

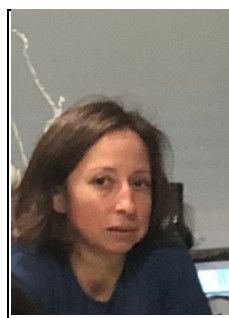
EVACUAÇÃO EM CASO DE INCÊNDIO DE EDIFICAÇÕES ESCOLARES



Flavia Nascimento¹
Investigadora
UC - Coimbra



João Paulo C. Rodrigues
Professor
UC - Coimbra



Cristina Calmeiro dos Santos
Professora
IPCB – Castelo Branco

SUMÁRIO

A variedade de possíveis condições e características do ambiente pode resultar em padrões comportamentais diversos dos indivíduos numa situação em que ocorra a necessidade da evacuação da edificação. Uma evacuação segura e rápida, em qualquer situação, depende de um conjunto de fatores e variáveis que podem ser organizadas em categorias ligadas às características físicas e geométricas dos edifícios, a ações que ocorrem dentro do ambiente, aos fatores ambientais dentro da estrutura e pôr fim ao comportamento dos ocupantes. O tempo de evacuação está relacionado com esse conjunto de fatores que também são influenciados pelo próprio incêndio. Quando se trata de crianças e jovens em idade escolar, o comportamento difere se comparado aos adultos. As crianças variam em habilidades físicas e cognitivas e fatores como compreensão, capacidade de locomoção e maturidade são muito relevantes em uma necessidade de evacuação. Isso torna as crianças um grupo vulnerável perante a situação de incêndio. Existem modelos computacionais, já bem desenvolvidos, que simulam a evacuação em edificações. Este artigo tem como objetivo abordar as categorias de variáveis que influenciam na evacuação, apresentar estudos de casos de evacuação envolvendo crianças em edificações escolares e descrever alguns dos modelos computacionais que permitem simular a evacuação.

PALAVRAS-CHAVE: Evacuação; Escolas; Modelos computacionais; Incêndio; Crianças

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos 30 anos foram realizados estudos expressivos para se obter a compreensão do envolvimento e interação de pessoas com o incêndio. A literatura existente sugere que a idade é um fator crítico que afeta a dinâmica de evacuação, podendo dizer-se que a capacidade cognitiva das crianças, especialmente nas faixas etárias mais baixas, não equivale ao funcionamento cognitivo de um adulto, levando para a possibilidade de tomada de decisão imprevisível [1].

Durante a evacuação de um edifício, no caso de um acidente de incêndio, os ocupantes demonstram tempos de resposta variáveis (RTs) a partir do momento em que recebem um aviso e o momento em que decidem evacuar para um ponto de encontro. Vários fatores podem influenciar o tempo de resposta, nomeadamente a familiaridade dos ocupantes com o ambiente em que se encontram, conhecimento das rotas de evacuação, habilidades para operar instalações e aparelhos de proteção contra incêndio, densidade de pessoal no espaço e o estado físico e comportamento psicológico dos ocupantes.

Como os indivíduos variam conforme a idade em habilidades físicas e cognitivas, é apropriado que as crianças sejam consideradas um grupo vulnerável na sociedade com relação ao incêndio. Sendo assim o estudo e a modelagem da evacuação de emergência voltada para edificações escolares, onde

¹Flavia do Nascimento Vieira – Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Civil, Pólo II - Rua Luís Reis Santos 3030-788 Coimbra, Portugal.

se encontram indivíduos com perfis de idades diferentes, torna-se de elevada importância para a tomada de decisão e ações para a evacuação.

2. VARIÁVEIS QUE INFLUÊNCIAM NA EVACUAÇÃO DA EDIFICAÇÃO

O tempo de evacuação é calculado a partir do momento de detecção até que o último ocupante evacuado atinja um local seguro e a sua determinação se dá pela conjugação do tipo de pessoas, com suas características físicas e psicológicas, e pelo tipo de ambiente. O tempo de evacuação de um edifício é fortemente influenciado pelo comportamento individual e coletivo dos ocupantes. O cálculo do tempo de evacuação é, também, função da capacidade de escoamento de uma saída/corredor considerando a sua largura e a velocidade de deslocamento de um número de pessoas.

O cálculo do tempo de evacuação em edifícios é o somatório de movimentos distintos até ao local seguro, são eles: movimento em percursos horizontais, como compartimentos e corredores, movimento descendente em rampas, movimento em vias verticais (escadas) e movimento em pontos de transição (passagem de portas e pontos de convergência e divergência de fluxos), onde o movimento em vias verticais e o movimento em pontos de transição são os que mais influenciam o tempo de evacuação [2].

Como foi apresentado, existem fatores e variáveis que influenciam o tempo de evacuação dos ocupantes de um edifício e [3] trata o assunto organizando essas variáveis em categorias para serem estudadas e aplicadas em uma simulação computacional de evacuação de ambiente. Essas categorias são: a configuração do edifício / recinto, procedimentos dentro do recinto, fatores ambientais dentro da estrutura e comportamento dos ocupantes.

2.1 Configuração do edifício

Entende-se como configuração do edifício o que é na maioria dos casos coberto pelos códigos e normas, nomeadamente os layouts de edifícios, número de saídas, larguras de saída, distâncias de percurso etc. Através da configuração do edifício estuda-se a maneira como os ocupantes se movimentam ao longo dos seus diferentes componentes, tanto no movimento horizontal como no movimento vertical e as saídas para o exterior, as escadas e os elementos de transição são os componentes dos caminhos que podem condicionar todo o movimento de evacuação.

O movimento ao longo das circulações horizontais, geralmente, não condiciona o processo de evacuação de um edifício, pois é neste percurso que o movimento se processa com maior fluidez [4]. As vias verticais, se não forem convenientemente dimensionadas, podem limitar a capacidade de deslocação dos ocupantes. A evolução do movimento ao longo das vias verticais é, em muitos aspectos, semelhante à que se verifica nas vias horizontais. Quando ocorre um aumento da densidade o fluxo aumenta até atingir um valor máximo, para a partir daí decrescer.

A velocidade do ocupante é afetada pelo número de etapas, o ângulo da escada, a profundidade do piso, a altura do degrau e a presença e localização dos corrimãos. A evacuação através de escada envolve um conjunto complexo de comportamentos, como descanso, verificação do caminho a ser percorrido e comunicação entre os envolvidos na evacuação [5].

A geometria da escada, quando existente, também é relevante para o movimento dos ocupantes. A eficácia da evacuação é afetada por fatores tais como o número e a localização de escadas nos edifícios, a sua geometria, o número de ocupantes por andar, o número de ocupantes descendo de um determinado local, e quaisquer obstáculos que os ocupantes possam encontrar durante a descida. [6] fizeram ensaios em uma escola com alunos do ensino fundamental do quarto ao sexto ano com o objetivo de estudar os parâmetros de movimento das crianças em escadas. Os ensaios foram analisados em quatro cenários diferentes como é descrito a seguir: cenário 1: Alunos de diferentes andares descem as escadas em ordem; cenário 2: Os alunos sobem as escadas em ordem; cenário 3: Estudantes de diferentes andares descem pelas escadas livremente e por fim cenário 4: Os alunos sobem as escadas livremente. Verificou-se, como apresentado na figura 1, que as velocidades médias das crianças no primeiro andar são maiores que as do quarto e terceiro andar no cenário um e três. Os resultados experimentais também demonstraram que as velocidades ascendentes das crianças são mais altas que as velocidades descendentes.

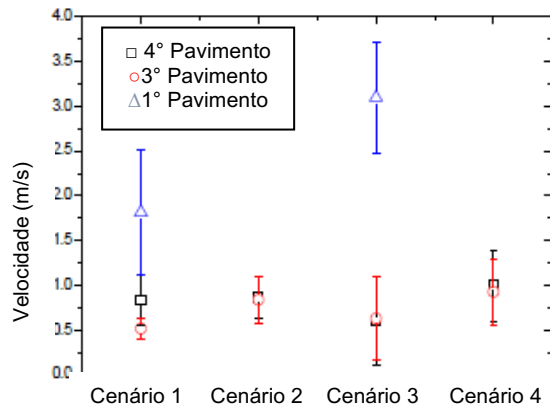


Figura 1: Velocidade média de crianças em diferentes cenários e diferentes patamares de escada.

No decorrer da evacuação, foi percebido um fenômeno típico em que as primeiras crianças se moviam mais rápido e à medida que entravam na escada, a velocidade diminuía devido ao aumento da densidade.

A relação entre densidade e fluxo ou velocidade quantifica a capacidade das instalações para pessoas e a classificação das rotas de evacuação. A Figura. 2 mostra a relação experimental entre densidade e velocidade de movimento infantil em diferentes cenários experimentais. Nos diagramas pode-se constatar que nos quatro cenários as velocidades das crianças diminuem com o aumento da densidade.

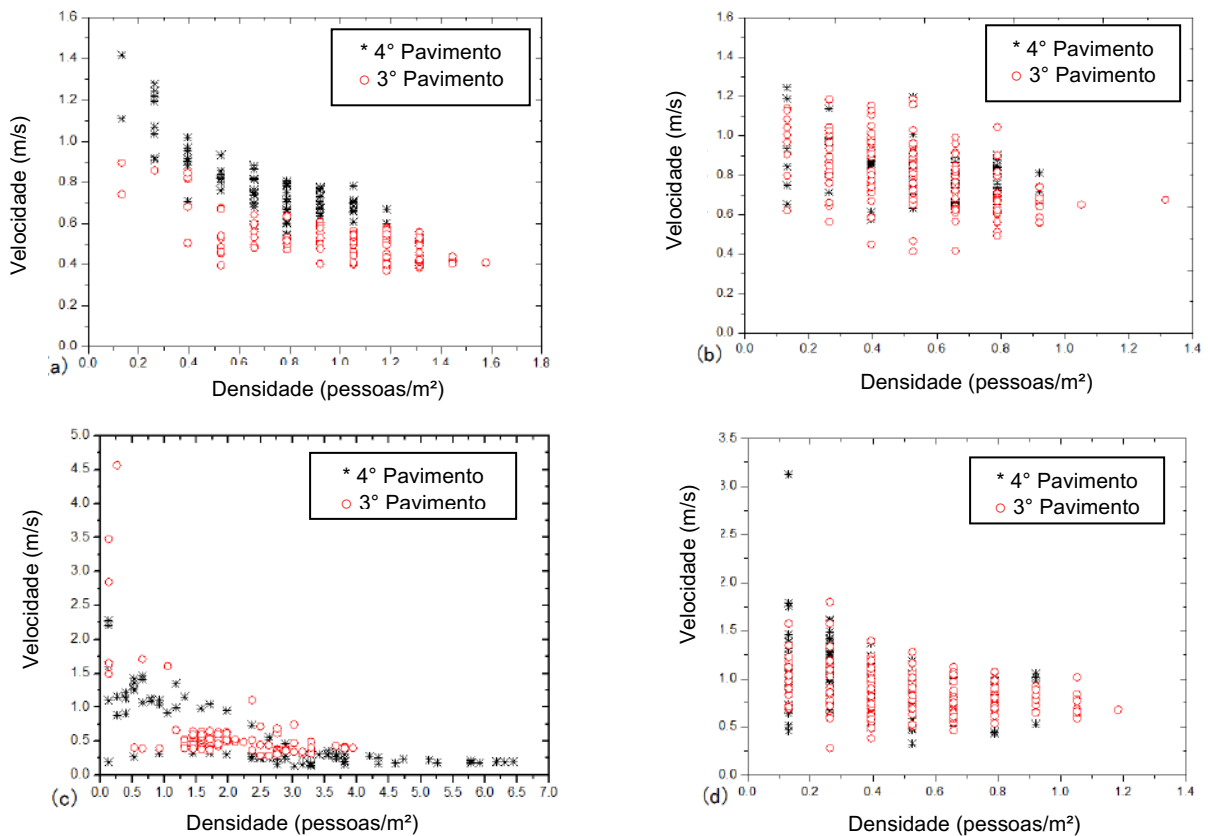


Figura 2: Diagramas fundamentais do movimento de crianças em patamares de escadas para diferentes cenários. (a) Cenário um; (b) Cenário dois; (c) Cenário três; (d) Cenário quatro

Comparando os cenários um e três, verifica-se que a densidade para o cenário três, onde os alunos de vários andares descem livremente pode chegar a 6,40 pessoas/m², mas a densidade para o cenário um, onde os alunos descem as escadas em ordem, pode chegar a 1,58 pessoas/m². Os resultados refletem o facto de que no processo de evacuação, a velocidade desejada da criança é

grande e o congestionamento pode ser facilmente formado nas escadas, principalmente nos patamares onde dois fluxos de crianças se fundem.

2.2 Procedimentos dentro do Recinto

Os procedimentos dentro do recinto podem ser entendidos como o planeamento e estratégias a serem adotadas para a evacuação em determinados casos de emergência.

Em função da utilização do edifício e da sua altura no enquadramento do planeamento de emergência deverão selecionar-se uma ou mais estratégias de evacuação para o edifício, garantindo, sempre as condições de sobrevivência humana. Qualquer estratégia de evacuação de um edifício com mais de um piso deverá, no mínimo, garantir a sequência representada no quadro 1 [7].

Quadro 1: Etapas na evacuação de edifícios.

Etapas na evacuação de edifícios	
1. Saída do compartimento	Os ocupantes deslocam-se horizontalmente para uma das saídas do compartimento em direção a uma via horizontal de evacuação ou outro compartimento adjacente que leve a uma saída de piso
2. Saída do piso	Os ocupantes ao sair dos seus respectivos compartimentos, deslocam-se horizontalmente até uma das saídas do piso (via vertical de evacuação)
3. Saída vertical	Os ocupantes devem selecionar uma via vertical de evacuação, que pode ser uma escada, uma rampa ou até um elevador, e desce até atingir o piso de saída
4. Saída no piso de referência	Os ocupantes que atingem o piso de saída do edifício deslocam-se horizontalmente até o exterior do edifício.
5. Saída para local seguro	Os ocupantes deslocam-se horizontalmente até ao ponto de reunião, em local seguro, afastado do edifício

[7] subdivide as estratégias de evacuação em estratégias tradicionais de evacuação e novas estratégias de evacuação.

2.2.1 Estratégias tradicionais de evacuação

As estratégias tradicionais são aquelas em que a evacuação acontece simultaneamente em todos os compartimentos do edifício ou a evacuação é planeada por etapas (faseada) dos compartimentos do edifício ou de partes dele ("evacuação parcial") ou é feita a proteção no local.

No caso de evacuação simultânea, os estudos de [8], concluíram que os ocupantes mais prejudicados são os do piso de origem do incêndio e dos imediatamente adjacentes, uma vez que havendo ocupação intensa do interior das vias verticais de evacuação por ocupantes dos outros pisos a entrada dos ocupantes dos pisos de maior risco é mais difícil.

A evacuação faseada garante a saída de todos os ocupantes dos pisos ao longo de um período maior, dando prioridade aos ocupantes dos pisos de maior risco (o piso de incêndio e os adjacentes). Os restantes pisos apenas são evacuados caso se verifique essa necessidade. A evacuação parcial é focada na evacuação de áreas próximas do incêndio, entretanto, ela é eficaz quando o sistema de proteção contra o incêndio é capaz de assegurar que áreas distantes da evacuada estejam em segurança.

No entanto, a evacuação total consiste na evacuação de todo o edifício para o ponto de encontro ou para uma zona de refúgio. Visto que, a evacuação total é quase sempre muito difícil devido a fatores como amplitude do edifício e/ou grande número de ocupantes, recorre-se à evacuação em fases. Esta consiste na evacuação, primeiro, dos compartimentos perto de incêndio, o que de certo modo torna-a convergente com a parcial, porque os dois tipos de evacuação acabam por priorizar os compartimentos próximos do incêndio.

A utilização da proteção no local é recomendada quando parte significativa do efetivo do edifício é composto por pessoas de mobilidade condicionada como unidades de saúde, lares e estabelecimentos prisionais e em locais com maior dificuldade de evacuação, precisando em algumas situações, ser complementada pela evacuação parcial.

2.2.2 Novas estratégias de evacuação

Inicialmente, a altura dos edifícios não exigia percorrer longos percursos de evacuação, de tal forma que inicialmente apenas se previa a construção de um conjunto de escadas. A invenção em 1854 do freio de segurança permitiu a utilização segura do elevador em edifícios de grande altura, facilitando a construção, manutenção e exploração de edifícios de grande altura, pela primeira vez em Chicago, em 1885.

No Reino Unido, a BS 5588-8:1999 define que os edifícios deverão ter, pelo menos, um caminho de evacuação para pessoas com deficiência, permitindo, que os elevadores sejam utilizados por essas pessoas para deslocamento para zonas de refúgio, até à chegada dos meios de socorro, exigindo-se, a tais elevadores, condições específicas de estanqueidade e resistência ao fogo. Hong Kong, China e Japão, utilizam metodologias baseadas em métodos britânicos, embora com abordagens mais prescritivas (Ono, 2010)

Na edição de 2009, o Código Internacional de Construção, NFPA 101 e NFPA 5000 recomendam a existência de elevadores de serviço de incêndio em todos os novos edifícios, com altura superior a 37 metros de altura [7]. Este código autoriza ainda a redução da capacidade de saída das vias verticais de evacuação em 50% em edifícios que preveem o uso de elevadores por pelo menos 50% da população dos pisos que os elevadores de emergência servem. Estes elevadores devem ter acesso direto a uma zona de refúgio ao nível do piso de referência, com uma área que permita acomodar, pelo menos, 25% dos ocupantes. Obriga, ainda, a que os elevadores estejam devidamente avisados, com mensagens do tipo: "Elevadores disponíveis para evacuação dos ocupantes".

2.3 Fatores ambientais dentro da estrutura

Existem elementos que podem ser alocados no ambiente que favorecem a evacuação, destacando-se: o sistema de detecção de incêndio, a sinalização de emergência, iluminação de emergência e o sistema de exaustão, ventilação do ambiente.

Os meios de detecção e alarme de incêndio e a sua confiabilidade influenciam na dinâmica da evacuação. As variações na qualidade/tom da voz, velocidade, volume e forma de transmissão, assim como do conteúdo da mensagem interferem na resposta dos ocupantes.

Na detecção por sistema de alarme e alerta (como por um detetor de fumo com alarme sonoro) [9] definiu que o sinal tem de ser perceptível ao ouvido humano e capaz de acordar um indivíduo. É importante atentar para o facto de o som de alerta poder ser atenuado pelos materiais constituintes do edifício como paredes, tetos em 50dB(A), portas em 15dB(A) e objetos existentes no meio de transmissão e da probabilidade de o alarme sonoro poder ser confundido com os sons residuais dos equipamentos domésticos (como ar-condicionado) ainda que essa confusão seja residual quando os ocupantes atuam em grupo [10].

A existência e eficácia da sinalização de emergência pode ajudar a orientar os ocupantes a encontrarem as saídas de emergência, bem como a iluminação de emergência é primordial para além de orientar, conter o pânico gerado nessas situações.

A ventilação do ambiente, seja de forma natural ou exaustão mecânica, é importante para a dispersão de fumos presentes na área que podem tornar sem visibilidade o caminho de evacuação.

2.4 Comportamento dos ocupantes

Os seres humanos ou aprendem ou são feitos para aprender. Eles tendem a obter compreensão através de dois métodos, seja através do ensino ou através das suas próprias experiências pessoais. Devido à falta de conhecimento ou experiências sobre o gerenciamento de desastres, quando enfrentam um caso real, geralmente tendem a ceder à reação de fuga e a ficar agitados, criando situações de pânico. Todos tentam sair da zona de risco o mais rápido possível, o que significa que as saídas limitadas disponíveis ficam lotadas e essa resposta restringe a evacuação adequada.

Apesar de existirem modelos bem definidos que descrevem como esses componentes interagem em alguns cenários, quando falamos de crianças esses componentes interagem de formas distintas.

O [11] mostrou que em turmas de alunos de 0-2 anos de idade apenas 20% das crianças apresentaram comportamento similar ao de um adulto, 58% das crianças precisaram de intervenção direta do professor para iniciar ou continuar o processo de evacuação, essas crianças não entendiam o que estava acontecendo ou precisavam de alguma ajuda física para sair da sala de aula. Por último, 22% das crianças não tinham a mínima condição de evacuar a sala sozinhas e precisavam de ser

carregadas por um adulto. Em casos de alunos na faixa 3-6 anos o comportamento das crianças aproximou-se mais do comportamento de um adulto, onde apenas 10% das crianças precisaram de assistência e 5% precisaram ser carregadas. Para representar esses níveis de dependência foram modelados três tipos de agentes, um para cada nível de dependência.

3. EVACUAÇÃO EM EDIFICAÇÕES ESCOLARES

Não há muitos estudos que abordam a evacuação de crianças em idade pré-escolar. A capacidade de autopreservação de crianças em idade pré-escolar foi estudada por [12], que realizaram um questionário internacional entre professores de creches e especialistas em desenvolvimento infantil. O limite mínimo de idade para crianças em idade pré-escolar serem capazes de compreender e seguir instruções simples foi declarado entre 2,5 - 3 anos de idade. Outro estudo da Universidade Técnica da Dinamarca investigou variáveis relacionadas com a capacidade de locomoção de crianças de 3 a 6 anos durante exercícios de evacuação em creches [11]. Os estudos concentraram-se em medir a velocidade de deslocamento em escadas e em planos horizontais, o fluxo pelas portas e as densidades e monitorizar considerações comportamentais, como a necessidade de auxílio de equipe. Outra investigação sobre o comportamento de evacuação de crianças em idade pré-escolar fez parte de um estudo realizado no Japão [13]. Este estudo tratou do procedimento de evacuação em duas creches atendidas por crianças de 0 a 5 anos durante exercícios regulares de evacuação anunciados. Os resultados consistiram em taxas de fluxo nas saídas das salas de aula e velocidades de deslocamento em certas partes das rotas de fuga horizontais e verticais.

Dados recolhidos por [14] sobre a evacuação de crianças de 4 a 10 anos indicam que as crianças menores (4-5 anos) precisaram de mais tempo para iniciar a evacuação do que as crianças mais velhas. Isso é consistente com [15] que encontraram uma variância significativa no tempo de pré-evacuação entre crianças de 3 a 4 anos (média de 46 segundos) e crianças de 5 a 6 anos (média de 20 segundos).

[16] sugere que a idade é um fator no tempo de pré-evacuação, com médias de 222 segundos e 114 segundos para crianças de 0-2 e 3-6 anos, respectivamente. Num estudo do mesmo autor concluiu-se que a presença de um sistema de alerta de alarme de incêndio diminuiu o tempo de pré-evacuação. [17] realizaram exercícios de evacuação em 12 escolas durante o ano letivo de 2015/2016, sendo três exercícios em cada uma das quatro escolas estudadas. A primeira evacuação em cada escola foi anunciada, com funcionários e crianças sabendo do cenário com antecedência. Os exercícios subsequentes em cada escola foram cenários totalmente sem aviso prévio, com apenas o Diretor ciente da evacuação com antecedência. Isso foi considerado importante para garantir a fidelidade dos resultados em relação a um cenário da vida real. A motivação para a evacuação foi o sistema de detecção e alarme de incêndio ou sirene de evacuação central. Após análise, as tendências foram evidentes nos dados recolhidos onde as classes de bebês, com idades até os 6 anos demoraram mais para começar a evacuação e isso é consistente com a literatura, onde a idade foi sugerida como fator de influência no tempo de pré-evacuação.

Quadro 2: Tempos médios de pré-evacuação comparação entre [17] e [18]

	Faixa etária	Tempo médio de pré evacuação (s)
Glenn N. et al	4-12	18,5
Cuesta e Gwynne	6-12	21,8

Os resultados sugerem melhor desempenho pela repetição dos exercícios e isso foi surpreendente dada a natureza não anunciada dos exercícios 2 e 3. Isto é representado na figura 3 e pode ser atribuído ao efeito de treinamento de exercícios repetidos [15].

Com os resultados obtidos a partir dos exercícios, [17], concluiu que a idade é um fator de grande importância nos tempos de pré-evacuação nas escolas até aos 6 anos de idade e que o treino e a preparação reduzem os tempos de pré-evacuação. Uma pequena redução no tempo de pré-evacuação foi encontrada quando a proporção de alunos (crianças) para adultos foi menor.

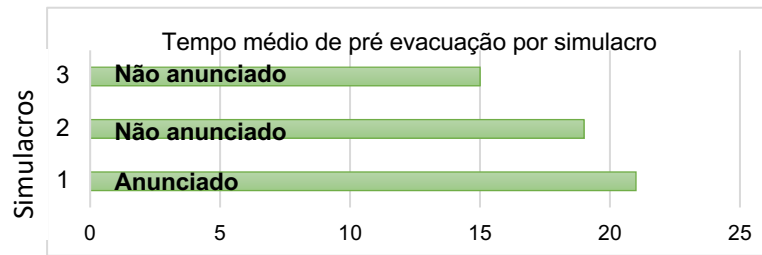


Figura 3: Tempo médio de pré-evacuação por simulacro

4. EXERCÍCIOS DE SIMULADO

Os exercícios para simular uma evacuação são de grande importância para o conhecimento das principais variáveis e parâmetros envolvidos, como os tempos totais de evacuação, os tempos de pré- evacuação e as velocidades de deslocamento nas rotas de fuga horizontais e verticais. Estas são as variáveis mais amplamente utilizadas para cálculos de evacuação em projetos de segurança contra incêndio [15].

Quando se trata de evacuação de crianças, nomeadamente, numa utilização tipo escolar, esses simulacros tornam-se ainda mais necessários pois como já foi apresentado nesse artigo, existe grande diferença de comportamento entre as diversas faixas etárias dos ocupantes e prever esse comportamento diante de uma situação real de evacuação, até para alimentar com dados mais precisos nos modelos de cálculo e modelos computacionais, só é alcançado com exercícios simulando um evento na realidade.

Para o simulacro são determinados a utilização tipo da edificação e escolhidos cenários e situações que podem ocorrer num evento real e que são importantes para a avaliação dos parâmetros de evacuação. São previstos também a planificação e estratégias de evacuação para cada cenário a estudar, bem como a forma de aviso, alarme a ser usado para o início da evacuação. Ainda se pode determinar se o simulacro será realizado com o conhecimento dos envolvidos, as pessoas sabendo que é um simulacro ou de forma não anunciada, onde as pessoas pensam que de facto está ocorrendo uma emergência.

Para a observação do evento pode-se colocar câmaras, em pontos estratégicos que vão registrar a movimentação dos indivíduos envolvidos.

A partir do simulacro é possível obter-se informação sobre evacuação e parâmetros de viagem, como: resultados do tempo de pré- evacuação, fluxo através das portas, padrão dos movimentos horizontais e movimentos nas escadas, velocidades de deslocamento em todo o percurso de evacuação e ainda parâmetros comportamentais dos indivíduos envolvidos.

Os dados obtidos nos exercícios de simulacro vão alimentar os modelos de cálculo e modelos computacionais existentes ou ainda permitir a criação de modelos específicos para determinados grupos, como por exemplo um modelo específico para o estudo da evacuação em edificações escolares com indivíduos de diferentes faixas etárias.

5. MODELOS COMPUTACIONAIS PARA SIMULACRO DE EVACUAÇÃO

Os modelos computacionais de evacuação são ferramentas de uso crescente da engenharia de segurança contra incêndio [7]. Segundo [19], os modelos de evacuação podem ser categorizados em modelo de movimento, de comportamento parcial e comportamental. Os modelos de movimento simulam o deslocamento do ocupante de um ponto no interior da edificação para uma saída ou área segura. No modelo parcial já é possível simular comportamentos pouco complexos como o de ultrapassagem. Os modelos comportamentais podem incorporar a tomada de decisão ou ações desempenhadas devido às condições ambientais.

Os modelos computacionais têm sido utilizados, em nível mundial, para estimar o tempo de evacuação e simular o crescimento de um incêndio em edificações. Assim, tais modelos servem tanto para avaliar projetos existentes ou analisar catástrofes que levaram a múltiplas mortes, como para estudar novos projetos de elevada complexidade.

Diversos investigadores concluíram que a utilização de programas computacionais para a simulação de evacuação é de grande importância para identificar soluções aceitáveis de segurança contra incêndio em situações diversas, nomeadamente Fire Dynamics Simulator (FDS) + Evac, Pathfinder e BuildingExodus, entre outros.

O modelo FDS + Evac trata cada indivíduo a evacuar como uma entidade separada, ou um 'agente', que tem suas próprias propriedades pessoais e estratégias de fuga. O movimento dos agentes é simulado usando planos bidimensionais que representam os andares dos edifícios. O algoritmo básico por trás do movimento de saída resolve uma equação de movimento para cada agente em um contínuo 2D, espaço e tempo. O módulo de evacuação está embutido no FDS. Assim, o funcionamento da simulação de evacuação no FDS + Evac é feita de forma semelhante a uma simulação FDS de incêndio comum. Os recursos pretendidos não estão totalmente funcionais. Por enquanto, FDS + Evac é mais adequado para fazer cálculos em edifícios cujos pisos são principalmente horizontais. Salas de desportos com arquibancadas ou salas de concerto também podem ser modeladas se a sua geometria não for muito complicada, mas as simulações em geometrias inclinadas ainda não foram validadas. A coleta de dados é feita por meio da técnica de vídeo gráfica. A figura 4 mostra um instante do vídeo de uma sala de aula simulada no FDS+EVAC.

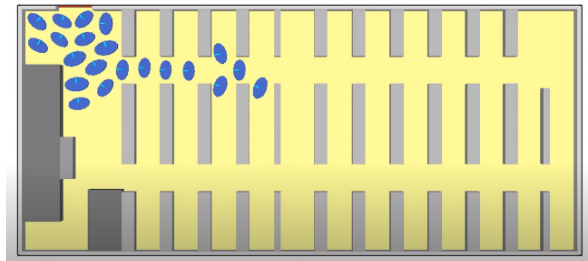


Figura 4: Formato visual do modelo de evacuação para sala de aula do FDS+Evac

O Pathfinder é um modelo de evacuação baseado em agentes que utilizam duas maneiras para modelar o movimento dos ocupantes: SFPE e Steering. No modo SFPE, os ocupantes se movem entre os ambientes através de filas e não tentam evitar um ao outro. As portas funcionam como o principal controle de fluxo e a velocidade é influenciada pela densidade de cada setor, já o modelo Steering se baseia na metodologia de comportamentos de direção desenvolvida por [20] e refinada por [21], permitindo uma análise mais complexa alinhada com uma representação dos processos humanos, no qual surgem os congestionamentos. Os resultados são apresentados de forma qualitativa e quantitativa através da disponibilização de dados de tempo de evacuação, taxas de fluxo e da representação visual da densidade populacional no tempo durante o processo de evacuação. Conforme [22], o ambiente de circulação é uma malha 3D triangulada concebida para corresponder às dimensões reais da construção modelada. Essa malha de circulação pode ser introduzida automaticamente com base em dados importados. Os ocupantes são modelados como cilindros na posição vertical e os seus movimentos são calculados de forma independente, a partir de um conjunto de parâmetros de entrada.

O modelo de evacuação building EXODUS tem o objetivo de permitir a seleção dos caminhos de evacuação disponíveis, quando as outras ficam obstruídas pelo fumo. Nesse modelo permite fazer-se a introdução de dados como a familiaridade das pessoas com o edifício, comportamento quando enfrentam ambientes com fumo e o género dos ocupantes. As funcionalidades propostas foram baseadas unicamente em dados de sinistros em edifícios de habitação, pelo que será necessário cuidar a sua utilização em outro tipo de situações. Em [23] são implementados novos aspectos de comportamento social, onde divide-se o comportamento social a que os ocupantes estão sujeitos durante o processo de evacuação em três etapas: formação, comunicação e adaptação. A adoção de aspectos comportamentais tem a pretensão de simular os indivíduos como estando integrados num meio social que lhes proporciona acesso à informação relevante que é utilizada na tomada de decisão. A figura 4 mostra a visualização das representações tridimensionais animadas de simulações geradas pelo building EXODUS.

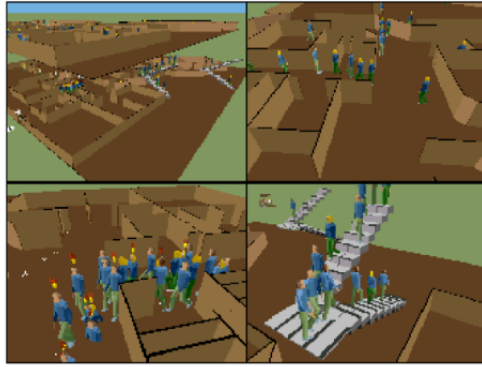


Figura 5: Formato visual das soluções apresentadas pelo building EXODUS

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existem fatores e variáveis que condicionam o tempo de evacuação e elas estão relacionadas com as características físicas e ambientais da edificação, bem como com as condicionantes comportamentais dos indivíduos que a ocupam.

As características do ocupante e as características da escada são dois elementos que afetam a velocidade de caminhada nas escadas. Existem vários fatores que afetam o comportamento das pessoas e as diferenças na velocidade média de caminhada nas escadas, tanto para cima quanto para baixo.

A evacuação em edificações escolares difere de outras ocupações não apenas porque as crianças têm habilidades de movimento limitadas, mas também têm um nível reduzido de independência e capacidade de tomada de decisão resultante de seu estágio de desenvolvimento psicológico. Essas diferenças estão ligadas a uma necessidade crescente de um procedimento de evacuação organizado. As crianças são muito dependentes dos adultos para iniciar e realizar uma evacuação onde as mais novas precisam de mais assistência em ambas as fases.

Numa situação de evacuação sem organização, as crianças tendem a ter velocidade maior no movimento e com isso ocasionar o congestionamento ao longo da escada, principalmente nos patamares, onde os fluxos de crianças se fundem. Os diagramas fundamentais de crianças em patamares de escada, apresentados na figura 2, a, b, c e d, mostram que há a tendência de diminuição da velocidade com o aumento da densidade. Além disso, a densidade de crianças em escadas durante a evacuação pode chegar a 6,40 per/m², o que aumenta a possibilidade de debandada de crianças nas escadas.

Ao discutir a evacuação de crianças, é necessário fazer uma distinção clara entre as diferentes faixas etárias, pois os padrões de caminhada das crianças pequenas podem diferir não apenas dos adultos, mas também das crianças mais velhas. A evacuação de crianças não pode ser descrita usando modelos de evacuação usados para adultos. As crianças pequenas são mais lentas que os adultos e a velocidade de deslocamento aumentam com idade.

Poucos trabalhos tentaram abordar a evacuação de crianças em contexto escolar. O estudo de alguns casos mostrou que atributos como velocidade, nível de obediência e instinto de autopreservação são diferentes do que se espera para adultos. Alguns trabalhos tentaram incorporar esses dados e criar modelos de simulação mais adequados para esses contextos, porém não se tem um modelo específico para edificações escolares.

Mais experiências, nomeadamente exercícios de simulacro, em diferentes edifícios escolares, com crianças de diferentes faixas de idade, são necessários para uma melhor compreensão do padrão e comportamento de evacuação das crianças com o objetivo de desenvolver futuros modelos de evacuação.

As crianças têm capacidades limitadas para se auto protegerem e conseqüentemente dificuldade em iniciar uma evacuação, e isso deve ser compensado pela assistência física e psicológica prestada por funcionários e/ou professores responsáveis durante o processo de evacuação, no caso de edificação escolar. Para uma melhor compreensão dessa questão, investigações adicionais sobre os padrões de comportamento das crianças e suas interações com o pessoal de supervisão responsável devem ser realizadas no futuro.

REFERÊNCIAS

- [1] Hamilton G. N., O'Raw J., Lennon P. - Toward fire safe schools: Investigation and analysis of pre-evacuation times, 2018.
- [2] Coelho, A. L. "Proposta de Uma Nova Metodologia de Abordagem à Segurança ao Incêndio em Portugal". Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Programa de Investigação - Edifícios, Lisboa, 2006.
- [3] Gwynne S. , Galea E. R. , M. Owen, P. J. Lawrence, L. Filippidis - A review of the methodologies used in evacuation modelling, 2000.
- [4] Predtechenskii VM, Milinskii AI. Planning for foot traffic flow in buildings. Moscow, 1969; Berlin, 1971; Koln, 1971; Prague, 1972; U.S., New Delhi, 1978. Moscow, 1979.
- [5] G. Proulx - "Movement of People: The Evacuation Timing," Society of Fire Protection Engineers Handbook, vol. 3rd Edition, pp. 342–366, 2002.
- [6] ZM Fang, LX Jiang, XL Li, W Qi, LZ Chen - Experimental Study on Children Movement in Stairwell of a Teaching Building, 2015.
- [7] Ono, R.; Vitorino, F. Desempenho da Largura das Portas no Tempo de Abandono de Compartimentos. In: Encontro Nacional de Tecnologia de Ambiente Construído, 13., Canela, 2010. Anais... Canela: UFRS, ENTAC, 2010.
- [8] Pauls, J. L.; Jones, B.K. "Building Evacuation: Research Methods and Case Studies". In: Fires and Human Behaviour, Nova Iorque, 1980.
- [9] Kahn, M.J. - "Detection Times to Fire-Related Stimuli by Sleeping Subjects," NBS-GCR-83-435, National Bureau of Standards, Washington, DC, 1983.
- [10] Proulx., G. - "Movement of People: The Evacuation Timing ". In SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd ed., NFPA, Quincy, MA, 2002.
- [11] Larusdottir A.R., Dederichs A.S., A Step Towards Including Children's Evacuation Parameters and Behavior in Fire Safe Building Design, Fire Saf. Sci. 10 187–195, 2011.
- [12] Taciuc and A. S. Dederichs, Determining Self-Preservation Capability in Pre-school Children, The Fire Protection Research Foundation, Technical note Final Report, 2013.
- [13] Takizawa K. et al., A study for evacuation behavior characteristic of nursery school children and evacuation planning (Part1): The survey of evacuation speed, in Technical papers of annual meeting, pp. 347–350, 2013.
- [14] Capote J.A., Alvear D., Abreu O., Cuesta A., Hernando J., "Children Evacuation: Empirical data and egress modelling," in Human Behaviour in Fire Symposium, Cambridge, UK, 2012.
- [15] Najmanová, H. and Ronchi, E. 'An Experimental Data-Set on Pre-school Children Evacuation', Fire Technology, pp. 1-25, 2017.
- [16] Larusdottir A.R., Dederichs A. and Nilsson, D. Evacuation of Children: Focusing on daycare centers and elementary schools. Ph.D., , Technical University of Denmark. 2013.
- [17] Glenn N.H., Patrick L. and John O.R. Toward fire safe schools: Investigation and analysis of pre-evacuation times. 2018.
- [18] Cuesta A., Ronchi E., Gwynne S.M.V., Kinsey M.J., Hunt A.L.E., Alvear D., School egress data: comparing the configuration and validation of five egress modelling tools, Fire and Materials 41 535-554, 2017.
- [19] Valentin, M. V. Saídas de Emergência em Edifícios Escolares. São Paulo, 2008. 362 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008
- [20] Reynold, C. W. Steering Behaviors for Autonomous Characters. In: PROCEEDINGS of the Game Developers Conference, 1999. Miller Freeman Game Group, San Francisco, 1999.
- [21] Amor, H. B.; MURRAY, J.; OBST, O. Fast, Neat and Under Control: inverse steering behaviors for physical autonomous agents. In: RABIN, S. Ai Game Programming Wisdom 3. Charles River Media Publisher, 2006.
- [22] Muniz, R. M. D. O Uso de Simuladores Como Uma Ferramenta de Auxílio na Definição dos Requisitos De planos de Retirada de Emergência: estudo de caso em um centro de pesquisas de uma instituição pública de ensino superior. Rio de Janeiro, 2013. 239 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.
- [23] Gwynne, S., Galea, E. R., Lawrence, P. J.. "The Introduction of Social Adaptation within Evacuation Modelling". Fires and Materials, Vol. 30, Issue 4, pp. 285-309, 2006.