2015). A presença de fumo, a distância até à saída, o número de evacuados perto da saída ou perto do tomador de decisão, mas movendo-se em direção à saída, têm uma influência negativa na probabilidade de uma saída ser escolhida. Pelo contrário, a existência de iluminação de emergência e o fluxo de evacuados através da saída têm uma influência positiva (Lovreglio et al., 2016).

A escolha de saída em resposta a uma emergência não é assim apenas influenciada pela geometria do local (Augustijn-Beckers, Flacke, & Retsios, 2010), mas também pela familiaridade da saída e pela opção de saída tomada pelos vizinhos (Kinaterder, Comunale, & Warren, 2018). Alguns modelos de simulação assumem que os ocupantes se movem sempre pelo caminho mais curto para a saída mais próxima (Kuligowski, Peacock, & Hoskins, 2010; Ronchi & Kinsey, 2011), mas é improvável que essa suposição se mantenha, se a saída mais próxima não for familiar, ou se os ocupantes vizinhos se moverem em direção a uma saída diferente durante uma evacuação (Kinaterder et al., 2018; Ma, Lee, & Shi, 2017). O conflito humano é responsável pelo tempo total de

evacuação, já que o conflito entre o familiar e o desconhecido ocorre dentro da estrutura interior do indivíduo (Ahn, Kim, & Lee, 2016; Haghani & Sarvi, 2017).

Quando os indivíduos se deslocam num caminho ou gargalo, tendem a disputar as poucas saídas disponíveis (Alghazzawi, Tashakor, Borges, & Suppi, 2017). A pressão física que se forma, na dinâmica de massas, devido ao obstáculo é uma das razões para os danos registados (Nitzsche, 2013). O movimento descoordenado da multidão, nas reuniões de massa é um risco crítico (Dong et al., 2017), pode levar a uma debandada, empurrando, esmagando e atropelando. Em tal circunstância, o controle do indivíduo sobre o movimento torna-se impossível transformando-se num obstáculo para os outros, quando no meio do tumulto perdem o equilíbrio e caem (Severiukhina et al., 2017).

Devemos considerar que entre a multidão, também se pode encontrar um grande número de pessoas vulneráveis, como crianças, idosos e deficientes e em caso de emergência a evacuação será mais difícil para este grupo (Kesler et al., 2017). Além da falta de mobilidade, as pessoas com deficiência enfrentam vários problemas, como dependência, sensação de privação e limitações diversas, em especial quando se deparam com obstáculos (Pakjouei et al., 2018). A presença destes indivíduos, num grupo de evacuados, desempenha um papel crucial na escolha da saída para todos os que se encontram ao redor, existindo diferenças significativas entre indivíduos com e sem deficiência (Gaire et al., 2018).

O estudo formal das multidões só se iniciou em meados do século XX (Ahmed & Memish, 2018), continuando a ser ainda hoje, uma das áreas mais importantes de pesquisa no campo da evacuação, sendo para tal fundamental conhecer o comportamento humano em grupo (Wang & Sun, 2014). Segundo os sociólogos, o comportamento é a manifestação externa da psicologia interna, que é afetado por muitos fatores (He et al., 2013; Sieben, Schumann, & Seyfried, 2017). Fatores humanos (por exemplo, relacionamentos, comportamentos de grupo) e fatores ambientais (por exemplo, o layout estrutural, locais e zonas de segurança), estas são duas das características principais estudadas na avaliação de risco para emergência. Estas características, juntamente com as interações entre aqueles fatores, influenciam diretamente as consequências de uma emergência (Li et al., 2017).

O comportamento coletivo, das multidões humanas, emerge das interações entre os locais e os indivíduos (Cao, Song, & Lv, 2016). Para entender as multidões humanas, precisamos identificar as regras de comportamento que os indivíduos seguem (Bode & Codling, 2013). O comportamento do indivíduo, ao tentar escapar de uma emergência através de uma saída, é uma questão importante na ciência social, na pesquisa de sistemas complexos e no planeamento arquitetónico (Kurdi et al., 2018).

Diferentes tipos de comportamento (instantâneo, rebanho, evitação de colisão, autónomo, retorno e de pequenos grupos) durante uma emergência, contribuem para uma compreensão mais eficaz e podem auxiliar na tomada de decisões (He et al., 2013):

Instantâneo - As pessoas tomam decisões rapidamente, para alcançar as saídas usando a rota mais curta disponível e o mais rápido possível.

Rebanho - O indivíduo tende a ser influenciado pela multidão ao seu redor, particularmente sob certos incentivos. Assim, desiste do seu próprio raciocínio para seguir as ações da maioria ao seu redor. Este fenómeno é frequentemente observado num processo real de evacuação, especialmente em caso de incêndio em que a visibilidade é baixa, e as pessoas tendem a seguir outras na esperança de saberem a localização das saídas. (Souza & Brombilla, 2014). Este tipo de comportamento origina discrepâncias nas

opiniões de diferentes autores, pois enquanto uns (Wang et al., 2013) referem que este comportamento pode originar movimentos descoordenados, como, empurrar, esmagar e atropelar, para outros (van der Wal et al., 2017) este tipo de evacuação é mais rápida pois estaremos perante um contágio social (inteligência coletiva e comportamento de rebanho). Evitação de colisão - O indivíduo adota diferentes métodos, como esperar ou andar, para evitar colidir com barreiras e outras pessoas.

Autónomo – o indivíduo segue a sua própria orientação, não seguindo os outros.

Retorno – os evacuados tentam escapar para trás em relação à rota que estavam a seguir inicialmente para ir buscar algo, por exemplo, podendo facilmente provocar congestionamento.

Pequenos grupos - Um grupo pequeno com relações sociais próximas prefere sair do mesmo espaço junto. Se um líder aparecer, pequenos grupos também se formam mesmo sem relações sociais prévias.

Estamos, pois, perante diferenças significativas no comportamento humano em comparação com uma situação normal (Gayathri et al., 2017; He et al., 2013). Fuga, medo, gritos ou outras respostas ao perigo percebido podem ser inteiramente razoáveis, dada a limitada informação e opções disponíveis para as pessoas durante uma emergência. Numa situação da vida real, muitos fatores podem ser tidos em consideração: emoção, stresse, deficiência física, velocidade do vento, idade dos evacuados, género, etc., esses fatores podem influenciar as decisões e ações das pessoas a serem evacuadas (Kasereka et al., 2018).

Empiricamente, as teorias de “pânico” sugerem a perda de controle comportamental, e daí o egoísmo e a desordem, em emergência. No entanto, estudos de casos e revisões de emergências, mostram que a cooperação é relativamente comum no comportamento de multidões. Na verdade, as pessoas muitas vezes preferem ficar para trás com outros, em vez de se afastar e fugir (Drury, Novelli, & Stott, 2013), assim como, normalmente adotam comportamentos estruturados, organizados, úteis, cooperativos e coordenados (Cheng & Zheng, 2018; Drury, Cocking, & Reicher, 2009; Sentinel blog, 2017; Shiwakoti, Tay, Stasinopoulos, & Woolley, 2017). Desta forma, um dos maiores equívocos sobre as multidões é que as pessoas entram em “pânico”, refere Simon Ancliffe, especialista em gestão de multidões, fundador e presidente do Movement Strategies (Sentinel blog, 2017), sendo o pânico, também, considerado um mito para Cocking, Drury, e Reicher (2009), Keating (1982), Mawson (2005) e Quarantelli (1954).

Poderemos aplicar o conceito de resiliência psicossocial, como uma forma de caracterizar esta cooperação e coordenação numa emergência, não apenas entre familiares e conhecidos, mas também entre estranhos, como relataram os sobreviventes do naufrágio do navio de cruzeiro Júpiter em 1988, no desastre de Hillsborough em 1989, e mais recentemente dos atentados de Londres em 2005. Nestes eventos, verificou-se precisamente que as pessoas, embora fazendo parte de uma multidão, se identificaram uns com os outros, coordenaram e cooperaram de uma forma que lhes permitiu lidar emocional e praticamente com o perigo que enfrentavam (Drury et al., 2013).

#### 4. Modelos de dinâmica de multidões

Nos últimos anos, um grande número de modelos de natureza multidisciplinar foi desenvolvido para investigar a dinâmica das multidões, exigindo a integração de sistemas sociais, naturais e de engenharia, para criar uma representação precisa da evacuação na

prática (Cheng & Zheng, 2019; Fachri & Juniastuti, 2017; Li et al., 2017; Lovreglio et al., 2019; Shi et al., 2016; Viswanathan et al., 2014; Wagner & Agrawal, 2014; Wang & Cao, 2019). Esses modelos fornecem informações úteis sobre movimentos e melhoram o conhecimento sobre as características das multidões ajudando a prevenir situações críticas e a reproduzir o processo de evacuação (Liao et al., 2017; Rahouti et al., 2018).

A simulação computacional veio possibilitar a reprodução aproximada de acidentes geradores de uma emergência e testar hipóteses diferentes sem necessitar de realizar experiências envolvendo um grande número de pessoas (Padovani et al., 2018). Depois de décadas de modelos teóricos e onde a evacuação se limitava à análise prévia da arquitetura do espaço (Townsend, 2014) e ao número de sobreviventes (Kasereka et al., 2018) experiências que usam virtualmente multidões, a partir da análise de dados reais, permitem decifrar alguns comportamentos durante o processo de evacuação (Warren, 2018).

A investigação do comportamento das pessoas, é assim, um ponto de partida ideal para o desenvolvimento de modelos comportamentais (Gayathri et al., 2017). Acredita-se que o movimento de bandos, cardumes, ou multidões surja da interação entre os indivíduos e o local num processo de auto-organização. A chave para explicar esse comportamento coletivo, consiste na compreensão dessas interações (Shiwakoti et al., 2011; Warren, 2018). Por outro lado, a análise do tempo de evacuação determinado por modelos de evacuação, juntamente com uma análise visual dos cenários de evacuação simulados, permite a identificação dos principais fatores que afetam o processo de evacuação (por exemplo, atrasos, superlotação nas saídas em relação à largura das saídas, etc.) o que pode melhorar a implementação das medidas de segurança (Ronchi et al., 2016).

Existem muitos modelos de simulação e pacotes de software para simular o movimento dos pedestres. Os modelos existentes encontram-se divididos de acordo com a sua representação espacial - contínua, em grade ou rede, finalidade - específica ou geral e nível de detalhe - macroscópico, mesoscópico e microscópico (Shiwakoti, Sarvi, & Rose, 2008). As abordagens macroscópicas simulam o comportamento da multidão como um todo, por outro lado, as abordagens microscópicas estão interessadas nos comportamentos, ações e decisões de cada pedestre (Padovani et al., 2018).

As simulações de evacuação de multidões podem ser classificadas em modelos de partículas, força social, dinâmica de fluidos, inteligentes e híbridos:

Partículas - cada indivíduo é visto como uma partícula dentro de um espaço N-dimensional. Os indivíduos têm diferenças significativas entre eles, o fluxo humano é um sistema complexo no qual o comportamento de cada indivíduo contribui para a evolução de um fenómeno global. Este modelo permite a simulação de uma grande variedade de situações, desde a evacuação de um pequeno espaço até reuniões muito densas onde possam ocorrer situações dramáticas (He et al., 2013).

Força social - este modelo é utilizado para descrever o comportamento dos indivíduos e a influência entre eles. Simula os movimentos microscópicos dos indivíduos. Os movimentos desses indivíduos são descritos submetendo-os a "forças sociais". Essas forças são exercidas pelo ambiente pessoal, assim como as interações com outros indivíduos nesse contexto. As simulações mostraram que quanto maior o grau de pânico, mais rápido os indivíduos se movem, mas em contrapartida, mais lentamente eles conseguem passar pela saída (He et al., 2013). Neste modelo a dinâmica de cada indivíduo é determinada por três tipos de forças: que direcionam o indivíduo para o seu



destino; que evitam colisões entre dois pedestres através de forças repulsivas; Forças granulares que entram em jogo quando dois indivíduos se tocam e começam a empurrar numa situação de pânico (Shiwakoti et al., 2008).

Dinâmica de fluídos - As multidões comportam-se de maneira semelhante a gases ou fluídos, fazendo-se uma analogia entre o seu movimento e o do leito de um rio (Zheng, Zhong, & Liu, 2009). Os modelos macroscópicos tratam o movimento de pedestres como um fluido contínuo e focam-se na representação do movimento de pessoas numa multidão através de relações de fluxo, densidade e velocidade (Gayathri et al., 2017). O comportamento macroscópico revela que a velocidade média do pedestre é reduzida à medida que a densidade aumenta. A hipótese do contínuo é declarada inválida para um fluxo de baixa densidade. A suposição de uma relação linear entre espaço e fluxo no nível macroscópico tem sido questionada por vários pesquisadores baseados em simulações microscópicas. Os modelos microscópicos tratam cada pessoa numa multidão como um agente individual que ocupa um determinado espaço num certo tempo. Estes modelos baseiam-se nos comportamentos, ações e decisões de cada indivíduo, bem como interações com os outros (Padovani et al., 2018) e fornecem informações valiosas sobre uma ampla gama de estados comportamentais. Os modelos microscópicos lidam com os fatores que levam os indivíduos até ao destino considerando a interação com os outros (Helbing, Buzna, Johansson, & Werner, 2005). Tais modelos apresentam uma representação mais realista dos movimentos das pessoas e podem ser classificados em quatro grupos: modelos baseados em física, celular, rede de filas e de múltiplos agentes. Os modelos baseados em física reconhecem que a multidão é composta de indivíduos que reagem a eventos ao seu redor. São exemplos, o Modelo de Força Magnética - representa o movimento de cada indivíduo como se fosse um objeto magnetizado num campo magnético; o NOMAD (Teoria do Comportamento Pedestre Normativo) – consiste num modelo de força social.

Inteligentes e híbridos - Os comportamentos são definidos através de tipos padrão existentes ou pela criação de novos. Permite que cada agente individual responda de maneira diferente ao ambiente e tome decisões razoáveis, no entanto alguns tipos de comportamento poderão ser perdidos. Os modelos híbridos são desenvolvidos de forma a explorar as vantagens dos existentes. Foi explorada uma nova abordagem que identifica os estímulos visuais que os humanos extraem do seu fluxo ótico para controlar a sua locomoção e evitar obstáculos, permitindo a eficiência geral do tráfego dos indivíduos evitando situações de bloqueio improváveis (He et al., 2013).

## 5. Gestão da emergência

Embora ninguém possa prever a ocorrência de uma emergência, a preparação para a possibilidade desse evento é necessária (Skryabina et al., 2017; Turoff et al., 2013). O momento imediato após um desastre é quase sempre caótico (Mojtahedi & Oo, 2017) e gerido com os recursos existentes (Suner, 2015), pelo que a gestão da emergência assume um papel fulcral ao reduzir a vulnerabilidade aos riscos que se enfrentam (FEMA, 2007).

A gestão da emergência permite mitigar, preparar, responder e recuperar de desastres causados por todos os perigos, sejam naturais, tecnológicos ou humanos. De acordo com a FEMA (2007) e Mohammed (2018), deverão ser consideradas quatro componentes relacionadas entre si: perigos, fases, resposta e recuperação:

Perigos (considerados como parte de uma avaliação de riscos onde são priorizados com base no impacto e na probabilidade de ocorrência – tratar todos os riscos da mesma forma, em termos de alocação de recursos poderá levar ao fracasso).

Fases (mitigação – aplicação de medidas) Isso evitará o início de um desastre ou reduzirá os impactos caso ocorra; preparação – desenvolvimento de planos e recursos para uma resposta eficaz, preparando a comunidade.

Resposta – reação imediata a um desastre, emprego de recursos e procedimentos de emergência orientados por planos para preservar a vida, a propriedade, o meio e a estrutura social, económica e política da comunidade.

Recuperação – atividades que continuam após a emergência para restaurar situações críticas da comunidade e iniciar a reconstrução, quando aplicável, e permite restaurar alguma aparência de normalidade), impactos (deverão ser considerados a nível das infraestruturas, recursos humanos e economia) e partes interessadas (relacionado com o princípio de gestão de emergência de coordenação e colaboração).

O comportamento psicomotor dos indivíduos é responsável e interfere em todo o processo (Zarboutis & Marmaras, 2005), em diversas circunstâncias, o controle do indivíduo sobre o movimento torna-se impossível e ondas de choque podem-se propagar através da multidão e causar problemas incontrolláveis (Wang et al., 2013; Shiwakoti et al., 2014). Identificar onde pode ocorrer um desastre pode ser crucial no planeamento (Gutierrez-Milla et al., 2015), reconhecer as saídas problemáticas ou simplesmente analisar como comunicar (Fujihara & Miwa, 2014) e evacuar uma grande multidão de maneira eficiente é uma tarefa crítica (Dong et al., 2014; Khalid & Yusof, 2015) que requer conhecimento da sociologia humana, (Nitzsche, 2013).

Além das medidas estruturais (por exemplo, o número de saídas) que preveem a eficiência da evacuação, medidas organizacionais (por exemplo, planos de evacuação) e também as medidas relacionadas com o próprio indivíduo são meios potencialmente eficazes para aumentar essa eficiência (Ferscha & Zia, 2009). Se as barreiras são consideradas um obstáculo durante o processo de evacuação, analisando de outra perspectiva, estas estruturas temporárias, são uma das formas de controlar o comportamento das pessoas (separação de grupos, marcação de limites, etc.). Se forem desenvolvidos projetos que possibilitem através de soluções arquitetónicas a evacuação, existe a possibilidade de mudar o padrão de movimento coletivo de uma forma que aumenta a segurança da multidão. Dessa forma, estamos realmente criando as soluções de design que condicionam a própria multidão. Assim, a solução para evitar desastres de multidões pode estar no meio da multidão (Shiwakoti et al., 2014), sendo amplamente aceite que obstáculos conjugados com soluções permanentes ao nível do projeto arquitetónico podem aumentar a segurança da multidão em eventos de grande dimensão (Severiukhina et al., 2017).

Se o foco deste artigo se centra na evacuação de multidões em segurança, não podemos deixar de apresentar resumidamente as medidas de gestão de emergência definidas pelos diversos autores, pois a gestão de uma reunião de massas só pode ser bem-sucedida através de um conjunto integrado de ações proativas, e não reativas:

» Os projetistas devem assumir que os ocupantes do local de reunião têm comportamentos sistemáticos de saída que podem levar ao uso ineficaz de saídas de emergência. Ao considerar a familiaridade com a saída e a influência social, os projetistas podem desenvolver estratégias para facilitar a evacuação eficiente (Kinatader et al., 2018);

- » Fornecer informações claras ao público, de uma fonte confiável sobre uma ameaça, longe de dificultar a evacuação eficiente, melhora os tempos de evacuação (Cocking et al., 2009);
- » Durante a evacuação, não se deve ir contra o fluxo de pessoas. O indivíduo deverá mover-se lateralmente ou diagonalmente em espaços abertos ao invés de empurrar (Sentinel blog, 2017);
- » Gestão do tempo, o tempo é crítico para salvar vidas, e há pressão de tempo para a tomada de decisão e ação. Por vezes é necessário olhar para uma solução rápida e viável, em vez de uma solução ótima e sofisticada, porque o tempo é crítico para uma resposta rápida de emergência. Por outro lado, precisamos acelerar o processo de tomada de decisão, a fim de reduzir o atraso desnecessário (Jiang & Yuan, 2012);
- » Elaborar um plano, onde sejam identificadas as seguintes atividades: desenvolvimento de resiliência (capacidade de resistir, absorver, acomodar e recuperar-se dos efeitos de um perigo de maneira oportuna e eficiente), orientação de conduta para os colaboradores, inventário de riscos, desenvolvimento de banco de dados de informações sobre todos os perigos, construção e aprimoramento dos mapas de riscos de desastres, inventário de meios, desenvolvimento e estabelecimento de um sistema de alerta precoce para áreas propensas a perigo; e estabelecimento de comunicação com colaboradores, bem como coordenação, protocolos com meios externos de socorro (Mohammed, 2018), (Samsuddin et al., 2018);
- » A comunicação é uma das ferramentas fundamentais na gestão de emergências e desastres (Simon, Goldberg, & Adini, 2015). Para garantir uma resposta precoce a qualquer situação de emergência, é essencial um sistema de monitorização contínuo e sofisticado como por exemplo um sistema de alerta precoce (Gayathri et al., 2017);
- » Exercícios de emergência estão entre as soluções mais eficazes na avaliação da capacidade de resposta de evacuação (He et al., 2013; Ma et al., 2014). Permitem consciencializar e aumentar o conhecimento das atividades a realizar – preparação e resposta a desastres, operações de busca, resgate e recuperação, assim como identificar as necessidades de compra de equipamentos, materiais e veículos de resposta a emergência (Mohammed, 2018).

A gestão de perdas pós-desastre também visa melhorar a resposta e alargar a gama de apoio disponível para as vítimas, através da preparação para emergências. Isso, é possível através da estimativa das necessidades pós-desastre e do desenvolvimento de programas para impulsionar o alívio (busca e salvamento), resposta, aviso e evacuação de pessoas ameaçadas pelo perigo enquanto fornece assistência de emergência designada para ajudar a reduzir o impacto das perdas (Abulnour, 2014).

## 6. Conclusão

Este artigo resume vários estudos, que foram feitos sobre a dinâmica de multidões enfatizando as reuniões de massa. Apesar de hoje em dia se verificar um grande número de forças de segurança e medidas de controle de multidões, continuam a ser perdidas centenas de vidas em desastres com multidões a cada ano.

Resultados da observação e análise a emergências, mostram que os evacuados podem ser cooperativos uns com os outros quando confrontados com uma emergência. Durante uma evacuação, níveis de desejo de fuga elevados, promovem a cooperação, enquanto situações normais inibem esse tipo de comportamento. As pessoas serão mais

propensas a ajudar os outros do que a assumirem comportamentos agressivos, como por exemplo empurrar. Relatos de sobreviventes referem que o perigo de morte compartilhado, os uniu a estranhos que se encontravam à sua volta.

Um dos dilemas para muitos autores e, ao mesmo tempo, mais desafiadores é o pânico, que é, para muitos considerado uma preocupação séria e para outros completamente desmistificado, quando referem que a cooperação e interajuda se sobrepõem ao pânico. As condições do meio, nomeadamente o surgimento de obstáculos e estrangulamentos (gargalos) mostraram que têm influência substancial na dinâmica da multidão e centenas de vidas poderão ser perdidas em emergências. Estas semelhanças encontradas em todos os desastres deverão ser a base para a maioria dos planos de emergência, pois permitem definir ações específicas que possibilitam a prevenção e mitigação.

Ao longo das últimas décadas, a simulação do movimento de pedestres foi analisada por diversos investigadores. Muitos modelos de comportamento de pedestres foram propostos para descobrir leis subjacentes à dinâmica de multidões, entre eles, as abordagens baseadas na física são atualmente muito comuns. Exemplos bem conhecidos são os modelos fluido-dinâmicos e de força social inspirados na mecânica newtoniana. No entanto, é difícil capturar a gama completa de comportamentos de multidões num único modelo.

Existem, pois, muitos fatores que precisam ser abordados pelos modelos atuais para simular o comportamento realista dos pedestres em condições de emergência. A incorporação de indivíduos com características microscópicas como idade, sexo, variação na velocidade da caminhada, fatores ambientais é uma prioridade para que previsões realistas sejam realizadas. Verificou-se que a maioria dos autores refere que a componente psicológica do indivíduo durante uma emergência são inadequadamente tratadas pelos modelos existentes. O comportamento psicológico humano varia do nível mais baixo (indivíduos) ao nível mais alto (comportamento de grupo) e precisa ser incluído nos modelos existentes para aumentar o realismo.

A simulação computacional tem um papel preponderante e está a tornar-se uma ferramenta padrão para planeamento e avaliação de sistemas evacuação. Pela análise dos diferentes modelos apresentados, na literatura, verificamos que são estruturalmente diferentes, e poucos foram rigorosamente testados com elementos reais, especialmente em emergência. A grande vantagem dos modelos é a antevisão de diversos cenários, sem colocar em risco os indivíduos, no entanto conforme referido reproduzir emoções, comportamentos experiências e conhecimentos é muito difícil.

Ao longo da pesquisa, diversos autores apresentam casos de estudo baseados em reuniões de carácter social, recreativo, desportivo e político, mas poucos estudam o processo de evacuação de multidões em espaços religiosos, pelo que consideramos uma lacuna. Pretendemos dar continuidade a esta investigação através de um estudo de caso referente a um evento de carácter religioso ao ar livre, reconhecendo os fenómenos da evacuação, as saídas problemáticas, gargalos e a importância da colocação de barreiras como forma de diminuir a densidade da multidão para estes locais, melhorando o processo de evacuação.

## Referências

- Abulnour, A. H. (2014). Towards efficient disaster management in Egypt. *Housing and Building National Research Center*, 10, 117–126. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2013.07.004>
- Ahmed, Q. A., & Memish, Z. A. (2018). From the “Madding Crowd” to mass gatherings-religion, sport, culture and public health. *Travel Medicine and Infectious Disease*. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2018.06.001>
- Ahn, C., Kim, J., & Lee, S. (2016). An Analysis of Evacuation under Fire Situation in Complex Shopping Center Using Evacuation Simulation Modeling. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 218, 24–34. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.04.007>
- Alghazzawi, M. J., Tashakor, G., Borges, F., & Suppi, R. (2017). Crowd Evacuation Modeling and Simulation Using Care HPS. *Procedia Computer Science*, 108, 2453–2457. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.05.029>
- Augustijn-Beckers, E. W., Flacke, J., & Retsios, B. (2010). Investigating the effect of different pre-evacuation behavior and exit choice strategies using agent-based modeling. Em *Procedia Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2010.07.003>
- Bode, N. W. F., & Codling, E. A. (2013). Human exit route choice in virtual crowd evacuations. *Animal Behaviour*, 86(2), 347–358. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2013.05.025>
- Bode, N. W. F., Holl, S., Mehner, W., & Seyfried, A. (2015). Disentangling the impact of social groups on response times and movement dynamics in evacuations. *PLoS ONE*, 10(3), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121227>
- Bode, N. W. F., Kemloh Wagoum, A. U., & Codling, E. A. (2015). Information use by humans during dynamic route choice in virtual crowd evacuations. *Royal Society Open Science*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.1098/rsos.140410>
- Cao, S., Song, W., & Lv, W. (2016). Modeling pedestrian evacuation with guiders based on a multi-grid model. *Physics Letters A*, 380(4), 540–547. <https://doi.org/10.1016/j.physleta.2015.11.028>
- Cheng, Y., & Zheng, X. (2018). Emergence of cooperation during an emergency evacuation. *Applied Mathematics and Computation*, 320, 485–494. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2017.10.011>
- Cheng, Y., & Zheng, X. (2019). Effect of uncertainty on cooperative behaviors during an emergency evacuation. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 66, 216–225. <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2018.06.022>
- Cocking, C., Drury, J., & Reicher, S. (2009). The psychology of crowd behaviour in emergency evacuations: Results from two interview studies and implications for the Fire and Rescue Services. *Irish Journal of Psychology*. <https://doi.org/10.1080/03033910.2009.10446298>
- Dong, H., Gao, X., Gao, T., Sun, X., & Wang, Q. (2014). *Crowd evacuation optimization by leader-follower model*. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)* (Vol. 19). IFAC. <https://doi.org/10.3182/20140824-6-ZA-1003.01879>
- Dong, Y. H., Liu, F., Liu, Y. M., Jiang, X. R., & Zhao, Z. X. (2017). Emergency preparedness for mass gatherings: Lessons of “12.31” stampede in Shanghai Bund. *Chinese Journal of Traumatology - English Edition*, 20, 240–242. <https://doi.org/10.1016/j.cjtee.2016.08.005>
- Drury, J., Cocking, C., & Reicher, S. (2009). Everyone for themselves? A comparative study of crowd solidarity among emergency survivors. *British Journal of Social Psychology*, 48(3), 487–506. <https://doi.org/10.1348/014466608X357893>
- Drury, J., Novelli, D., & Stott, C. (2013). Representing crowd behaviour in emergency planning guidance: ‘mass panic’ or collective resilience? *Resilience*, 1(1), 18–37. <https://doi.org/10.1080/21693293.2013.765740>
- Fachri, M., & Juniastuti, S. (2017). Crowd Evacuation using Multi-Agent System with Leader-Following Behaviour. Em *4th International Conference on New Media Studies* (pp. 92–97). Yogyakarta, Indonesia. Obtido de

- [https://www.researchgate.net/publication/322649272\\_Crowd\\_evacuation\\_using\\_multi-agent\\_system\\_with\\_leader-following\\_behaviour](https://www.researchgate.net/publication/322649272_Crowd_evacuation_using_multi-agent_system_with_leader-following_behaviour)
- Feliciani, C., & Nishinari, K. (2018). Measurement of congestion and intrinsic risk in pedestrian crowds. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 91, 124–155. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2018.03.027>
- FEMA, A. F. E. M. (2007). Principles of Emergency Management Supplement. *Management*. [https://doi.org/10.1007/SpringerReference\\_318527](https://doi.org/10.1007/SpringerReference_318527)
- Ferscha, A., & Zia, K. (2009). LifeBelt: Silent directional guidance for crowd evacuation. Em *Proceedings - International Symposium on Wearable Computers, ISWC* (pp. 19–26). <https://doi.org/10.1109/ISWC.2009.37>
- Fujihara, A., & Miwa, H. (2014). Disaster evacuation guidance using opportunistic communication: The potential for opportunity-based service. *Studies in Computational Intelligence*. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-05029-4\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-319-05029-4_18)
- Gaire, N., Song, Z., Christensen, K. M., Sharifi, M. S., & Chen, A. (2018). Exit Choice Behavior of Pedestrians Involving Individuals with Disabilities During Building Evacuations. *Transportation Research Record*. <https://doi.org/10.1177/0361198118756875>
- Gayathri, H., Aparna, P. M., & Verma, A. (2017). A review of studies on understanding crowd dynamics in the context of crowd safety in mass religious gatherings. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 25, 82–91. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.07.017>
- Gutierrez-Milla, A., Borges, F., Suppi, R., & Luque, E. (2014). Individual-oriented model crowd evacuations distributed simulation. Em *Procedia Computer Science*, 29 (pp. 1600–1609). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.05.145>
- Gutierrez-Milla, A., Borges, F., Suppi, R., & Luque, E. (2015). Crowd evacuations SaaS: An ABM approach. *Procedia Computer Science*, 51(1), 473–482. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.05.271>
- Haghani, M., & Sarvi, M. (2017). Following the crowd or avoiding it? Empirical investigation of imitative behaviour in emergency escape of human crowds. *Animal Behaviour*, 124, 47–56. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2016.11.024>
- He, G., Yang, Y., Chen, Z., Gu, C., & Pan, Z. (2013). A review of behavior mechanisms and crowd evacuation animation in emergency exercises. *Journal of Zhejiang University SCIENCE C*, 14(7), 477–485. <https://doi.org/10.1631/jzus.CIDE1301>
- Helbing, D., Buzna, L., Johansson, A., & Werner, T. (2005). Self-Organized Pedestrian Crowd Dynamics: Experiments, Simulations, and Design Solutions. *Transportation Science*, 39(1), 1–146. Obtido de <https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/trsc.1040.0108>
- Hopkins, N., & Reicher, S. (2016). Adding a psychological dimension to mass gatherings medicine. *International Journal of Infectious Diseases*, 47, 112–116. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2015.12.017>
- Jiang, Y., & Yuan, Y. (2012). Logistics for large-scale disaster response: Achievements and challenges. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 779(16), 1–23. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2012.418>
- Karthika, P. S., Aparna, P. M., & Verma, A. (2018). Understanding crowd dynamics at ghat regions during world's largest mass religious gathering, Kumbh Mela. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 31, 918–925. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.08.005>
- Kasereka, S., Kasoro, N., Kyamakya, K., DOUNGMO GOUFO, E. F., CHOKKI, A. P., & YENGO, M. V. (2018). Agent-Based Modelling and Simulation for evacuation of people from a building in case of fire. *Procedia Computer Science*, 130, 10–17. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.006>
- Keating, J. (1982). The myth of panic. *Fire Journal*, 147, 56–61.
- Kesler, R. M., Klieger, A. E., Boes, M. K., Hsiao-Wecksler, E. T., Klaren, R. E., Learmonth, Y., ... Horn, G. P. (2017). Egress Efficacy of Persons with Multiple Sclerosis During Simulated Evacuations. *Fire Technology*, 53(6), 2007–2021. <https://doi.org/10.1007/s10694-017-0668-9>

- Khalid, M. N. A., & Yusof, U. K. (2015). Immune-based approach for optimizing emergency route planning problem: Application to case studies. *ICIC Express Letters*, 9(12), 3291–3298.
- Kinateder, M., Comunale, B., & Warren, W. H. (2018). Exit choice in an emergency evacuation scenario is influenced by exit familiarity and neighbor behavior. *Safety Science*, 106 (2018), 170–175. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.03.015>
- Kuligowski, E. D., Peacock, R. D., & Hoskins, B. L. (2010). *A Review of Building Evacuation Models*, 2nd Edition. Technical Note 1680.
- Kurdi, H. A., Al-Megren, S., Althunyan, R., & Almulifi, A. (2018). Effect of exit placement on evacuation plans. *European Journal of Operational Research*, 269(2), 749–759. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.01.050>
- Li, S., Zhuang, J., & Shen, S. (2017). A three-stage evacuation decision-making and behavior model for the onset of an attack. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 79, 119–135. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2017.03.008>
- Liao, W., Zhang, J., Zheng, X., & Zhao, Y. (2017). A generalized validation procedure for pedestrian models. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 77(September), 20–31. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2017.05.002>
- Lovreglio, R., Fonzone, A., & dell'Olio, L. (2016). A mixed logit model for predicting exit choice during building evacuations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 92, 59–75. <https://doi.org/10.1016/J.TRA.2016.06.018>
- Lovreglio, R., Kuligowski, E., Gwynne, S. M. V, Canada, C., & Boyce, K. E. (2019). A Pre-Evacuation Database for Use in Egress Simulations A Pre-Evacuation Database for Use in Egress Simulations. *Fire Safety Journal*, 105(January), 107–128. <https://doi.org/10.1016/J.FIRESAF.2018.12.009>
- Ma, J., Xu, S. M., Li, T., Mu, H. L., Wen, C., Song, W. G., & Lo, S. M. (2014). Method of bottleneck identification and evaluation during crowd evacuation process. Em *Procedia Engineering* 71 (pp. 454 – 461). <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.04.065>
- Ma, Y., Lee, E. W. M., & Shi, M. (2017). Dual effects of guide-based guidance on pedestrian evacuation. *Physics Letters, Section A: General, Atomic and Solid State Physics*, 381(22), 1837–1844. <https://doi.org/10.1016/j.physleta.2017.03.050>
- Martínez-Rojas, Ferreira, P., Carmen, M., Arquillos, L., & Carlos, J. (2018). A Preliminary Quantitative Analysis on user ' perception of the use of Social networks in Emergency situations. Em *International Symposium on Occupational Safety and Hygiene 2018*.
- Mawson, A. R. (2005). Understanding Mass Panic and Other Collective Responses to Threat and Disaster. *Psychiatry: Interpersonal and Biological Processes*, 68, 95–113. <https://doi.org/10.1521/psyc.2005.68.2.95>
- Mohammed, M. P. (2018). Disaster Risk Reduction and Management of Tarlac City. *Procedia Engineering*, 212, 77–84. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2018.01.011>
- Mohd Ibrahim, A., Venkat, I., & Wilde, P. De. (2017). Uncertainty in a spatial evacuation model. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 479, 485–497. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2017.03.024>
- Mojtahedi, M., & Oo, B. L. (2017). Critical attributes for proactive engagement of stakeholders in disaster risk management. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 21, 35–43. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.10.017>
- Nitzsche, C. (2013). *Cellular automata modeling for pedestrian dynamics*. Universitat Greifswald. Obtido de <https://pdfs.semanticscholar.org/3664/2a5fbd87a9503aa0930b67ac7426870ee70f.pdf>
- Padovani, D., Neto, J. J., & Massa Cereda, P. R. (2018). Modeling Pedestrian Dynamics with Adaptive Cellular Automata. Em *Procedia Computer Science* 130 (pp. 1120–1127). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.04.165>
- Pakjouei, S., Aryankhesal, A., Kamali, M., & Seyedin, H. (2018). Experience of people with physical disability: Mobility needs during earthquakes. *Journal of Education and Health Promotion*, 7.

- Quarantelli, E. L. (1954). The Nature and Conditions of Panic. *American Journal of Sociology*, 60(3), 267–275. <https://doi.org/10.1086/221536>
- Rahouti, A., Lovreglio, R., Jackson, P., & Datoussaid, S. (2018). Evacuation Data from a Hospital Outpatient Drill : The Case Study of the North Evacuation Data from a Hospital Outpatient Drill The Case Study of North Shore Hospital. Em *Proceedings of the 9th International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics (PED2018)* (p. nd). Lund, Sweden. Obtido de [https://www.researchgate.net/publication/326345094\\_Evacuation\\_Data\\_from\\_a\\_Hospital\\_Outpatient\\_Drill\\_The\\_Case\\_Study\\_of\\_the\\_North\\_Shore\\_Hospital](https://www.researchgate.net/publication/326345094_Evacuation_Data_from_a_Hospital_Outpatient_Drill_The_Case_Study_of_the_North_Shore_Hospital)
- Ronchi, E., Uriz, F. N., Criel, X., & Reilly, P. (2016). Modelling large-scale evacuation of music festivals. *Case Studies in Fire Safety*, 5, 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.csfs.2015.12.002>
- Ronchi, Enrico, & Kinsey, M. (2011). Evacuation Models of the Future: Insights from an Online Survey of User's Experiences and Needs. Em *Proceedings of the Advanced Research Workshop: «Evacuation and Human Behaviour in Emergency Situations»* (pp. 145–155). Obtido de <https://lucris.lub.lu.se/ws/files/5642023/4173224.pdf>
- Samsuddin, N. M., Takim, R., Nawawi, A. H., & Syed Alwee, S. N. A. (2018). Disaster Preparedness Attributes and Hospital's Resilience in Malaysia. Em *Procedia Engineering* (pp. 371–378). <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2018.01.048>
- Sentinel blog. (2017). Crowd Management: How Physics, more than Psychology, Influences Crowd Behaviour. Obtido 4 de Fevereiro de 2019, de <https://sentinelcrisismanagement.blog/2017/12/19/crowd-management-how-physics-more-than-psychology-influences-crowd-behaviour/>
- Severiukhina, O., Voloshin, D., Lees, M. H., & Karbovskii, V. (2017). The study of the influence of obstacles on crowd dynamics. Em *Procedia Computer Science* (Vol. 108, pp. 215–224). <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.05.162>
- Shi, X., Ye, Z., Shiwakoti, N., Tang, D., Wang, C., & Wang, W. (2016). Empirical investigation on safety constraints of merging pedestrian crowd through macroscopic and microscopic analysis. *Accident Analysis and Prevention*, 95(October 2015), 405–416. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.10.009>
- Shiwakoti, N., Sarvi, M., Dias, C., Xiaomeng, S., Zhirui, Y., Nirajan, S., ... Burd, M. (2014). Understanding Crowd Panic at Turning and Intersection Through Model Organisms. Em *Fire and Materials* (Vol. 36, pp. 1120–1135). <https://doi.org/10.1002/fam.1091>
- Shiwakoti, N., Sarvi, M., & Rose, G. (2008). Modelling pedestrian behaviour under emergency conditions—state-of-the-art and future directions. Em *31st Australasian Transport Research Forum (ATRF)* (pp. 457–473).
- Shiwakoti, N., Sarvi, M., Rose, G., & Burd, M. (2011). Animal dynamics based approach for modeling pedestrian crowd egress under panic conditions Transportation Research Part B Animal dynamics based approach for modeling pedestrian crowd egress under panic conditions. *Transportation Research Part B*, 45(9), 1433–1449. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2011.05.016>
- Shiwakoti, N., Tay, R., Stasinopoulos, P., & Woolley, P. J. (2016). Exploring passengers' behaviour in an underground train station under emergency condition. Em *38th Australasian Transport Research Forum* (pp. 1–11).
- Shiwakoti, N., Tay, R., Stasinopoulos, P., & Woolley, P. J. (2017). Likely behaviours of passengers under emergency evacuation in train station. *Safety Science*, 91, 40–48. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.07.017>
- Sieben, A., Schumann, J., & Seyfried, A. (2017). Collective phenomena in crowds-Where pedestrian dynamics need social psychology. *PLoS ONE*, 12(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177328>
- Simon, T., Goldberg, A., & Adini, B. (2015). Socializing in emergencies - A review of the use of social media in emergency situations. *International Journal of Information Management*, 35, 609–619. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2015.07.001>
- Skryabina, E., Reedy, G., Amlôt, R., Jaye, P., & Riley, P. (2017). What is the value of health



- emergency preparedness exercises? A scoping review study. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 21, 274–283. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.12.010>
- Soomaroo, L., & Murray, V. (2012). Disasters at Mass Gatherings: Lessons from History. *PLoS Currents*, 31, 1–10. <https://doi.org/10.1371/currents.RRN1301>
- Souza, J. C., & Brombilla, D. de C. (2014). Humanitarian Logistics Principles for Emergency Evacuation of Places with Many People. Em *Procedia - Social and Behavioral Sciences* (Vol. 162, pp. 24–33). <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.182>
- Suner, S. (2015). Assessing and Planning Health Actions During a Crisis. *Turkish Journal of Emergency Medicine*, 15, 8–10. <https://doi.org/10.5505/1304.7361.2015.59365>
- Townsend, P. S. (2014). Crowd modelling for quasi-real-time feedback during evacuation in a situational awareness system. *Transportation Research Procedia*, 2, 550–558. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.09.095>
- Turoff, M., Hiltz, S. R., Bañuls, V. A., & Van Den Eede, G. (2013). Multiple perspectives on planning for emergencies: An introduction to the special issue on planning and foresight for emergency preparedness and management. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(9), 1647–1656. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2013.07.014>
- van der Wal, C. N., Formolo, D., Robinson, M. A., Minkov, M., & Bosse, T. (2017). Simulating crowd evacuation with socio-cultural, cognitive, and emotional elements. Em *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* (Vol. 10480 LNCS, pp. 139–177). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-70647-4\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-70647-4_11)
- Viswanathan, V., Lee, C. E., Lees, M. H., Cheong, S. A., & Sloat, P. M. A. (2014). Quantitative comparison between crowd models for evacuation planning and evaluation. *European Physical Journal B*, 2–11. <https://doi.org/10.1140/epjb/e2014-40699-x>
- Wagner, N., & Agrawal, V. (2014). An agent-based simulation system for concert venue crowd evacuation modeling in the presence of a fire disaster. *Expert Systems with Applications*, 41(6), 2807–2815. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.10.013>
- Wang, J. H., & Sun, J. H. (2014). Principal aspects regarding to the emergency evacuation of large-scale crowds: A brief review of literatures until 2010. Em *Procedia Engineering* 71 (pp. 1–6). <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.04.001>
- Wang, J., Lo, S., Wang, Q., Sun, J., & Mu, H. M. (2013). Risk of Large-Scale Evacuation Based on the Effectiveness of Rescue Strategies Under Different Crowd Densities. *Risk Analysis* 8, 33, 1553–1563. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2012.01923.x>
- Wang, P., & Cao, S. (2019). Simulation of pedestrian evacuation strategies under limited visibility. *Physics Letters A*, 383(9), 825–832.
- Warren, W. H. (2018). Collective Motion in Human Crowds. *Current Directions in Psychological Science*, 27(4), 232–240. <https://doi.org/10.1177/0963721417746743>
- Zarboutis, N., & Marmaras, N. (2005). Investigating crowd behaviour during emergency evacuations using agent-based modelling. *Proceedings of EAM*, 1–7.
- Zeitz, K. M., Tan, H. M., Grief, M., Couns, P. C., & Zeitz, C. J. (2009). Crowd behavior at mass gatherings: A literature review. *Prehospital and Disaster Medicine*, 24(1), 32–38. <https://doi.org/10.1017/S1049023X00006518>
- Zheng, X., Zhong, T., & Liu, M. (2009). Modeling crowd evacuation of a building based on seven methodological approaches. *Building and Environment*, 44, 437–445. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.04.002>
- Zhu, K. J., & Shi, Q. (2016). Experimental Study on Choice Behavior of Pedestrians during Building Evacuation. Em *Procedia Engineering* 135 (pp. 217–216). <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.110>