

Determinação da densidade de carga de incêndio modificada nos edifícios

Métodos, resultados e critérios de seleção

Modified fire load determination in buildings

Methods, results and selection criteria

Cristina Cadete Pires, Rui Veiga¹

Resumo

A determinação da classificação das categorias de risco aplicáveis às utilizações-tipo XI «bibliotecas e arquivos» e XII «industriais, oficinas e armazéns», implica o cálculo da densidade de carga de incêndio modificada, que pode ser executado através de dois métodos usados de forma indistinta pelo técnico: determinístico e probabilístico.

Este estudo realizado na área da segurança contra incêndios tem como objetivo investigar os resultados obtidos do cálculo da densidade de carga de incêndio modificada através dos dois métodos e a classificação da UT. Os cálculos foram efetuados com base numa UT real com materiais e atividades definidas. A obtenção de valores diferentes na UT XII, determina categorias de risco discrepantes, que vão desvirtuar as condições técnicas exigidas pelo referido regulamento à UT.

Os resultados obtidos levaram-nos a concluir que o legislador não definindo qual o método a utilizar e deixando deste modo ao critério de cada técnico a seleção e conseqüentemente a determinação da categoria de risco da UT, não consegue atingir o objetivo a que se propôs no RG-SCIE: uniformizar o grau de exigência na implementação das medidas de SCIE.

Palavras-chave: SCIE; carga de incêndio; determinístico; probabilístico

Abstract

The determination of the risk classification categories, applicable to the uses type-XI «libraries and archives» and XII «industrial, manufactories and warehouses» involves the modified fire load calculation, which can be implemented through two methods to be used indistinctly by the technician: deterministic and probabilistic.

This study conducted in the fire safety area, aims to investigate the calculation results of the modified fire load by the two methods and the classification of the UT. The calculations were made based on a real UT with defined activities and materials. Obtaining different values in UT XII, determine contradictory categories of risk, which will detract from the technical conditions required by the regulation to UT.

The results led us to conclude that the legislator who hasn't define which method to use and thereby leaves to the discretion of each technician the selection and consequently the risk category determination of the UT, cannot achieve the goal it has set in RG-SCIE: the standardization of the demanded level in implementation of measures SCIE.

Keywords: SCIE; fire load; deterministic; probabilistic

¹ ISLA Santarém, Licenciatura de Engenharia de Segurança do Trabalho.

Cristina Cadete Pires, aluna finalista 3^o EST (cadete.pires@gmail.com), Rui Veiga, Professor Especialista de SST (rveiga.sht@gmail.com)

1. Introdução

Com a entrada em vigor do atual Regime Jurídico da Segurança Contra Incêndio em Edifícios, qualquer projeto ou medida de autoproteção implica necessariamente a classificação dos edifícios e recintos em utilizações tipo (UT). A determinação da classificação das categorias de risco aplicáveis às UT XI «bibliotecas e arquivos» e XII «industriais, oficinas e armazéns» implica o cálculo da densidade de carga de incêndio modificada. O Regulamento Geral de Segurança Contra Incêndios em Edifícios (RG-SCIE) recorre ao conceito de carga de incêndio modificada e densidade de carga de incêndio modificada para determinação dos referidos cálculos (Castro & Abrantes, 2009).

A carga de incêndio modificada corresponde à quantidade de calor libertada, suscetível de ser libertada pela combustão completa da totalidade de elementos contidos num espaço, incluindo o revestimento das paredes, divisórias, pavimentos e tetos. A densidade de carga de incêndio é a carga de incêndio por unidade de área útil de um dado espaço ou, para o caso de armazenamento, por unidade de volume, conforme referido no art.º 2º do (DL n.º220/2008).

Os critérios técnicos para determinação da densidade de carga de incêndio modificada encontram-se definidos no Despacho n.º 2074/2009 de 15 de Janeiro. Neste Despacho são disponibilizados dois métodos de cálculo que podem ser usados de forma indistinta. O método determinístico, baseado no prévio conhecimento da quantidade e da qualidade de materiais existentes no compartimento em causa e o método probabilístico baseado em resultados estatísticos do tipo de atividade exercida no compartimento em causa (Castro & Abrantes, 2009).

Os cálculos são efetuados, recorrendo a qualquer dos métodos para determinação da densidade de carga de incêndio modificada de um local ou grupo de locais pertencentes ao mesmo compartimento corta-fogo, isto é, a parte de um edifício, compreendendo um ou mais espaços, divisões ou pisos delimitada por elementos de construção com resistência ao fogo adequada a, durante um período de tempo determinado garantir a proteção do edifício ou impedir a propagação do incêndio ao resto do edifício ou, ainda, a fracionar a carga de incêndio (Miguel & Silvano, 2009).

Citando Miguel e Silvano *“os valores constantes das tabelas do Despacho 2074/2009 de 15 de Janeiro têm por base o trabalho realizado pelo Eng.º Suíço MaxGretner na década de 60, o qual deu origem ao denominado Método de Gretner. Assim sendo as atividades e o tipo de armazenamento que se faziam à data, em algumas situações não refletem a realidade dos nossos dias uma vez que tinham como pressupostos materiais, equipamentos e métodos de fabrico distintos dos atuais”*

Apesar dos cálculos serem simples, é importante ter conhecimentos adequados para se poder aplicar as fórmulas apresentadas e obter valores condizentes com a realidade. A complexidade da legislação obriga a que só os técnicos habilitados possam elaborar projetos e as medidas de autoproteção (Almeida).

A organização deste documento foi efetuada de acordo com cinco capítulos principais que de certa forma refletem o seu processo de desenvolvimento: Introdução, Metodologia, Estudo de Caso, Resultados, e Conclusões.

1.1. Objetivos

Realizar estudo na área da segurança contra incêndio em edifícios baseado nos resultados do cálculo da densidade de carga de incêndio modificada através de dois métodos distintos e a classificação da categoria de risco.

Foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

1º - Determinar se é indiferente a seleção do método de cálculo da densidade de carga de incêndio modificada para a classificação da categoria de risco das UT XI e XII;

2º - Verificar se é necessária a definição de critérios para a seleção do método como forma de uniformizar o grau de exigência na implementação das medidas de SCIE.

2. Metodologia

No estudo foi descrita uma UT real com materiais e atividades definidas, calculada a densidade de carga incêndio modificada com os dois métodos e classificada a UT em categoria de risco em função dos resultados obtidos.

As instalações não possuem compartimentação corta-fogo, pelo que o edifício apesar de se encontrar subdividido em pavilhões é considerado em termos de compartimentação como um edifício único, sendo os cálculos efetuados para o espaço coberto e ao ar livre. Posteriormente foram efetuados os mesmos cálculos considerando o edifício subdividido por pavilhão.

A densidade de carga de incêndio modificada (q_{es}) corresponde à quantidade calorífica expressa em MJ (Mega Joules) existentes por m^2 e pode ser determinada a partir das fórmulas, apresentadas no (Despacho nº 2074/2009): (A) cálculo determinístico, (B) cálculo probabilístico, (B₁) Fabrico, (B₂) Armazenamento e (B₃) totalidade da UT.

Tabela 1 - Densidade de carga de incêndio modificada: métodos de cálculo

Cálculo determinístico (A)	Cálculo probabilístico (B)		
	Fabrico (B1)	Armazenamento (B2)	Totalidade UT (B3)
$q_{es} = \frac{\sum_{i=1}^{N_s} M_i H_i C_i R_{ai}}{S}$	$q_{es} = \frac{\sum_{i=1}^{N_s} q_{si} S_i C_i R_{ai}}{\sum_{i=1}^{N_s} S_i}$	$q_{es} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{ar}} q_{vi} h_i S_i C_i R_{ai}}{\sum_{i=1}^{N_{ar}} S_i}$	$q = \frac{\sum_{k=1}^N q_{ak} \delta_k}{\sum_{k=1}^N \delta_k}$

No Despacho 2074/2009 encontram-se as especificações referentes às fórmulas apresentadas e no respetivo anexo estão publicados quadros com os coeficientes necessários aos cálculos.

2.1. Método determinístico

Exige o conhecimento da quantidade e qualidade dos materiais existentes, pelo que foi efetuado um inventário de todos os produtos e respetivas quantidades (Kg). É necessário determinar o coeficiente adimensional de combustibilidade (C_i), sendo o ponto de inflamação do óleo (gorduras) $\geq 121^\circ C$, risco baixo ($C_i = 1$). O coeficiente adimensional de ativação (R_{ai}) assumiu o valor alto (3) quando a atividade foi definida – gorduras e valor baixo (1) no fabrico do sabão. Considerando como único compartimento, verifica-se que existem várias atividades, no entanto, nenhuma das atividades ocupa 10% da área útil, pelo que o coeficiente de ativação (R_{ai}) foi adotado em função da média dos riscos de ativação das diferentes

atividades, ponderada pelas respectivas áreas, de acordo com o art.º 7º, ponto 3 (Despacho nº 2074/2009).

2.2. Método probabilístico

Baseado em resultados estatísticos do tipo de atividade exercida no compartimento em causa.

2.3. Classificação da Categoria de Risco

Após o cálculo da carga de incêndio modificada a categoria de risco da UT XII em estudo é determinada de acordo com o quadro X, do Anexo III do (DL n.º220/2008).

3. Estudo de caso

Tratando-se de uma UT cuja atividade é armazenamento e refinação de óleos, todos os produtos são fabricados e armazenados em tanques, foi considerada como capacidade máxima dos tanques 80% do seu volume.

Os produtos armazenados e sujeitos a refinação são constituídos maioritariamente por óleos alimentares usados, consultando a tabela I (Despacho nº 2074/2009), verificamos que para cálculo do poder calorífico do combustível (H_i) o material combustível que possui características semelhantes poderá ser Óleo de Linhaça ($H_i=37,2$ MJ/Kg) e Gorduras ($H_i=42$ MJ/Kg). De forma a verificar se a escolha influenciava o valor da carga de incêndio modificada, foram efetuados cálculos utilizando os dois valores.

Tabela 2 - Tanques de armazenamento e fabrico: capacidade, localização e produto

CAPACIDADES (Kg) tanques de armazenamento e fabrico								
Local	Tipo Produto	Capacidade/ Kg				Área ocupada m ²	Área Total Pavilhão m ²	
		Fabrico		Armazenado	Armazenado e Fabrico			
Pavilhão 1	Óleos	68.040	C	198.173	C	266.213	79,00	421,18
Pavilhão2	Óleos	0		92.916	C	92.916	33,50	274,31
Pavilhão 3	Óleos	0		29.290	C	49.690	12,80	268,80
	Sabão	20.400	C	0			13,00	
Pavilhão 4	Óleos	48.240	C	29.750	C	77.990	35,40	222,53
	Óleos	0		261.526	AL	261.526	68,50	400,00
Parque exterior	Gordura animal	0		120.270	AL	120.270	37,50	4.068,91
	Óleos	20.160	AL	888.062	AL	908.222	219,50	
	Sabão	0		24.000	AL	0	6,00	
	Sabão	25.600	AL	0		0	6,00	
	Óleos Unicubos	0		68.000	AL	0	85,00	
	Gasóleo	0		6.753	AL	0	11,00	
SOMA		182.440		1.718.740		1.776.827	607,20	5.655,73

4. Resultados

Na primeira fase do estudo verificámos se os resultados do cálculo se diferenciavam de forma significativa, caso se baseassem no constituinte combustível gordura ou óleo de linhaça. Os cálculos efetuados pelo método determinístico permitiram apurar os seguintes resultados:

Tabela 3 - Densidade da carga de incêndio modificada: Método determinístico (gordura e óleo de linhaça)

Constituinte combustível	Área útil m ² do compartimento	Coberto/ Ar livre	q _s = MJ/m ²	Categoria de Risco
Gordura	1.186,82	Coberto	50.239	4ª CR
	4.468,91	Ar livre	39.003	4ª CR
Óleo de linhaça	1.186,82	Coberto	44.580	4ª CR
	4.468,91	Ar livre	35.014	4ª CR

Uma vez verificada a não existência de diferença significativa nos resultados, os restantes cálculos foram efetuados de acordo com o constituinte combustível gordura.

Na segunda fase calculamos a densidade da carga de incêndio modificada pelo método probabilístico

Tabela 4 - Densidade da carga de incêndio modificada: Método probabilístico

Constituinte combustível	Área útil m ² do compartimento	Coberto/ Ar livre	q _s = MJ/m ²	Categoria de Risco
Gordura	1.186,82	Coberto	14.236	3ª CR
	4.468,91	Ar livre	14.022	3ª CR

Na terceira fase procedemos de igual modo ao cálculo do valor da densidade de carga de incêndio por pavilhão pelo método determinístico e probabilístico, para verificar se existiam diferenças significativas, caso os espaços do edifício possuíssem compartimentação corta-fogo:

Tabela 5 – Densidade da carga de incêndio modificada: Método determinístico (cálculo por pavilhão)

Pavilhão	Área útil m ² do compartimento	Coberto/ Ar livre	q _s = MJ/m ²	Categoria de Risco
1	421,18	Coberto	79.640	4ª CR
2	274,31	Coberto	42.680	4ª CR
3	268,80	Coberto	16.917	4ª CR
4	222,53	Coberto	44.159	4ª CR
4	400,00	Ar livre	82.381	4ª CR
Parque exterior	4.068,91	Ar livre	34.738	4ª CR

Tabela 6 - Densidade da carga de incêndio modificada: Método probabilístico (cálculo por pavilhão)

Pavilhão	Área útil m ² do compartimento	Coberto/ Ar livre	q _s = MJ/m ²	Categoria de Risco
1	421,18	Coberto	20.344	4ª CR
2	274,31	Coberto	27.698	4ª CR
3	268,80	Coberto	4.055	2ª CR
4	222,53	Coberto	6.675	3ª CR
4	400,00	Ar livre	56.842	4ª CR
Parque exterior	4.068,91	Ar livre	11.163	3ª CR

Na quarta fase elaboramos uma tabela resumo que facilitasse a comparação dos resultados e classificação das categorias de risco entre métodos:

Tabela 7 - Comparação de resultados entre métodos

Método	Coberto/ Ar livre	$q_s = \text{MJ/m}^2$	Categoria Risco
Determinístico	Coberto	50.239	4ª CR
Determinístico	AL	39.003	4ª CR
Probabilístico	Coberto	14.236	3ª CR
Probabilístico	AL	14.022	3ª CR

Por último foram comparados os resultados obtidos através dos dois métodos por pavilhão:

Tabela 8 - Comparação de resultados entre métodos por pavilhão

Análise Pavilhão				
Pavilhão	Método	Coberto/ Ar livre	$q_s = \text{MJ/m}^2$	Categoria Risco
1	Determinístico	Coberto	79.640	4ª CR
	Probabilístico	Coberto	20.344	4ª CR
2	Determinístico	Coberto	42.680	4ª CR
	Probabilístico	Coberto	27.698	4ª CR
3	Determinístico	Coberto	16.917	4ª CR
	Probabilístico	Coberto	4.055	2ª CR
4	Determinístico	Coberto	44.159	4ª CR
	Probabilístico	Coberto	6.675	3ª CR
	Determinístico	AL	82.381	4ª CR
	Probabilístico	AL	56.842	4ª CR
Parque Exterior	Determinístico	AL	34.738	4ª CR
	Probabilístico	AL	11.163	3ª CR

4.1 Discussão de resultados

No presente estudo a utilização de distintos constituintes combustíveis no cálculo, não provocou alteração significativa dos resultados (tabela 3). No entanto, consideramos que estudos posteriores devem alargar a base da amostra do estudo e validar a conclusão agora obtida.

Na análise comparativa efetuada (tabela 7) entre os dois métodos, obteve-se um valor q_s diferente entre o método determinístico e o probabilístico (tabela 3, 4). Apesar do método determinístico, apresentar sempre valores superiores, não poderemos considerar apenas com base neste estudo, esta ilação como regra.

A diferença de resultados obtidos (tabela 7) é significativa causando alterações da categoria de risco da UT (tabela 3, 4).

Na análise comparativa efetuada entre os dois métodos por pavilhão (tabela 8) também se obtiveram diferenças significativas para o q_s (tabela 5,6), no entanto a CR da UT seria sempre determinada pela categoria mais elevada art.º 13º (DL n.º220/2008), o que neste caso em concreto seria igual por qualquer dos métodos. Este estudo por pavilhão permitiu verificar maior disparidade de valores entre o método determinístico e probabilístico.

Considerando que para as UT XI «bibliotecas e arquivos» e XII «industriais, oficinas e armazéns», o valor da densidade de carga de incendio modificada é um fator preponderante na determinação da categoria de risco, que posteriormente vai definir quais as exigências técnicas previstas no RG-

SCIE a adotar, esta diferença vai desvirtuar as condições técnicas e específicas exigidas pelo referido regulamento à UT.

Com um intervalo de resultados obtidos pelo método determinístico da densidade de carga de incêndio modificada entre 16.917 MJ/m² e 82.381 MJ/m², questionamos se o valor apresentado no Quadro X, (DL n.º220/2008) para a 4ª CR de > 15.000 MJ/m² (integrada em edifícios) e > 30.000 MJ/m² (ao ar livre) não se encontra desajustado para os nossos dias, devendo o mesmo ser alterado para um limite superior. Parece confirmar-se assim que os valores constantes das tabelas do Despacho que tiveram por base o trabalho realizado pelo Eng^o MaxGretner na década de 60 e que as atividades e armazenamento que se faziam à data não refletem a realidade dos nossos dias (Miguel e Silvano).

Teremos igualmente de considerar que, apesar dos anos que nos separam de 2009 não serem muitos, são os suficientes para as organizações terem sofrido alterações significativas, nomeadamente as obrigatoriedades legais que as obrigam a possuir meios informáticos compatíveis com a atividade. Estes meios, nos dias de hoje, possibilitam que a determinação do cálculo da densidade de carga de incêndio possa ser realizado pelo método que melhor reflete a realidade da organização – método determinístico.

5. Conclusões

Deste estudo concluímos que não é indiferente a seleção do método de cálculo para a classificação da CR da UT XII. O legislador, não definindo qual o método a utilizar e deixando deste modo ao critério de cada técnico a seleção e, conseqüentemente, a determinação da categoria de risco da UT, não consegue atingir o objetivo a que se propôs no RG-SCIE: uniformizar o grau de exigência na implementação das medidas de SCIE. Conclui-se ainda ser necessário a definição de critérios para a seleção do método de forma a uniformizar o grau de exigência na implementação de medidas de SCIE.

Em estudos posteriores deverá equacionar-se quais os critérios a utilizar na seleção do método, o que irá permitir uniformizar os resultados da classificação de risco, independentemente do método utilizado no cálculo.

6. Bibliografia

- Almeida, J. E. (s.d.). *Segurança contra incêndios em armazéns*. Obtido em 2 de Agosto de 2014, de http://www.avantec.net/artigos/APAT73_armazens.pdf.
- Castro, C. F., & Abrantes, J. B. (2009). *Manual de Segurança contra Incêndio em Edifícios* (2ª ed., Vol. I). (E. N. Bombeiros, Ed.) Sintra, Portugal.
- Civil, A. N. (31 de Julho de 2009). *Segurança contra incêndios em edifícios - Perguntas mais frequentes*. Obtido em 13 de Julho de 2014, de <http://www.proteccaocivil.pt/SEGURANCACONTRAINCENDIOS/Pages/PerguntasFrequentes.aspx>
- Decreto-Lei n.º 220/2008. (12 de Novembro de 2008). (*Regime Jurídico da Segurança Contra Incêndios em Edifícios*) . Lisboa: Diário da República.
- Despacho n.º 2074/2009. (15 de Janeiro de 2009). (*Critérios técnicos para determinação da densidade de carga de incêndio modificada*) , *Diário da República*, 2ª Série n.º 10.
- Miguel, M., & Silvano, P. (2009). *Regulamento de Segurança em Tabelas*. Lisboa: Fábrica das Letras.