

Perfil tendencial de comportamento dos ocupantes em caso de incêndio

CORDEIRO Elisabete da Cunha^{1, a}, COELHO António Leça^{2, b} e
NEPOMUCENO Miguel C. S.^{3, c}

¹Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Portugal

²Universidade Lusófona do Porto, Portugal

³Universidade da Beira Interior, C-MADE, Lab2PT, Portugal

^aecordeiro@lnec.pt, ^bp901967@ulp.pt, ^cmcsn@ubi.pt

Palavras-chave: Comportamento Humano, Evacuação, Incêndio.

Resumo. A importância do comportamento humano em situações de evacuação é reconhecida por todos os que de algum modo estão relacionados com a segurança contra incêndios em edifícios, como é comprovado pelo elevado número de estudos e projetos de investigação que têm sido desenvolvidos. Nesta comunicação apresentam-se os resultados de um projeto de investigação, que deu origem a uma tese de doutoramento, cujo objetivo foi o de prever esse comportamento e analisar os fatores que mais fortemente o condicionam. Nesse trabalho, a informação que suporta as conclusões foi obtida a partir de 4 tipos de inquéritos destinados a pessoas distintas (pessoas que viveram uma situação de incêndio, pessoas que participaram em exercícios de evacuação, pessoas no geral e bombeiros que estiveram envolvidos nas operações de combate e salvamento). No total obtiveram-se mais de mil inquéritos convenientemente preenchidos, a partir dos quais, e após uma análise e tratamento estatístico, foi criado um perfil tendencial de comportamento dos ocupantes em caso de incêndio. Com recurso a um modelo de simulação de evacuação foi avaliado o impacto desse perfil no tempo total de evacuação em diferentes edifícios que foram desenhados especificamente para o estudo. Nesta comunicação apresentam-se os resultados fundamentais desse estudo, incluindo as conclusões sobre o que importa alterar em termos metodológicos de abordagem do tema de modo a que se possa incorporar, no futuro, o conhecimento adquirido com este trabalho.

Introdução

O comportamento humano é a aplicação prática da decisão tomada, traduzindo-se num conjunto de procedimentos ou reações do indivíduo ao ambiente que o cerca durante um determinado período de tempo (Figura 1).



Figura 1: Comportamento humano

Ao indivíduo, são atribuídos determinados atributos que tornam possível a sua caracterização. Quanto ao ambiente, é tudo o que rodeia o indivíduo, no contexto em que este está inserido. O tempo é o período durante o qual o indivíduo está exposto a esse ambiente ou o tempo necessário para concretizar as ações que constituem o comportamento perante um estímulo [1-4].

Analisando a definição anterior sobre o comportamento humano numa situação de evacuação, constata-se que ele é influenciado pelo “ambiente” (edifício, o incêndio e outros ocupantes), pelo “tempo” (tempo decorrido entre o instante em que o ocupante recebe os primeiros estímulos provenientes do ambiente e o instante em que ele se encontra em segurança, no exterior do edifício)

e pelas variáveis do próprio “indivíduo”, nomeadamente as físicas (idade, género, limitação sensorial e estatura física), as fisiológicas (saúde, cansaço, tipo de vida, efeitos de álcool, drogas ou medicamentos) e, ainda, as psicológicas (experiência, atitude, estado emocional, formação, estado mental) [5]. Dos vários estudos sobre o comportamento humano em caso de incêndio, realçam-se as seguintes conclusões [6-19]:

- Os ocupantes tendem a usar os caminhos habituais, especialmente se não conhecem o edifício;
- Os ocupantes evitam zonas com fumo ou incêndio para abandonar o edifício;
- Os ocupantes seguem outros ocupantes;
- Os ocupantes comportam-se, muitas vezes, de maneira altruísta em situações de crise;
- A presença de liderança e de organização aumenta o comportamento adequado;
- Os ocupantes com mais formação agem de maneira muito mais racional;
- Pode haver diferença entre a atuação da mulher e do homem;
- Não há evidências de pânico perante uma situação de incêndio;
- Há um sentimento de segurança com a chegada dos meios de segurança;
- A experiência anterior pode alterar comportamentos perante uma nova situação;
- Os estímulos podem ser diversos e apenas um pode não ser suficiente para o ocupante abandonar de imediato o edifício;
- Quanto maior o número de pistas identificadas pelos ocupantes, maior é o impacto no comportamento;
- São realizadas atividades antes de abandonar o edifício, tais como, procurar informação do que está a acontecer, recolher os pertences ou fornecer informação verbal para abandonar o local;
- As mensagens de alarme são importantes para o início da evacuação;
- A presença de fumo faz com que ocupantes voltem para trás;
- Nem sempre os ocupantes sabem onde se localiza o incêndio ou qual é a emergência;
- Os ocupantes reentram no edifício após abandonar o mesmo;
- O tempo de reconhecimento é um dos fatores mais importantes do comportamento humano.

Relativamente aos modelos que tentam simular o comportamento humano no processo de evacuação, verifica-se que o fazem de um modo simplificado, dependendo da informação que o utilizador fornece ao modelo, informação essa que não tem sido até agora suportada por estudos que a fundamentem, nomeadamente no que diz respeito a tempos gastos com ações que não têm como objetivo a saída para o exterior do edifício [20-23].

A representação do comportamento nos modelos de evacuação de edifícios em caso de incêndio é muito limitada, devido principalmente à ausência da simulação do processo cognitivo do ocupante durante a situação de emergência [24, 25]. A este respeito, salientam-se as seguintes conclusões Lovreglio *et al.* [26]:

- O comportamento humano em caso de incêndio tem especificidades que variam de país para país, devido às características das suas populações serem distintas;
- A consolidação do conhecimento sobre o comportamento humano em caso de incêndio está ainda longe de estar estabilizada;
- A não consolidação do conhecimento nesta área decorre da natureza do evento em causa e da dificuldade de obter dados em situações reais;
- A utilização de Jogos Sérios para obter dados sobre o comportamento dos ocupantes em caso de incêndio é uma abordagem que poderá enriquecer o conhecimento, permitindo aperfeiçoar os perfis comportamentais;
- Inexistência de estudos que permitam quantificar o tempo associado às ações que os ocupantes realizam antes de decidirem abandonar o edifício;
- O tempo que os ocupantes gastam para realizar as diversas ações antes de decidirem abandonar o edifício, resultantes do seu comportamento ao incêndio, podem representar uma parte significativa do tempo total de evacuação.

Apresentação dos resultados do estudo desenvolvido

Como anteriormente referido, o comportamento humano depende das características dos ocupantes, do ambiente que se estabelece no decurso do incêndio no interior do edifício e, ainda, do espaço temporal durante o qual ocorre o incêndio. Com o objetivo de compreender o comportamento dos ocupantes e determinar quais os fatores que o influenciam, foram criados 4 inquéritos. O primeiro, designado de inquérito Tipo 1, teve como público-alvo as pessoas que estiveram envolvidas em incêndios. Quanto ao inquérito Tipo 2, é o resultado do aperfeiçoamento de um outro que já foi objeto de aplicação no âmbito da dissertação de mestrado desenvolvida por Elisabete Cordeiro [27], que na altura registou cerca de 300 respostas, tendo a consequente análise das respostas evidenciado algumas insuficiências do inquérito em causa. Um terceiro inquérito, com a designação Tipo 3, destinou-se a pessoas que participaram em simulacros. Finalmente, foi desenvolvido um quarto inquérito, designado de Tipo 4, destinado exclusivamente a bombeiros que tivessem participado em ações de combate a incêndios urbanos.

Tabela 1: Inquéritos

Inquéritos		Nº de inquéritos distribuídos	Nº de inquéritos recebidos	Percentagem de inquéritos recebidos
Tipo 1	Indústria	50	22	44%
	Habitação Amadora	20	4	20%
	Habitação Trofa	16	3	19%
Tipo 2	Público em geral**	*	1051	NA
Tipo 3	Exercícios	400	141	35%
	Exercícios	*	26	NA
Tipo 4	Bombeiros	***	34	NA
Total			1281	
* Divulgação através das redes sociais. Impossível quantificar o número de inquéritos distribuídos no total.				
** Dos 1051 inquéritos recebidos, 359 foram respondidos diretamente através da plataforma Google para inquéritos em 2015 e 403 em 2021. Os restantes foram entregues em papel.				
*** Distribuídos pelas principais corporações de bombeiros do País via email.				
NA: Não Aplicável.				

Com o objetivo de compreender o comportamento dos ocupantes e determinar quais os fatores que o influenciam, recorreu-se à análise inferencial para testar as diversas hipóteses criadas. No essencial, pretendeu-se obter novos conhecimentos sobre diversos aspetos relacionados com o comportamento das pessoas, com destaque para os seguintes:

- Pânico, ou não, dos ocupantes e fatores que determinam a sua ocorrência;
- Entrelajada entre ocupantes e fatores que determinam a sua ocorrência;
- Capacidade de identificarem o sinal de alarme e fatores que determinam essa capacidade;
- Interpretação do sinal de alarme e fatores que determinam essa interpretação;
- Reação dos ocupantes ao sinal de alarme e fatores que determinam essa reação;
- Influência da ligação do ocupante ao edifício na reação ao sinal de alarme;
- Acontecimentos que chamam a atenção do ocupante quando algo de invulgar está a acontecer e fatores que determinam esse alerta;
- Ações realizadas pelos ocupantes após tomarem consciência de que algo de anormal está a ocorrer e fatores que determinam a concretização dessas ações;
- Efeito do aconselhamento no abandono do edifício e fatores que determinam a reação a esse conselho;
- Fatores que influenciam a realização de tarefas pelos ocupantes, antes de decidirem abandonar o edifício;
- Reações dos ocupantes quando se deparam com fumo e fatores que determinam essas reações;
- Reações dos ocupantes ao se deparam com o incêndio e fatores que determinam essas reações;
- Caminho escolhido pelos ocupantes para deixar o edifício e fatores que determinam a sua escolha;

- Tendência para seguir outros ocupantes em edifícios que não conhece e fatores que determinam esse comportamento;
- Recolha de bens pessoais pelos ocupantes antes de abandonarem o edifício e fatores que determinam esse comportamento;
- Reentrada dos ocupantes no edifício e fatores que determinam esse comportamento;
- Consequências do incêndio que mais assustam os ocupantes e fatores que determinam essa reação de medo;
- Recolha de viatura antes de abandonar o edifício e fatores que determinam esse comportamento.
- Quantificação dos tempos de atraso na evacuação.

Comportamento Humano em caso de incêndio. A análise das respostas ao inquérito Tipo 2 evidenciou que a tendência prevalecente das pessoas é a de considerarem que, de uma forma geral, existe pânico numa situação de incêndio. Estes resultados foram confirmados pelas respostas aos inquéritos Tipo 1 e Tipo 4, com as limitações inerentes à dimensão da amostra relativa a essas respostas, pelo que se pode considerar que o pânico ocorre numa situação de incêndio. Importa, no entanto, ter presente que o pânico neste estudo foi interpretado pelos inquiridos como uma, ou mais, das seguintes manifestações:

- Agitação;
- Ansiedade;
- Choro e negação relativamente ao que estava a acontecer;
- Desespero devido à existência de ocupantes no interior onde se incluíam crianças;
- Desorientação;
- Estado de choque;
- Estado de excitação, alteração de voz e repetição de movimentos;
- Medo de perderem o emprego;
- Medo;
- Nervosos.

O **pânico** pode ocorrer numa situação de incêndio, mas com as respostas provenientes do inquérito não foi possível indicar quais as pessoas que manifestaram este estado. A informação que foi possível retirar é que, independentemente da faixa etária (FE), do género, das habilitações literárias (HL) e da formação em segurança contra incêndios (FSCI), as pessoas consideram que haverá pânico numa situação de incêndio.

A análise das respostas ao inquérito Tipo 2 sobre **interajuda**, evidenciou que a tendência prevalecente das pessoas é a de considerarem que existe o espírito de interajuda numa situação de incêndio, independentemente da FE, do género, das HL e da FSCI, sendo a ajuda a terceiros um dos motivos para reentrar num edifício, após o ter abandonado.

Analisando as respostas ao inquérito Tipo 2 sobre a **identificação do sinal de alarme**, verificou-se que a tendência prevalecente das pessoas é a de considerarem que nem todas identificam o sinal de alarme, constatando-se que a FE, as HL, o género e a FSCI poderão influenciar a capacidade de identificar o referido um sinal. As pessoas de mais idade, ou sem FSCI, ou do género feminino, evidenciaram ter mais dificuldade em identificar o sinal de alarme.

Sobre a **interpretação do sinal de alarme**, as respostas ao inquérito Tipo 2 evidenciou que a tendência prevalecente das pessoas é a de interpretarem o sinal de alarme como correspondendo a um incêndio, constatando-se que a FE, o género, as HL e a FSCI poderão ter influência na interpretação que é feita. Contudo, a análise da informação proveniente do inquérito Tipo 1 (indústria) e do inquérito Tipo 3, não confirmou a influência da FE, do género, das HL e da FSCI na interpretação do sinal de alarme. Há que salientar que no caso do exercício de evacuação (Tipo 3), o conhecimento da realização do mesmo influenciou a interpretação do sinal de alarme, isto porque a generalidade dos inquiridos interpretou esse sinal como correspondendo a um exercício de evacuação e não a um incêndio.

Outra informação relevante é se as atividades que os ocupantes estão a desenvolver podem ter influência na interpretação do sinal de alarme. Tanto no caso dos exercícios (inquérito Tipo 3),

como do incêndio real (inquérito Tipo 1), verificou-se que a interpretação do sinal de alarme não é afetada pela atividade que os ocupantes estão a fazer no momento em que tomam conhecimento desse sinal. Refere-se, finalmente, que o sinal de alarme nem sempre é suficiente para que os inquiridos saibam o que está a ocorrer, facto que é fundamental para os ocupantes terem uma reação adequada à situação.

A análise das respostas ao inquérito Tipo 2 sobre a **reação ao sinal de alarme** evidenciou que a tendência prevalecente das pessoas é a de procurarem saber o que se passa, constatando-se que a FSCI poderá ter influência na reação ao sinal de alarme. Da informação proveniente do inquérito Tipo 1 (Indústria), a reação mais indicada foi “deixar o local para sair do edifício”, não tendo sido indicado nenhuma vez “procurar saber o que se passa”. Nos exercícios (inquérito Tipo 3), mais uma vez, a reação mais indicada foi “deixar o local para sair do edifício”. A reação ao sinal de alarme poderá ser influenciada pela interpretação que é feita do mesmo e nem sempre o sinal de alarme, por si só, é suficiente para que as pessoas abandonem o edifício.

Analisando as respostas ao inquérito Tipo 2 sobre **alertar os ocupantes**, verificou-se que a tendência prevalecente das pessoas é a de considerarem que o alarme é o meio preferencial para indicar que algo de invulgar está a ocorrer. A informação obtida a partir dos inquéritos relacionados com situações reais de incêndio indicia que essa informação, por si só, pode não ser suficiente. De facto, embora as pessoas possam indicar que o alarme foi o responsável pelo alerta, uma análise mais detalhada evidenciou a influência de outros fatores relacionados com o incêndio.

Sobre a **ação realizada pelos inquiridos**, as respostas ao inquérito Tipo 2 evidenciaram que, quando confrontadas com uma situação anormal, procuram sobretudo “investigar o que estaria a acontecer” e “abandonar o local por iniciativa própria”, e que essas ações são independentes da FE, do género, das HL e da FSCI. Já nos inquéritos relativos a situações de incêndio e a exercícios de evacuação, constata-se que a resposta mais indicada foi interromper o que estava a fazer para abandonar o edifício, independentemente da FE, do género, das HL e da FSCI. A ação mais frequente perante o conhecimento de que algo de anormal está a acontecer será abandonar o edifício, não sendo essa ação influenciada pela FE, pelo género, pelas HL e pela FSCI das pessoas que estão a viver a situação. Contudo, há evidências de que apesar de as pessoas indicarem que irão abandonar o edifício, poderão efetuar diversas tarefas antes de concretizarem essa ação.

A análise das respostas ao inquérito Tipo 2 sobre **abandonar por indicação**, evidenciou que a tendência prevalecente das pessoas é a de abandonarem o edifício sem aguardar que alguém lhes peça para o fazerem. Contudo, os resultados dos inquéritos do Tipo 1 e do Tipo 3 mostram uma realidade que pode ser ligeiramente diferente, pois apesar de as pessoas ouvirem o sinal, poderão aguardar que alguém (ou o sistema de voz) lhes peça para abandonarem o edifício. O alarme por si só poderá não ser suficiente para que todos os ocupantes decidam abandonar o edifício, podendo existir alguns que só o fazem após a recomendação de alguém.

Analisando as respostas ao inquérito Tipo 2 sobre a **realização de tarefas antes de abandonar o edifício**, verificou-se que a tendência prevalecente das pessoas é a de realizarem uma ou mais tarefas antes de abandonarem o edifício, com destaque para o combate ao incêndio e ligar para avisar outros ocupantes.

A análise das respostas ao inquérito Tipo 2 sobre a **reação ao fumo** evidenciou que a tendência prevalecente das pessoas é a de tentarem encontrar outro caminho para abandonar o edifício. Contudo, esta tendência não foi confirmada pelos resultados dos inquéritos do Tipo 1, pois os ocupantes seguiram o caminho que estavam a percorrer. Esta reação irá depender em muito de como estará o caminho e se existem caminhos alternativos. Os ocupantes poderão ou não procurar caminhos alternativos ao se depararem com a presença de fumo proveniente do incêndio, dependendo das condições do caminho que estarão a percorrer e também poderá ser influenciado pelo género e se têm ou não FSCI.

Sobre a **reação ao deparar com o incêndio**, da análise das respostas ao inquérito Tipo 2 verificou-se que a tendência prevalecente das pessoas é a de tentarem outro caminho para abandonar o edifício. A análise das respostas ao inquérito Tipo 1 não confirma a tendência anterior, pois a grande maioria dos inquiridos que se depararam com o incêndio, continuaram a seguir o

caminho que estavam a percorrer. Os ocupantes poderão ou não procurar caminhos alternativos, mas isso dependerá das condições do caminho que estarão a percorrer, sendo o género masculino mais propício a combater o incêndio e o género feminino a pedir ajuda.

A análise das respostas ao inquérito Tipo 2 sobre o **caminho para abandonar o edifício**, evidenciou que a tendência prevalecte das pessoas é seguirem a sinalização para abandonarem o edifício, independentemente da localização. Há ainda uma percentagem significativa que escolheria, para abandonar o edifício, o caminho que utilizou para entrar. A análise evidenciou ainda que a escolha do caminho pode ser influenciada pela FE, pelo género, pelas HL, pela FSCI e, ainda, pelo piso onde se encontra (piso inferior ao plano de referência, piso no plano de referência, ou piso acima do plano de referência). Analisando os resultados provenientes dos inquéritos Tipo 1 e Tipo 3, verifica-se que a grande maioria dos inquiridos utilizou o caminho normal e que a atividade desenvolvida pelos ocupantes no momento em que tomam conhecimento do ocorrido pode influenciar a escolha. Além disso, também se verifica que os ocupantes não associam o caminho normal com uma saída de emergência.

Analisando as respostas ao inquérito Tipo 2 sobre **seguir outros**, verificou-se que a tendência prevalecte das pessoas é a de seguirem outras, caso estejam num edifício que não conheçam, sendo que o género e a FSCI podem influenciar seguir outros ou não, isto é, o género feminino é mais propício a seguir outros, bem como as pessoas sem FSCI.

Sobre **recolher bens antes de abandonar o edifício**, a análise das respostas ao inquérito Tipo 2 evidenciou que a tendência prevalecte das pessoas é a de não recolherem os seus bens antes de abandonar o edifício, sendo essa decisão independente da FE, do género, das HL e da FSCI. Tal tendência não foi confirmada pelos resultados da análise aos inquéritos do Tipo 1 e Tipo 3, pois dessa análise constata-se que antes de abandonar o edifício, os inquiridos recolhem os seus bens, verificando-se diferença caso se trate de um incêndio ou exercício, isto é, é proporcionalmente inverso. Os bombeiros confirmam que os ocupantes tentam retirar os seus bens do edifício.

A análise das respostas ao inquérito Tipo 2 sobre o **voltar a reentrar no edifício** evidenciou que a tendência prevalecte das pessoas é de reentrar no edifício sem autorização, nomeadamente para ajudar terceiros, independentemente da FE, do género, das HL e da FSCI. Analisando a informação proveniente do inquérito Tipo 1, verifica-se que são poucos os inquiridos que reentraram no edifício, informação que não é confirmada pelo inquérito Tipo 4, pois neste a maioria tenta reentrar sem autorização.

Tempos de atraso na evacuação. O tempo de evacuação pode ser dividido em 3 tempos, sendo eles: a) o tempo decorrido entre o instante em que o ocupante tem conhecimento do incêndio e aquele em que decide deixar o edifício; b) o tempo que necessita para efetuar tarefas e c) o tempo de movimento.

A análise das respostas ao inquérito Tipo 1 evidenciou que vários inquiridos demoraram entre 1 a 3 minutos entre o momento em que tiveram consciência de que algo estava a acontecer e aquele em que decidiram abandonar o edifício, mas também houve quem tivesse demorado mais do que 5 minutos. Relativamente ao tempo para a realização das tarefas, verificou-se que vários inquiridos demoraram menos do que 1 minuto, outros entre 3 a 5 minutos e alguns mais do que 5 minutos. Por fim, no que respeita ao tempo decorrido entre o instante em que tiveram consciência de que algo estava a acontecer e aquele em que saíram do edifício, a análise ao inquérito Tipo 1 evidenciou que vários inquiridos demoraram entre 2 e 5 minutos, embora haja indicação de que poderão ter demorado mais de 8 minutos. Subtraindo o tempo para realização das tarefas ao tempo decorrido entre o instante em que tiveram consciência de que algo estava a acontecer e aquele em que saíram do edifício, verifica-se que o tempo da realização das tarefas pode representar em média 50% do tempo total de evacuação.

Perfil Comportamental. Um dos objetivos iniciais desta investigação era a criação de perfis comportamentais, perante uma situação de incêndio. Como o número de respostas aos inquéritos (Tipo 1, Tipo 2 e Tipo 3) que permitiriam concretizar esse modelo comportamental foi reduzido,

optou-se por criar tendências³ de comportamento dos ocupantes (Modelo de tendências comportamentais dos ocupantes – MTO) com base nas respostas obtidas aos referidos inquéritos. Assim, no que se refere à interpretação e ações relatadas pelos inquiridos (inquérito Tipo 1, Tipo 2 e Tipo 3), as tendências foram as seguintes:

- Interpretação dada ao sinal de alarme:
 - Operações de manutenção do sistema: 9,0%
 - Exercício de evacuação: 15,7%
 - Falso Alarme: 18,1%
 - Incêndio real: 48,0%
 - Outra: 9,2%.
- Reação ao sinal de alarme:
 - Nenhuma: 7,7%
 - Deixa o local onde está para sair do edifício: 23,3%
 - Avisa terceiros para deixar o edifício: 8,7%
 - Aconselha terceiros a continuarem a sua atividade: 0,9%
 - Contacta os bombeiros: 3,8%
 - Procura saber o que se passa (telefona para a segurança, abre a porta para ver algo relacionado com o alarme, ...): 50,7%
 - Outra: 4,9%.
- Abandona o edifício somente se lhe dizem para o fazer:
 - Sim: 73,0%.
- Efetua tarefas antes de abandonar o edifício:
 - Sim: 93,0%.
- Reação ao deparar com fumo quando está a abandonar o edifício:
 - Investigar por curiosidade: 2%
 - Voltar para trás: 4%
 - Tentar outro caminho: 71%
 - Investigar para combater o incêndio: 23%.
- Reação ao deparar com o incêndio quando está a abandonar o edifício:
 - Tentar combater o incêndio: 21,5%
 - Voltar para trás: 2,8%
 - Tentar outro caminho: 54,9%
 - Pedir ajuda: 20,8%.
- Caminho que utiliza para abandonar o edifício:
 - Caminho que usa normalmente: 66%
 - Recorre à saída mais próxima: 34%.

No que se refere aos tempos associados à tomada de decisão e à execução das tarefas, as tendências foram concretizadas com base nas respostas ao inquérito Tipo 1 e ao inquérito Tipo 3, tendo resultado os tempos e percentagens a seguir indicadas:

- Tempos de decisão
 - Menos do que 1 minuto – 25%
 - Entre 1 minuto e 3 minutos – 49,4%
 - Entre 3 minutos e 5 minutos – 20,2%
 - Mais do que 5 minutos – 5,4%.
- Tempos para realização de tarefas
 - 0 minutos – 7%
 - Menos do que 1 minuto – 8%
 - Entre 1 minuto e 3 minutos – 59%
 - Entre 3 minutos e 5 minutos – 17%
 - Mais do que 5 minutos – 8%

¹ Estas tendências apresentam as limitações decorrentes da informação limitada que a suporta, tornando-se necessário estudos subsequentes que permitam obter informação adicional a partir da qual poderá, então, desenvolver-se o referido modelo comportamental.

Com base nas tendências anteriormente indicadas, foi criada uma aplicação com recurso ao *Excel* e programação *Visual Basic for Applications* (VBA) que permite quantificar as tendências comportamentais dos ocupantes que constituem o efetivo de um edifício. No sentido de verificar a influência desse MTO no tempo total de evacuação, recorreu-se ao *software Pathfinder* para simular a evacuação em 5 edifícios distintos, tendo sido criadas 3 simulações para cada arquitetura.

Na criação das arquiteturas dos edifícios foram tidas em consideração as exigências regulamentares da Portaria 1532/2008 de 29 de dezembro (na sua atual redação). Quatro das arquiteturas apresentam o mesmo efetivo total (1000 pessoas), estando a diferença nas áreas e no número de pisos, de acordo com o descrito a seguir:

- Arquitetura 1
 - Efetivo total: 1000
 - Pisos: 1
 - Área: 1000 m²
- Arquitetura 2
 - Efetivo total: 1000
 - Efetivo por piso: 500
 - Pisos: 2
 - Área por piso: 500 m²
- Arquitetura 3
 - Efetivo total: 1000
 - Efetivo por piso: 250
 - Pisos: 4
 - Área por piso: 500 m²
- Arquitetura 4
 - Efetivo total: 1000
 - Efetivo por piso: 125
 - Pisos: 8
 - Área por piso: 500 m²

O desenvolvimento destas 4 arquiteturas teve como objetivo verificar se os tempos de atraso têm o mesmo impacto no tempo de evacuação do edifício, caso haja, ou não, vias verticais de evacuação. Por fim a arquitetura 5 é referente a um hipermercado e resultou de uma adaptação de uma arquitetura disponível, gratuitamente, na *internet*²:

- Arquitetura 5
 - Efetivo total: 1825
 - Pisos: 1
 - Área por piso: 6026 m²

Simulações. Foram criadas 3 simulações distintas no *Pathfinder*, com as seguintes diferenças entre elas:

- Simulação 1: não foi previsto qualquer aspeto comportamental. Assim, os ocupantes iniciam a evacuação logo que é iniciada a simulação. A escolha dos caminhos é feita em função da proximidade às saídas. No entanto, quando o tempo de espera numa fila formada junto da saída inicialmente escolhida for superior ao tempo de deslocamento para outra saída, essa outra saída é escolhida.
- Simulação 2: foi inserido um tempo de espera (tempo de decisão) com base nas tendências criadas no âmbito desta investigação. A escolha da saída é ditada pela zona de influência, caso exista uma saída na proximidade. Se isso não se verificar, a escolha é feita com base nas tendências anteriormente referidas.
- Simulação 3: esta simulação difere da anterior, pelo facto de incorporar, ainda, um tempo de espera referente à realização de tarefas, baseado nas tendências criadas no âmbito desta investigação.

A distribuição dos ocupantes pelos pisos, realizada pelo *Pathfinder*, nas várias simulações concretizadas, foi aleatória. No caso da Simulação 2 e da Simulação 3, o MTO permite determinar um conjunto de informação que foi inserida no *Pathfinder*, isto é:

- Número de ocupantes associado a cada intervalo de tempo relativo à tomada de decisão;
- Número de ocupantes associado a cada intervalo de tempo relativo à execução de tarefas.

As simulações realizadas conduziram aos seguintes resultados:

- Simulação 1: não foi previsto o aspeto comportamental, os ocupantes seguem as regras básicas do *Pathfinder*, que distribui o efetivo pelos pisos de modo aleatório, encaminhando-os

² <https://dwgmodels.com/54-supermarket-1.html>

para a saída mais próxima, opção que pode ser alterada no decurso da simulação perante eventuais congestionamentos dessas saídas.

- Simulação 2: foi previsto o aspeto comportamental relacionado com a decisão dos ocupantes perante o conhecimento do incêndio, tendo sido introduzidos 4 tempos de atraso: 0 a 60 segundos, 61 a 180 segundos, 181 a 300 segundos e 301 a 480 segundos. De seguida, mediante a aplicação do MTO, fez-se a distribuição dos 1000 ocupantes nas 4 primeiras arquiteturas, tendo resultado a seguinte distribuição no tempo de atraso (tempo de decisão):
 - 0 a 60 segundos – 250 ocupantes
 - 61 a 180 segundos – 494 ocupantes
 - 181 a 300 segundos – 202 ocupantes
 - 301 a 480 segundos – 54 ocupantes

Quanto à arquitetura 5, referente ao supermercado, a distribuição foi a seguinte:

- 0 a 60 segundos – 456 ocupantes
 - 61 a 180 segundos – 902 ocupantes
 - 181 a 300 segundos – 369 ocupantes
 - 301 a 480 segundos – 98 ocupantes
- Simulação 3: Além do tempo de atraso referido anteriormente (tempo de decisão), foi também considerado o tempo referente às tarefas, tendo sido introduzidos 5 tempos de atraso: 0 segundos, 0 a 60 segundos, 61 a 180 segundos, 181 a 300 segundos e 301 a 480 segundos. Para cada comportamento associado ao tempo de decisão, foi feita uma distribuição dos ocupantes seguindo a distribuição dos tempos das tarefas:

- 0 a 60 segundos – 250 ocupantes
 - 0 minutos – 18 ocupantes
 - Menos do que 1 minuto – 21 ocupantes
 - Entre 1 minuto e 3 minutos – 148 ocupantes
 - Entre 3 minutos e 5 minutos – 42 ocupantes
 - Mais do que 5 minutos – 21 ocupantes.
- 61 a 180 segundos – 494 ocupantes
 - 0 minutos – 35 ocupantes
 - Menos do que 1 minuto – 42 ocupantes
 - Entre 1 minuto e 3 minutos – 292 ocupantes
 - Entre 3 minutos e 5 minutos – 84 ocupantes
 - Mais do que 5 minutos – 42 ocupantes.
- 181 a 300 segundos – 202 ocupantes
 - 0 minutos – 14 ocupantes
 - Menos do que 1 minuto – 17 ocupantes
 - Entre 1 minuto e 3 minutos – 120 ocupantes
 - Entre 3 minutos e 5 minutos – 34 ocupantes
 - Mais do que 5 minutos – 17 ocupantes.
- 301 a 480 segundos – 54 ocupantes
 - 0 minutos – 4 ocupantes
 - Menos do que 1 minuto – 5 ocupantes
 - Entre 1 minuto e 3 minutos – 32 ocupantes
 - Entre 3 minutos e 5 minutos – 9 ocupantes
 - Mais do que 5 minutos – 5 ocupantes.

Quanto à arquitetura 5, referente ao supermercado, a distribuição foi a seguinte:

- 0 a 60 segundos 456 ocupantes:
 - 0 minutos – 32 ocupantes
 - Menos do que 1 minuto – 39 ocupantes
 - Entre 1 minuto e 3 minutos – 270 ocupantes
 - Entre 3 minutos e 5 minutos – 77 ocupantes
 - Mais do que 5 minutos – 39 ocupantes.

- 61 a 180 segundos – 902 ocupantes
 - 0 minutos – 63 ocupantes
 - Menos do que 1 minuto – 76 ocupantes
 - Entre 1 minuto e 3 minutos – 534 ocupantes
 - Entre 3 minutos e 5 minutos – 153 ocupantes
 - Mais do que 5 minutos – 76 ocupantes.
- 181 a 300 segundos – 369 ocupantes
 - 0 minutos – 26 ocupantes
 - Menos do que 1 minuto – 31 ocupantes
 - Entre 1 minuto e 3 minutos – 218 ocupantes
 - Entre 3 minutos e 5 minutos – 62 ocupantes
 - Mais do que 5 minutos – 31 ocupantes.
- 301 a 480 segundos – 98 ocupantes
 - 0 minutos – 7 ocupantes
 - Menos do que 1 minuto – 8 ocupantes
 - Entre 1 minuto e 3 minutos – 58 ocupantes
 - Entre 3 minutos e 5 minutos – 17 ocupantes
 - Mais do que 5 minutos – 8 ocupantes.

Determinadas as distribuições anteriormente indicadas para cada uma das simulações, e inseridas no *Pathfinder*, este calcula o novo tempo de evacuação, apresentando-se na tabela seguinte o resultado das 3 simulações referentes a cada arquitetura.

Tabela 2: Tempos de evacuação das simulações

Nome do edifício	Pisos	Efetivo	Simulação 1	Simulação 2	Simulação 3
			Tempo de evacuação [s]. Simulação sem tempo de decisão nem tarefa.	Tempo de evacuação [s]. Simulação com tempo de decisão.	Tempo de evacuação [s]. Simulação com tempo de decisão + tarefa.
Arquitetura 1	1	1000	169,0	487,5	969,0
Arquitetura 2	2	1000	143,5	488,8	941,3
Arquitetura 3	4	1000	408,3	512,8	789,3
Arquitetura 4	8	1000	403,3	556,0	900,8
Arquitetura 5	1	1825	142,3	573,0	973,8

Da análise da Tabela 2, consta-se que o impacto dos tempos de atraso é superior nos edifícios em que não existem vias verticais de evacuação.

Conclusões

No presente estudo avaliou-se o perfil tendencial de comportamento dos ocupantes em caso de incêndio. As tendências comportamentais foram fundamentadas nas respostas aos inquéritos Tipo 1, Tipo 2 e Tipo 3. Apesar do número de respostas aos inquéritos ter sido inferior ao que era esperado, nomeadamente no que se refere ao desenvolvimento do modelo comportamental, a investigação veio confirmar alguns conhecimentos empíricos que são do domínio corrente e, ainda, evidenciar outros menos conhecidos. Com recurso a um modelo de simulação de evacuação foi avaliado o impacto desse perfil no tempo total de evacuação em diferentes edifícios que foram desenhados especificamente para o estudo. Do desenvolvimento deste estudo, resultaram diversas conclusões, das quais se destacam as seguintes, umas confirmando conhecimentos já relativamente consolidados e outras que indiciam tendências comportamentais específicas do País:

- Os resultados das simulações apresentadas neste artigo, fundamentadas no MTO criado com base na amostra dos inquéritos Tipo 1, Tipo 2 e Tipo 3, mostram que o tempo de decisão, bem como o tempo referente à realização de tarefas por parte dos ocupantes, pode influenciar significativamente o tempo total de evacuação. O tempo de atraso poderá influenciar em muito o tempo final de evacuação, sendo que o tempo para a realização das tarefas pode representar, em

média, 50% do tempo total de evacuação, verificando-se ainda que o impacto dos tempos de atraso é superior nos edifícios em que não existem vias verticais de evacuação;

- Na determinação do tempo de evacuação dos edifícios a componente relativa ao comportamento dos ocupantes tem um impacto decisivo, que não deve ser ignorado, quer se recorra a um método de cálculo ou a um modelo de simulação. De facto, os tempos obtidos sem a consideração dos aspetos comportamentais não refletem o tempo total de evacuação, sendo variável o diferencial existente e dependendo do tipo de edifício.

Referências

- [1] B. F. Skinner, *Ciência e comportamento humano*, J.C.T.R. AZZI, Trans. M. Fontes Ed., (2003).
- [2] J. P. Keating, *The Myth of Panic*. Fire Journal, 77 (1982).
- [3] N. R. Johnson, *Panic at the "Who Concert Stamped": An Empirical Assessment*, *Social Problems*, 34, 11 (1987).
- [4] O. Qiong, *A Brief Introduction to Perception*, CS Canada, 15, 10 (2017). doi:10.3968/10055
- [5] K. Lewin, *Field theory in social science: selected theoretical papers*, Edited by Dorwin Cartwright, Oxford, England: Harpers (1951).
- [6] A. L. Coelho, *Modelação Matemática da Evacuação de Edifícios sujeitos à Acção de Um Incêndio*, Universidade do Porto (1997).
- [7] H. Yoshimura, *Human behaviour in fires*, Paper presented at the 4th Proceedings of the Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology, Japan (2000).
- [8] M. Antić, *Contribution Of Social Psychology For Understanding Of Human Behavior During Fire Emergency*, *Applications of Structural Fire Engineering* (2015). doi:10.14311/asfe.2015.078
- [9] R. Fahy and G. Proulx, *Analysis of Published Accounts of the World Trade Center Evacuation. Federal Building and Fire Safety Investigation of the World Trade Center Disaster*, NIST NCSTAR 1-7A (2005).
- [10] R. Fahy and G. Proulx, *Human Behavior In The World Trade Center Evacuation*, 5 (1997) 713-724.
- [11] J. Averill, D. Mileti, R. Peacock, E. Kuligowski, N. Groner, G. Proulx and H. Nelson, *Federal Investigation Of The Evacuation Of The World Trade Center On September 11, 2001*. Paper presented at the 4th International Symposium on Human Behaviour in Fire Symposium 2009, Robinson College, Cambridge, UK, July (2009) 13-15.
- [12] N. C. McConnell, K. Boyce and T. J. Shields, *An Analysis Of The Recognition And Response Behaviours Of Evacuees Of WTC 1 On 9/11*. Paper presented at the 4th International Symposium on Human Behaviour in Fire Symposium 2009, Robinson College, Cambridge, UK, July (2009) 13-15.
- [13] N. Oberijé, M. Kobes, J. Weges and J. Post, *Fire In Euroborg Football Stadium; Analysis Of Human Behaviour*, Paper presented at the 4th International Symposium on Human Behaviour in Fire Symposium 2009, Robinson College, Cambridge, UK, July (2009) 13-15.
- [14] G. Proulx and I. Reid, *Occupant Behavior and Evacuation During the Chicago Cook County Administration Building Fire*, 16 (2006) 283-309.
- [15] P. Zhang, L. Yang, S. Lo, Y. Gao, F. Dong, F. Peng and J. Jiang, *Investigations of Human Psychology and Behavior in the Emergency of Subway* (2020).

- [16] K. Żydek, M. Król and A. Król, *Evacuation Simulation Focusing on Modeling of Disabled People Movement*, 13(4) (2021) 2405.
- [17] E. C. Cordeiro, A. Leça Coelho, M. Nepomuceno and J. Craveiro, *A modelação do comportamento dos portugueses em caso de incêndio*, International Conference on Engineering: Engineering for Society (ICEUBI2015), Covilhã, Portugal (2015).
- [18] E. Cordeiro, A. Leça Coelho, M. C. S. Nepomuceno and J. Craveiro, *Comportamento humano em caso de incêndio*, 5.as Jornadas de Segurança aos Incêndios Urbanos (5.as JORNINC), LNEC, Lisboa, Portugal (2016).
- [19] E. Cordeiro, A. Leça Coelho and M. C. S. Nepomuceno, *Comparison between the human reactions in a simulacrum and in a real fire situation*, Fire and Evacuation Modelling Technical Conference 2016 (FEMTC 2016), Torremolinos, Spain (2016).
- [20] E. Kuligowski and R. Peacock, *A Review of Building Evacuation Models 1st Edition*, Technical Note 1471, National Institute of Standards and Technology, (2005)
- [21] E. Kuligowski. *Modeling Human Behavior during Building Fires*, NIST (2008).
- [22] E. Kuligowski, R. Peacock and B. Hoskins, *A Review of Building Evacuation Models*, 2nd Edition, National Institute of Standards and Technology (2010).
- [23] E. Kuligowski, *Human Behavior in Fire*, In SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, (2016) 2070-2114
- [24] Gwynne, *Human Behaviour In Fire@ Model Development And Application* (2015).
- [25] E. Carattin and V. Brannigan, *Science or Science Fiction? The Use of Human Behavioral Models in Fire Safety Regulation* (2013).
- [26] R. Lovreglio, E. Ronchi and D. Nilsson, *An Evacuation Decision Model based on perceived risk, social influence and behavioural uncertainty*, Simulation Modelling Practice and Theory, 66 (2016) 226-242. doi:10.1016/j.simpat.2016.03.006
- [27] E. C. Cordeiro, *Modelação do comportamento das pessoas em caso de incêndio*, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra (2006).