

# Ar52



**Metodologia de dimensionamento dos caminhos de evacuação pelo  
desempenho ao abrigo do artigo 52º da Portaria 1532/2008**

Versão draft 1.0 (maio 2016)

**Documento elaborado pelo Arq. Paulo Ramos e Arq. Pedro Silvano**

(Comissão Técnica de SCIE da Ordem dos Arquitectos)

## Índice

<b>1 Introdução .....</b>	<b>4</b>
1.1 Enquadramento regulamentar no artigo 52.º do RT-SCIE.....	4
1.2 Método ou modelo.....	4
1.3 Enquadramento internacional.....	5
1.4 Enquadramento normativo .....	5
<b>2 Conceito.....</b>	<b>5</b>
<b>3 Âmbito.....</b>	<b>6</b>
<b>4 Aplicação.....</b>	<b>6</b>
<b>5 Instrução do processo de licenciamento .....</b>	<b>7</b>
5.1 Apreciação da ANPC .....	7
5.2 Termo de Responsabilidade .....	7
5.3 Memória descritiva.....	7
<b>6 Requisitos para o técnico responsável.....</b>	<b>8</b>
<b>7 Cálculo do tempo de evacuação.....</b>	<b>8</b>
7.1 Fórmula geral.....	8
7.2 Tempo deteção.....	9
7.3 Tempo verificação .....	10
7.4 Tempo de reacção .....	10
7.4.1 Principais características comportamentais influenciadoras dos diversos cenários.....	10
7.4.1.1 Níveis.....	10
7.4.1.2 Influência do sistema de alarme no tempo de reacção .....	11
7.4.1.3 Influência da arquitetura no tempo de evacuação até uma via protegida .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.4.1.4 Classificação das características da organização de segurança e efeitos no tempo de evacuação.....	12
7.4.2 Estimativa de tempos de reacção baseados em estudos de cenários comportamentais.....	13
7.5 Tempo de movimento .....	14
7.5.1 Cálculo do efetivo .....	14
7.5.2 Método de cálculo SFPE.....	14
7.5.3 Software.....	17

<b>8 Sustentabilidade da via</b> .....	<b>17</b>
8.1 Cenários de incêndio .....	17
8.2 Carga de incêndio .....	18
8.3 Condições de simulação .....	18
8.4 Modelos de simulação .....	18
8.5 Critérios de sustentabilidade .....	19
8.5.1 Evacuação sem exposição ao fumo .....	19
8.5.2 Evacuação na camada de fumo .....	20
<b>9 Validação</b> .....	<b>21</b>

## 1 Introdução

### 1.1 Enquadramento regulamentar no artigo 52.º do RT-SCIE

O artigo 52º da Portaria 1532/2008 de 29 de dezembro prevê duas metodologias distintas para o dimensionamento dos caminhos de evacuação: a aplicação do articulado prescritivo do regulamento, que impõe distâncias máximas a percorrer e a largura dos caminhos em função do efetivo, ou, alternativamente, "*com recurso a métodos ou modelos de cálculo, desde que os mesmos estejam aprovados pela entidade fiscalizadora competente*". Decorridos sete anos da publicação da portaria ainda não existe qualquer método ou modelo aprovado pela ANPC. Tendo em conta essa lacuna, a Ordem dos Arquitectos entendeu propor à aprovação da ANPC uma *metodologia* para dimensionamento dos caminhos de evacuação, que possa vir a ser usada pela comunidade projectista, com as devidas salvaguardas.

### 1.2 Método ou modelo

O articulado do artigo 52º refere a possibilidade de utilização de métodos ou modelos. Um método, no sentido do regulamento, é um processo racional para demonstração de algo. Pelo ponto de vista prático, no que à SCIE diz respeito, são conjuntos de equações para, por exemplo, estimar a temperatura de gases de combustão ou o tempo de evacuação. Por seu lado um modelo pretende ser uma representação da realidade, sendo mais complexo e consequentemente constituem normalmente um *software*. A portaria não faz qualquer distinção valorativa entre método e modelo, não estabelecendo qualquer hierarquia de utilização. Todavia a questão é bastante mais complexa do que isto.

É possível usar um método ou um modelo para determinar o tempo de evacuação de um edifício. No entanto essa informação por si só é inútil uma vez que a regulamentação não estabelece tempos máximos de evacuação. Para tornar essa informação útil é preciso compará-la com o tempo de sustentabilidade dos caminhos de evacuação, verificando assim a exposição das pessoas ao perigo. Para isso é necessário recorrer a métodos ou modelos de predição de incêndios. Daqui decorre que para fazer o dimensionamento dos caminhos de evacuação é

necessário um sistema conjugado de métodos e de modelos. É isso que propomos neste documento e por isso designamos por “metodologia” e não simplesmente método ou modelo.

### 1.3 Enquadramento internacional

O dimensionamento dos caminhos de evacuação com recurso a métodos ou modelos de cálculo não é recente, sendo atualmente possível na generalidade dos países mais desenvolvidos. Nestes países a sua utilização tem o devido enquadramento técnico feito através de regulamentos e normas. A metodologia proposta pela Ordem dos Arquitectos, não tem nada de inovadora, sendo nada mais do que a selecção e compilação de alguns dos métodos e modelos de cálculo com maior aceitação pela comunidade técnica internacional, baseando-se assim em práticas sedimentadas em vários países, nalguns casos há mais de 30 anos, estando na maior parte dos casos publicados em normas nacionais ou internacionais.

### 1.4 Enquadramento normativo

Para a elaboração da presente metodologia recorreu-se sempre que possível a normas, sendo de destacar as seguintes:

- ISO/TR 16738:2009 *“Fire-safety engineering — Technical information on methods for evaluating behaviour and movement of people”*
- ISO/TS 13571:2002 *“Life-threatening components of fire -- Guidelines for the estimation of time available for escape using fire data”*
- NFPA 72 *“National Fire Alarm and Signaling Code – 2013 Edition”*
- INSTA TS 950:2014 *“Fire Safety Engineering — Verification of fire safety design in buildings”*

## 2 Conceito

Sendo o objectivo primordial da SCIE a preservação da vida humana, qualquer dimensionamento dos caminhos de evacuação deverá poder assegurar que em nenhum momento os ocupantes do edifício estão expostos ao perigo. Importa não só evitar mortes mas também ferimentos, seja por exposição à radiação do incêndio, seja por inalação dos gases da combustão. Este conceito pode ser descrito através da fórmula (1):

$$TSE \ggg TNE \quad (1)$$

em que:

*TSE* é o "Tempo de Sustentabilidade da Evacuação"; internacionalmente é usada a sigla inglesa ASET para "Available Safe Egress Time", que numa tradução à letra seria "tempo disponível para evacuação segura";

*TNE* é o "Tempo Necessário à Evacuação"; internacionalmente é usada a sigla inglesa RSET para "Required Safe Egress Time", que numa tradução à letra seria "tempo necessário para evacuação segura".

A utilização do operador " $\ggg$ ", que é uma sequência de sinais de ">" (maior que), significa "consideravelmente maior que" e constitui a margem de segurança. Adiante é explicitada a forma de determinação do *TSE*, do *TNE* e qual a margem de segurança mínima a considerar.

### 3 Âmbito

O dimensionamento dos caminhos de evacuação compreende os seguintes aspetos:

- Número de saídas;
- Largura das saídas e dos caminhos de evacuação;
- Distâncias máximas a percorrer.

Assim o dimensionamento dos caminhos de evacuação ao abrigo do artigo 52º não está sujeito ao cumprimento das prescrições dos três aspetos atrás referidos, devendo no entanto cumprir as demais exigências do Capítulo II do Título VI do RT-SCIE bem como as disposições específicas constantes do Título VII, exceto se disserem respeito aos três aspetos referidos.

### 4 Aplicação

A presente metodologia é aplicável a todas as utilizações tipo e categorias de risco, exceto a UT V com locais de risco D, devido à especificidade dos seus ocupantes para os quais não existem valores consolidados para estimar o tempo de evacuação ou para determinar os critérios de sustentabilidade das vias.

## 5 Instrução do processo de licenciamento

Estando a presente metodologia aprovada pela ANPC ao abrigo do número 3 do artigo 52º, a não aplicação de algumas prescrições do Capítulo II do Título VI, não se traduzem em não conformidades, não sendo por isso necessário assumi-las em termo de responsabilidade ou enquadrar o projecto na Perigosidade Atípica. Todavia tendo em consideração a especificidade do dimensionamento com base nesta metodologia, deverão ser observados os procedimentos administrativos adiante descritos.

### 5.1 Apreciação da ANPC

Mesmo que não haja qualquer não conformidade no Termo de Responsabilidade o projeto terá que ser obrigatoriamente submetido à aprovação da ANPC.

### 5.2 Termo de Responsabilidade

No Termo de Responsabilidade quando se referir a legislação aplicável deverá fazer-se referência à aplicação da presente metodologia, fazendo menção ao documento de aprovação da ANPC.

### 5.3 Memória descritiva

No capítulo da memória descritiva relativa aos critérios de dimensionamento dos caminhos de evacuação, deve ser feita a explicação dos critérios adotados conforme previsto no artigo 2º do Anexo IV do DL 224/2015.

Quando se utilizarem métodos matemáticos deverão ser referidas as fórmulas utilizadas e incluir na memória descritiva os gráficos ou tabelas dos resultados obtidos. Quando se utilizarem modelos informáticos deverá ser feita referência ao *software* empregue e incluir na memória descritiva visualizações 3D dos modelos e gráficos ou tabelas dos resultados obtidos. Num caso ou noutro deverão ser descritos os cenários de incêndio considerados.

## 6 Requisitos para o técnico responsável

Poderão elaborar dimensionamento de vias de evacuação ao abrigo da presente metodologia os técnicos referidos no nº 1 do artigo 16º do Decreto -Lei n.º 220/2008, de 12 de novembro, com a redação que lhe foi dada pelo Decreto-Lei n.º 224/2015 de 9 de outubro, que cumulativamente demonstrem ter formação específica nos métodos e modelos a que estão a recorrer. A demonstração de que se tem a formação necessária poderá ser feita anexando ao projecto de SCIE o certificado do curso em causa. Caso o certificado não explicita os conteúdos, deverá ser anexado um documento da entidade formadora identificando os conteúdos lecionados.

## 7 Cálculo do tempo de evacuação

### 7.1 Fórmula geral

O *TNE* (Tempo Necessário à Evacuação) compreende várias parcelas, sendo determinado pela fórmula (2):

$$TNE = Td + Tv + Tr + Tm \quad (2)$$

em que:

*Td* é o “tempo de deteção”, que medeia entre a eclosão do foco de incêndio e a sua deteção pelo sistema de deteção;

*Tv* é o “tempo de verificação”, que medeia o alarme restrito na CDI e a confirmação no local de que se trata de uma ocorrência real, dando o alarme de evacuação;

*Tr* é o “tempo de reação ao alarme”, que medeia o alarme de evacuação e o início do movimento de evacuação;

*Tm* é o “tempo de movimento”, que medeia o início do movimento de evacuação até à chegada a um local seguro.

Nos pontos adiante é indicada a forma de determinação de cada uma destas parcelas.



## 7.2 Tempo deteção

O tempo de deteção (*T<sub>d</sub>*) deverá ser determinado com recurso a *software* de predição de incêndios, havendo duas abordagens possíveis:

- Opção **A** - Usar a informação dada pelo *software* (temperatura da camada de fumo ou densidade ótica) para determinar quando é que se dá a deteção;
- Opção **B** - Introduzir detetores de incêndios no modelo e usar o tempo de deteção dado pelo *software*.

Em qualquer dos casos deverá ter-se em consideração o seguinte:

- A natureza da carga de incêndio, que pode produzir fumo com maior ou menor densidade ótica;
- As características e posicionamento dos detetores.

Caso se opte pela opção **A** os critérios para considerar a ativação do detetor deverão ser os seguintes:

- Detetores óticos, um dos seguintes dois critérios:
  - Densidade ótica na camada de fumo superior a  $0,145 \text{ m}^{-1}$ ;
  - Aumento da temperatura na camada de fumo, em função das características da carga de incêndio do compartimento:
    - Fumo pouco opaco (p.e. madeira): aumento de 50°C;
    - Fumo medianamente opaco (p.e. tecido): aumento de 30°C;
    - Fumo muito opaco (p.e. espuma de poliuretano ou PVC): aumento de 10°C;
    - Em circunstâncias em que haja uma grande diversidade de materiais sem que nenhuma seja manifestamente predominante deverá ser assumido o valor mais conservador (aumento de 50°C);
- Detetores térmicos: de acordo com a temperatura de ativação do equipamento acrescida de 10°C.

A opção **A** só poderá ser utilizada se o sistema de deteção de incêndios cumprir as exigências do RT-SCIE e se o projeto e instalação do sistema de deteção de incêndios estiver em conformidade com a EN54.

Caso se opte pela opção **B** o *software* a utilizar deverá ser assente num modelo de dinâmica de fluidos (modelo CFD, do inglês “*Computational Fluid Dynamics*”), não sendo aceites para este efeito os modelos de zona.

### **7.3 Tempo verificação**

O tempo de verificação ( $T_v$ ) deverá ser calculado tendo em consideração:

- O tempo de reconhecimento do alarme restrito na central;
- O tempo de percurso desde do posto de segurança até a local onde foi considerada a eclosão do incêndio no cenário considerado;
- O tempo necessário para fazer a verificação do alarme uma vez chegado ao local de eclosão do incêndio; caso o local tenha uma planta complexa que não permita uma verificação imediata deverá ser considerado o tempo de percurso dentro do local;
- O tempo de percurso até à botoneira de alarme mais próxima para confirmação do alarme;

O tempo de percurso deverá ser determinado de acordo com as características do caminho a percorrer (percurso horizontal ou em rampa, ou percurso por escada) usando a metodologia descrita no ponto 0 “Poderão ser adotados outros valores limites desde que devidamente fundamentados nos meios de segurança existentes e recorrendo a normas e bibliografia especializada, que deverá ser referida em projeto.

- Tempo de movimento”.

### **7.4 Tempo de reacção**

#### **7.4.1 Principais características comportamentais influenciadoras dos diversos cenários**

##### *7.4.1.1 Níveis*

Em cada cenário, as características de reacção dos ocupantes, em particular o tipo de alarme e o tempo de reacção, estão dependentes de uma série de variáveis das quais se destacam:

- Configuração do sistema de Alarme (classificado de A1 a A3);

- Complexidade do Edifício (classificado de E1 a E3);
- Nível da Organização de segurança (classificado de O1 a O3).

#### *7.4.1.2 Configuração do sistema de alarme*

A influência do sistema de alarme no tempo de reação classifica-se de acordo com:

- **Nível de alarme A1** - existência de deteção automática no edifício que dê origem a um alarme geral imediato a todos os ocupantes das zonas afetadas;
- **Nível de alarme A2** (duas fases) - existência de deteção automática no edifício que dê origem a um alarme restrito no posto de segurança, com capacidade de acionamento manual de um sistema de difusão de alarme através de mensagem gravada para as zonas afetadas seguido de um alarme geral após esgotada uma temporização depois do alarme restrito;
- **Nível de alarme A3** - existência de deteção automática no local próximo do incêndio ou ausência de deteção automática, mas existência de um sistema manual de alarme geral no edifício;

#### *7.4.1.3 Complexidade do edifício*

A complexidade de um edifício afeta o tempo de reação dos seus ocupantes e o tempo necessário para localizar as saídas de acordo com as seguintes características:

- **Nível de complexidade E1** (p.e. supermercado simples) - simples, retangular, com um único piso, com uma ou poucas divisões e uma arquitetura simples que permita boa visibilidade, distâncias de percurso reduzidas e um bom número de saídas levando diretamente para o exterior do edifício;
- **Nível de complexidade E2** (p.e. edifício administrativo simples com vários pisos) - edifício com várias divisões, usualmente com vários pisos e uma arquitetura simples;
- **Nível de complexidade E3** (p.e. edifícios grandes e complexos) - grandes complexos, podendo contemplar a existência de vários edifícios; a característica mais importante é que o desenho interno envolve por regra espaços grandes e complexos onde os ocupantes podem ter dificuldade em identificar os caminhos de evacuação o que se traduz num acréscimo de dificuldade para as equipas de evacuação;

#### 7.4.1.4 Organização de segurança

Em muitas situações o tempo de reação dos ocupantes até darem início à evacuação encontra-se muito dependente da implementação das medidas de autoproteção e da estratégia por estas definida. Isto depende de elementos tais como a formação do pessoal e das equipas da organização de segurança, mas também das ferramentas ao dispor da organização de segurança que lhes permitem levar a cabo uma evacuação rápida e eficaz. As mais importantes destas ferramentas são o sistema de alarme e a complexidade do edifício. De modo a se conseguir classificar a influência da organização de segurança no tempo de evacuação, desenvolveu-se uma classificação em três níveis. Esta pode estar ligada com a classificação do sistema de alarme e com a classificação da complexidade do edifício:

- **Nível da organização O1** - os ocupantes usuais (funcionários ou residentes) são treinados com o objetivo de alcançar um nível elevado de organização de segurança, com um bom plano de prevenção, de conservação e manutenção, um plano de emergência bem desenvolvido e exercícios regulares. Em edifícios com ocupantes acordados e não familiarizados com o espaço, existe uma elevada percentagem de pessoal da Organização de Segurança afeto aos visitantes. Os sistemas e procedimentos são sujeitos a inspeções regulares, incluindo auditorias a simulacros de evacuação com o objetivo de monitorizar se os resultados obtidos satisfazem os critérios de projeto. Este nível normalmente também implica em edifício bem concebido com caminhos de evacuação simples e facilmente identificáveis (níveis E1 ou E2), com deteção automática e sistema de alarme de nível mais elevado (A1). Se utilizado por público poderá ser necessário prever um sistema de alarme por voz;
- **Nível da organização O2** - este nível é semelhante ao anterior (O1), mas com menor número de funcionários e de elementos da organização de segurança, podendo os responsáveis de piso não estar sempre presentes. Poderão não existir inspeções regulares. O nível de complexidade do edifício deverá ser E2 ou E3 e o de alarme A2. Os tempos de evacuação serão mais conservadores que para um nível de organização O1;
- **Nível da organização O3** - este nível representa os edifícios simples, com uma organização de segurança mínima e básica. Não existirão inspeções regulares. O nível de complexidade do edifício poderá ser E3 e o de alarme A3. Não justifica projeto baseado no desempenho a menos que sejam tomadas outras medidas para garantir a

segurança, tais como agravamento da resistência ao fogo, da reação ao fogo e/ou sistemas ativos.

## 7.4.2 Estimativa de tempo de reação ao alarme

Os tempos de reação deverão ser determinados de acordo com a utilização do edifício, característica dos seus ocupantes, complexidade do edifício, sistema de alarme disponível e organização de segurança implementada. Na tabela abaixo são dados tempos de referência com base em situações reais.

Cenários e níveis de alarme, complexidade do edifício e organização de segurança <sup>a</sup>	1 <sup>os</sup> ocupantes a iniciar a fuga	Últimos ocupantes
<b>A: Acordados e familiarizados (p.e. administrativos)</b>		
O1 E1-E2 A1-A2	0,5	1,5
O2 E1-E2 A1-A2	1	3
O3 E1-E2 A1-A3	> 15 <sup>b</sup>	> 30 <sup>b</sup>
Para E3 adicionar 0,5 minuto para localização de percurso;		
<b>B: Acordados e não familiarizados (p.e. comerciais)</b>		
O1 E1 A1-A2	0,5	2,5
O2 E1 A1-A2	1	4
O3 E1 A1-A3	> 15 <sup>b</sup>	> 30 <sup>b</sup>
Para E2 adicionar 0,5 minuto para localização de percurso e para E3 adicionar 1 minuto;		
<b>C1: A dormir e familiarizados (ex. habitação, etc.)</b>		
O2 E1 A1	5 <sup>b</sup>	10 <sup>b</sup>
O3 E1 A3	10 <sup>b</sup>	> 40 <sup>b</sup>
Para outras unidades em um bloco, assumir 1 h.		
<b>C2: A dormir e não familiarizados (p.e. hotéis, pensões, residências, etc.)</b>		
O1 E2 A1-A2	15 <sup>b</sup>	30 <sup>b</sup>
O2 E2 A1-A2	20 <sup>b</sup>	40 <sup>b</sup>
O3 E2 A1-A3	> 20 <sup>b</sup>	> 40 <sup>b</sup>
Para E3 adicionar 1 minuto para localização de percurso;		
<b>D1: Cuidados de saúde - Acordados e não familiarizados (p.e. centros de dia, clínicas, etc.)</b>		
O1 E1 A1-A2	0,5	2
O2 E1 A1-A2	1	3
O3 E1 A1-A3	> 15	> 15
Para E2 adicionar 0,5 minuto para localização de percurso e para E3 adicionar 1 minuto;		

Cenários e níveis de alarme, complexidade do edifício e organização de segurança <sup>a</sup>	1 <sup>os</sup> ocupantes a iniciar a fuga	Últimos ocupantes
<b>E: Gares de transporte - Acordados e não familiarizados</b> (p.e. aeroportos, estações de comboios, etc.)		
O1 E3 A1-A2	1,5	4
O2 E3 A1-A2	2	5
O3 E3 A1-A3	> 15	> 15

<sup>a</sup> “O” classifica o nível da Organização de Segurança; “E” classifica o nível de complexidade do edifício; “A” classifica o nível de alarme;

<sup>b</sup> Maiores níveis de incerteza;

Poderão ser adotados outros valores limites desde que devidamente fundamentados nos meios de segurança existentes e recorrendo a normas e bibliografia especializada, que deverá ser referida em projeto.

## 7.5 Tempo de movimento

O tempo de movimento ( $T_m$ ) pode ser determinado de duas formas:

- Através do método de cálculo SFPE (*Society of Fire Protection Engineers*), que incorporou o resultado de investigação desenvolvida sobretudo no Reino Unido, Estados Unidos da América, Canadá, Japão e Rússia, sendo largamente utilizado pela comunidade técnica internacional, estando referenciado e aceite pela regulamentação de SCIE em alguns países;
- Com recurso a *software*.

### 7.5.1 Cálculo do efetivo

Para efeito do cálculo do tempo de movimento deverá ser usado o efetivo resultante da aplicação do disposto no artigo 51<sup>o</sup> do RT-SCIE.

### 7.5.2 Método de cálculo SFPE

A determinação do tempo de movimento ( $T_m$ ) através do método SFPE é feito da seguinte forma:

- O percurso total é dividido em troços de acordo com as suas características de tipo de percurso (movimento horizontal/rampa ou escada) e respectiva largura; a título de exemplo num edifício simples com vários pisos em que nos pisos haja corredores, o

percurso total poderia ser dividido em três troços sendo um o percurso no local de eclosão de incêndio até ao corredor, outro o percurso no corredor e por fim outro com o percurso na escada;

- Para cada troço é determinado o tempo de percurso  $T_p$ , em função da distância a percorrer e da velocidade de deslocamento, que está dependente das características da via (movimento horizontal/rampa ou escada e respectiva inclinação), largura da via e número de pessoas;
- Para cada vão de transição entre troços é determinado o tempo de passagem no estrangulamento da via  $T_e$ , que está dependente da largura do vão, do número de ocupantes e sua densidade;
- O tempo total do percurso é dado pela soma dos tempos dos vários troços.

O tempo de percurso em cada troço  $T_p$  é dado pela fórmula (3):

$$T_p = \frac{d}{v} \quad (3)$$

Em que  $d$  é a distância máxima a percorrer no troço (em metros) e  $v$  a velocidade nesse troço (em m/s). É necessário ter em consideração que nas rampas e escadas a distância a percorrer  $d$  é medida em verdadeira grandeza e não em planta, devendo ser aferida pela conjugação de plantas e cortes. No caso específico das escadas, para encontrar a verdadeira grandeza da distância a percorrer  $d$  pode-se multiplicar da diferença de cotas entre pisos pelo fator de conversão da tabela abaixo, acrescido da distância a percorrer nos patamares.

Altura do espelho	Dimensão do cobertor	Fator de conversão
190 mm	254 mm	1,66
178 mm	279 mm	1,85
165 mm	305 mm	2,08
165 mm	330 mm	2,22

A velocidade  $v$  referida na fórmula (3) é dada pela fórmula (4):

$$v = k - akD \quad (4)$$

em que  $k$  é o factor de velocidade específico das características do troço,  $a$  é uma constante (0,266) e  $D$  a densidade no troço em estudo (em pessoas/m<sup>2</sup>).

Os valores para o factor de velocidade  $k$  são dados pela tabela abaixo:

Características do troço		Factor de velocidade $k$
Percurso horizontal ou em rampas		1,4
Percurso em escadas		
Altura do espelho	Dimensão do cobertor	
190 mm	254 mm	1,00
178 mm	279 mm	1,08
165 mm	305 mm	1,16
165 mm	330 mm	1,23

Em circunstâncias de baixa densidade (inferior a 0,54 pessoas/m<sup>2</sup>) em que a velocidade do indivíduo não é condicionada pelas pessoas à sua volta podendo andar a uma velocidade máxima, a velocidade  $v$  é dada pela tabela abaixo:

Características do troço		Velocidade (m/s)
Percurso horizontal ou em rampas		1,19
Percurso em escadas		
Altura do espelho	Dimensão do cobertor	
190 mm	254 mm	0,85
178 mm	279 mm	0,95
165 mm	305 mm	1,00
165 mm	330 mm	1,05

Por oposição, com densidades muito elevadas (superior a 3,8 pessoas/m<sup>2</sup>) a velocidade será nula pelo que o tempo nesse troço é dado apenas pelo tempo de estrangulamento.

O tempo de estrangulamento  $T_e$  de um dado troço é dado pela fórmula (5):

$$T_e = \frac{P}{F_e \times L_e} \quad (5)$$

em que  $P$  é o número de pessoas consideradas no troço,  $F_e$  o fluxo específico do troço e  $L_e$  a largura efectiva do troço. O fluxo específico  $F_e$  é determinado pela fórmula (6):

$$F_e = vD \quad (6)$$

em que  $v$  é a velocidade no troço, determinado de acordo com a fórmula (4) e  $D$  a densidade no troço em estudo (em pessoas/m<sup>2</sup>). A largura efetiva  $L_e$  do troço considera uma redução em



relação à sua largura útil tendo em consideração as características do percurso, sendo dada pela tabela abaixo:

<b>Critério</b>	<b>Redução</b>
Escadas – parede ou limite da laje do lado da bomba	15 cm
Corrimãos (medida em relação ao eixo)	9 cm
Cadeiras fixas em salas de espectáculos ou estádios	0 cm
Corredores e rampas	20 cm
Obstáculos	10 cm
Portas, vãos de passagem	15 cm

Esta redução de largura deverá ser aplicada a ambos os lados do percurso. Em circunstâncias em que no mesmo lado aconteçam simultaneamente duas situações (por exemplo escadas entre paredes com corrimãos) deverá assumir-se o valor mais conservador.

### **7.5.3 Software**

O tempo de evacuação poderá também ser determinado com recurso a *software* que estejam devidamente testados e cuja informação técnica refira as fórmulas subjacentes ao cálculo, de forma a permitir a sua validação.

Considera-se que pode ser utilizado o *software* FDS+Evac, do NIST (*National Institute of Standards and Technology*), ou outro *software* que a ANPC venha a definir no seu site como adequado.

## **8 Sustentabilidade da via**

A sustentabilidade da via deverá ser aferida através de simulações de incêndio, sendo os resultados obtidos comparados com os critérios de sustentabilidade da evacuação.

### **8.1 Cenários de incêndio**

Na memória descritiva do projeto deverão ser descritos os cenários de incêndio considerados e quais os critérios que levaram a escolher os cenários em questão, sendo essa escolha eventualmente suportada por análise de risco feita com base em árvore de acontecimentos.

## 8.2 Carga de incêndio

A carga de incêndio a usar na simulação deverá ser determinada com base numa das seguintes fontes:

- Despacho 2074/2009, sendo descontadas as áreas de circulação nos espaços;
- Eurocódigo 1, parte 1-2, tabela E.4;
- “Avaliação do Risco de Incêndio – Método de Cálculo”, IST 2004, Anexo 1, sendo descontadas as áreas de circulação nos espaços, mais conhecido como “Método de Gretener”;
- Outras referências bibliográficas fidedignas, nomeadamente teses de mestrado e doutoramento.

Em qualquer dos casos deverá ser citada na memória descritiva a fonte escolhida.

## 8.3 Condições de simulação

As simulações de incêndios deverão ser feitas considerando:

- Que a porta do compartimento em que se dá a eclosão do incêndio está aberta, mesmo que em projeto esteja previsto que seja uma porta com fecho automático;
- Caso o compartimento tenha janelas a simulação deverá ter em consideração a quebra das mesmas, que deverá ocorrer dentro dos seguintes limites:
  - Caso a camada de fumo tenha alcançado a janela, temperatura dos gases entre 300 a 400°C;
  - Caso a camada de fumo não desça à altura da janela, fluxo radiante entre 1,8 e 6,2 kW/m<sup>2</sup>;
  - A escolha do valor dentro deste intervalo deverá ser feita em função das características do vidro e da caixilharia empregues, devendo ser devidamente justificado.

## 8.4 Modelos de simulação

A simulação de incêndio poderá ser feita com recurso a *software* de modelos de zona ou de modelo de dinâmica de fluidos (CFD, do inglês “*Computational Fluid Dynamics*”), desde que

estejam devidamente testados e cuja informação técnica refira as fórmulas subjacentes ao cálculo, de forma a permitir a sua validação. O *software* a utilizar deverá ter a capacidade de fornecer os dados referidos no ponto 8.5 “Critérios de sustentabilidade”.

Considera-se que pode ser utilizado o *software* de modelo de zona CFAST “*Fire Growth and Smoke Transport Modeling*” e o modelo de dinâmica de fluidos FDS “*Fire Dynamics Simulator*” ambos, do NIST, ou outros *software* que a ANPC venha a definir no seu site como adequados.

## 8.5 Critérios de sustentabilidade

No caso de incêndios em edifícios, os seus ocupantes podem ficar expostos ao fogo e ao fumo. As evidências estatísticas demonstram que a maioria das mortes em incêndio não é causada pelo contacto direto com o fogo mas sim por inalação de fumo. Enquanto um incêndio pode limitar-se a uma área localizada de um edifício, o fumo produzido aumentará formando uma camada superior quente e pode se espalhar rapidamente a outros espaços do edifício. Nos perigos potenciais para os ocupantes inclui-se a temperatura, os gases tóxicos transportados pelo fumo e obscurecimento causado por este.

Teremos dois cenários possíveis para a avaliação da evacuação dos ocupantes numa situação de incêndio:

- Evacuação abaixo da camada de fumo;
- Evacuação na camada de fumo.

### 8.5.1 Evacuação abaixo da camada de fumo

Neste cenário os ocupantes não são diretamente expostos ao fumo, mantendo a camada de fumo acima da altura da cabeça dos ocupantes, devendo ser garantidos os seguintes critérios de sustentabilidade:

- Temperatura da camada de fumo inferior a 200º C;
- Altura da camada de fumo deve ser no mínimo de 2,0 m acima do nível do chão;
- Fluxo radiante inferior a 2,5 KW/m<sup>2</sup>.

## 8.5.2 Evacuação na camada de fumo

Neste cenário os ocupantes são diretamente expostos ao fumo, devendo ser garantidos os seguintes critérios de sustentabilidade:

- Temperatura da camada de fumo inferior a 80° C.
- Exposição aos gases da combustão, os quais devem cumprir os limites de pico e valor médio durante 30 minutos abaixo indicados:
  - Monóxido de carbono (CO): média < 150 ppm, pico <250 ppm;
  - Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>): média < 15.000 ppm, pico <25.000 ppm;
  - Cloreto de hidrogénio (HCl): média < 15 ppm, pico < 25 ppm;
  - Cianeto de hidrogénio (HCN): média < 30 ppm, pico <50 ppm;
- Teor de oxigénio acima dos 15%;
- Visibilidade superior a 3 m no local da eclosão do fogo se este tiver área inferior a 100 m<sup>2</sup> e visibilidade superior a 10 m nos restantes casos.

Tendo em conta que os valores de exposição aos gases de combustão deste documento são bastante conservadores, o projetista, caso assim o entenda, poderá fazer a verificação dos critérios de sustentabilidade de acordo com a ISO/TS 13571:2002, devendo nesse caso os valores de FEC (do inglês “*Fractional Effective Concentration*”) e FED (do inglês “*Fractional Effective Dose*”) ser inferiores a 0,3.

A visibilidade deverá ser verificada a 2 m de altura do pavimento e é determinada a partir da densidade ótica de fumo aplicando as fórmulas (8) e (9), consoante o valor do coeficiente de extinção  $k$  determinado pela fórmula (7).

$$k = \frac{OD}{2,3} \quad (7)$$

Para  $k < 0,25$

$$L = \frac{C}{k} \quad (8)$$

Para  $0,25 < k < 1,1$

$$L = \frac{C(0,133 - 1,47 \log k)}{k} \quad (9)$$

em que  $OD$  é a densidade ótica de fumo (expresso em m<sup>-1</sup>),  $L$  a distância de visibilidade e  $C$  um valor dependente do brilho do objeto que pode assumir os seguintes valores típicos:

- Paredes, pavimento, portas: entre 1 e 2
- Sinal fotoluminescente: entre 2 e 4
- Sinal retro iluminado: entre 5 e 10

## 9 Validação

Como se referiu na fórmula (1), o “Tempo de Sustentabilidade da Evacuação”  $TSE$  deve ser consideravelmente maior que o “Tempo Necessário à Evacuação”  $TNE$ , havendo assim uma margem de segurança. Essa margem de segurança  $Ms$  pode ser expressa pela fórmula (10):

$$\frac{TSE}{TNE} > Ms \quad (10)$$

em que  $Ms$  pode assumir o valor de 1,2 a 2 de acordo com os seguintes critérios, devendo ser adotado o valor que for inferior:

- Edifícios com *sprinklers* cumprindo as exigências regulamentares mas em que a atuação dos *sprinklers* não tenha sido considerada nas simulações: 1,2
- No que concerne à conformidade regulamentar:
  - Edifícios sem qualquer não conformidade ou que estas sejam pouco relevantes: 1,2;
  - Edifícios com não conformidades graves e generalizadas: 2,0;
  - Poderão ser interpolados valores intermédios devidamente justificados através de métodos de análise de risco quantitativos absolutos.