



COMPARAÇÃO INTEGRADA DE VÁRIAS SOLUÇÕES DE PROTEÇÃO AO FOGO DE ESTRUTURAS METÁLICAS PORTICADAS

Hugo Augusto^a, César Ribeiro^b e David Valério^c

^{a,b,c} *VISARQENG Architecture & Engineering Solutions Lda em parceria com a Faustino & Ferreira SA*

Resumo. Pretende-se apresentar os resultados do estudo paramétrico integrado, do custo de soluções porticadas em estrutura metálica, usando diferentes sistemas de proteção ao fogo para os níveis de exigência R60, R90 e R120. Para tal foi usado um caso de estudo com estrutura porticada de um armazém industrial. O estudo paramétrico englobou a análise de soluções otimizadas e com até três perfis acima dessa solução, utilizando pilares encastrados ou rotulados e três soluções de proteção ao fogo: tinta intumescente, placas de gesso em caixão e argamassa projetada. Em conclusão a argamassa projetada de lã de rocha branca revelou-se a solução mais económica, com a menor variabilidade de custo com aumento de R60 até R120.

1. Introdução

Pretende-se com o seguinte artigo apresentar os resultados de um estudo paramétrico realizado com o objetivo de analisar, de uma forma integrada, o custo de soluções porticadas em estrutura metálica, para diferentes sistemas de proteção ao fogo e os vários níveis de exigência em relação à resistência em situação de incêndio (R60, R90 e R120). Para tal, foi usado um caso de estudo com estrutura porticada de um armazém industrial típico. O estudo paramétrico englobou a análise de soluções otimizadas, em termos de peso de aço, e com até três perfis acima dessa solução, utilizando pilares encastrados ou rotulados, três níveis de exigência de resistência em situação de incêndio (R60, R90 e R120) e três soluções de proteção ao fogo: tinta intumescente, placas de gesso em caixão e argamassa projetada.

O custo das várias soluções estudadas é avaliado de uma forma integrada, tendo em conta os custos de: projeto, matéria prima, fabrico, transporte, montagem e o custo das soluções de proteção ao fogo, cujo dimensionamento foi aferido através da temperatura crítica dos elementos da estrutura em situação de incêndio, de acordo com a NP EN 1993-1-2 [1].

A opção de estudar as soluções com perfis acima da solução considerada ótima, para o peso da estrutura, prendeu-se com a hipótese de que a solução otimizada leva a perfis relativamente leves, ou seja, secções relativamente esbeltas, que podem contribuir para elevar a massividade dos elementos da estrutura. Massividades mais elevada vão originar maiores espessuras das tintas intumescentes para garantir a proteção. Ao aumentar as secções, baixamos, em princípio a massividade, reduzindo também a espessura da proteção, o que, no balanço global do custo da solução pode ser benéfico.

O estudo paramétrico pretende abranger as soluções mais correntemente usadas em edifícios industriais. As soluções porticadas são as mais correntemente usadas neste tipo de edifícios. Dentro das soluções porticadas a opção de pilares encastrados ou rotulados é, geralmente, alvo de análise, prendendo-se a sua escolha com o balanço económico das fundações e estrutura metálica. Ou a opções de carácter de utilização do edifício, como a limitação de deformações, ou a existência de aparelhos de elevação.

Dentro das soluções de proteção ao fogo escolhidas para o estudo, a solução com tintas intumescentes, é claramente a mais usada, neste tipo de estruturas, o que eleva consideravelmente o seu custo de produção. No entanto, um dos objetivos deste estudo era precisamente avaliar quais as opções existentes no mercado para a proteção ao fogo, que pudessem tornar a opção de estrutura metálica mais competitiva, sem perda de fiabilidade. A solução com argamassa projetada é bastante usada em estruturas cujos requisitos estéticos são pouco relevantes, como em parques de estacionamento ou estruturas ocultas por elementos de revestimento. No entanto, não é uma solução a que se recorra frequentemente no tipo de estruturas em estudo, mas que poderia ser opção se se revelar competitiva. A opção de placas de gesso em caixão, também não é muito usada neste tipo de estruturas, no entanto permite melhores acabamentos que a anterior, e pode ser apelativa para edifícios com requisitos estéticos mais elevados.

O artigo apresenta, de uma forma sucinta, os pressupostos, as análises e os resultados obtidos durante o estudo. No final são apresentadas as conclusões mais relevantes e as considerações para possíveis estudos futuros.

2. Procedimento para o estudo paramétrico

O pórtico selecionado para o estudo, resultou de um estudo real, localizado no concelho de Santa Maria da Feira. O pórtico principal possui 5 vãos de 25m e um de 12m, apresentando múltiplas águas, duas por vão, com pendente de 10%. A altura à caleira é de 12m e o afastamento entre pórticos é de 7.5m. Foram consideradas madres nas fachadas e na cobertura, com um afastamento máximo de 2,0m. Todos os pórticos estudados são em aço S275. Para que a comparação fosse mais relevante, para as soluções otimizadas, foram usadas combinações de ações frequentes para a avaliação do estado limite de serviço nas soluções rotuladas. Os pórticos em estudo podem ser vistos na Fig. 1:

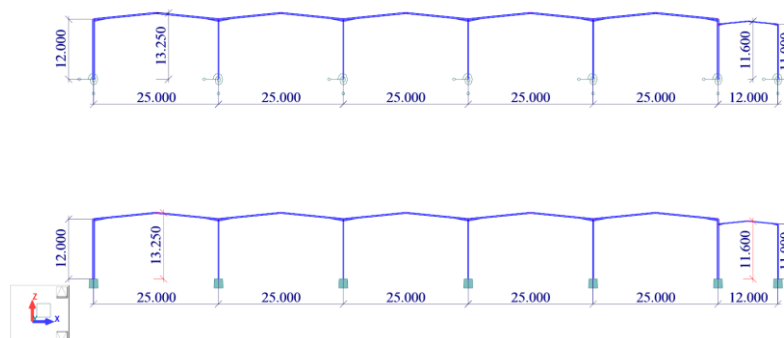


Fig. 1: Modelo de cálculo dos pórticos tipo em estudo.

As ações consideradas para a análise e dimensionamento dos pórticos são as geralmente usadas neste tipo de estruturas, nomeadamente: Cargas permanentes, como o peso de revestimentos e madres; sobrecargas; variação de temperatura e a ação do vento.

O procedimento desenvolvido para este estudo é o seguinte:

- Análise e dimensionamento dos pórticos à temperatura ambiente;
 - Solução com pilares rotulados;
 - Solução com pilares encastrados;
- Determinação da espessura das proteções necessárias para R60, R90 e R120;
 - Tinta intumescente;
 - Placas de gesso em caixão;
 - Argamassa projetada;
- Quando para a solução intumescente não se encontrou solução, nas tabelas ETA [2] do produto, aumentaram-se as secções até encontrar solução;
- Para analisar o efeito balanceado de uma estrutura mais robusta, estudaram-se ainda as soluções com 1, 2 ou 3 perfis acima em relação à solução otimizada.

A Tabela 1 resume as soluções estudadas. Convém referir que para o Estudo 5 chegou-se à conclusão que a solução encontrada para R60 é desproporcionada, não sendo viável a opção de não proteger a estrutura. Não foi possível encontrar solução, sem proteção, com perfis comerciais, para R90 e R120

Tabela 1: Resumo das soluções estudadas

Solução estrutural		R0	R60	R90	R120
		(sem proteção)			
Estudo 1	Rotulado (otimizado, intumescente)	S1(R0)	S1(R60)	S1(R90)	S1(R120)
	Encastrado (otimizado, intumescente)	S2(R0)	S2(R60)	S2(R90)	S2(R120)
Estudo 2	Rotulado (1 Perfil acima, intumescente)	S3(R0)	S3(R60)	S3(R90)	S3(R120)
	Encastrado (1 Perfil acima, intumescente)	S4(R0)	S4(R60)	S4(R90)	S4(R120)
Estudo 3	Rotulado (2 Perfis acima, intumescente)	S5(R0)	S5(R60)	S5(R90)	S5(R120)
	Encastrado (2 Perfis acima, intumescente)	S6(R0)	S6(R60)	S6(R90)	S6(R120)
Estudo 4	Rotulado (3 Perfis acima, intumescente)	S7(R0)	S7(R60)	S7(R90)	S7(R120)
	Encastrado (3 Perfis acima, intumescente)	S8(R0)	S8(R60)	S8(R90)	S8(R120)
Estudo 5	Rotulado (sem proteção)	S1(R0)	S9(R0)	-	-
	Encastrado (sem proteção)	S2(R0)	S10(R0)	-	-
Estudo 6	Rotulado (otimizado, gesso em caixão)	S1(R0)	S11(R60)	S11(R90)	S11(R120)
	Encastrado (otimizado, gesso em caixão)	S2(R0)	S12(R60)	S12(R90)	S12(R120)
Estudo 7	Rotulado (otimizado, argamassa)	S1(R0)	S13(R60)	S13(R90)	S13(R120)
	Encastrado (otimizado, argamassa)	S2(R0)	S14(R60)	S14(R90)	S14(R120)

3. Aferição dos custos das soluções

3.1 Custos associados a todas as operações exceto a proteção ao fogo

A Tabela 2 apresenta os custos de referência considerados para as operações associadas ao projeto e preparação, aquisição de matéria prima, fabrico, tratamento anticorrosivo, transporte, e custos associados com a montagem e máquinas necessárias para esse efeito.

Convém referir que este estudo foi realizado num período anterior à atual conjuntura económica, caracterizada pela instabilidade provocada pela pandemia. Como tal, os valores de aquisição, principalmente da matéria prima, poderão estar desfasados da realidade atual.

Tabela 2: Custos indicativos para a transformação da estrutura metálica

	CDU (€/kg)	CI (€/kg)	CT (€/kg)
Projeto e preparação	0,100	0,005	0,105
Matéria Prima	0,700	0,035	0,735
Fabrico	0,300	0,015	0,315
Pintura anticorrosiva	0,200	0,010	0,210
Transporte	0,020	0,001	0,021
Máquinas e montagem	0,300	0,015	0,315
			1,701

CDU - Custos diretos unitários; CI - Custos indiretos; CT - Custos totais

3.2 Custos associados à proteção passiva contra incêndios

3.2.1 Pintura intumescente

Para este estudo foi considerada a tinta intumescente Hempacore ONE 43600 & Hempacore ONE FD 43601, respeitando preços de referência por m² por demão da Tabela 3 e a ETA 12/0581 [2] de 22.01.2018 para aferir as espessuras necessárias para os vários requisitos de incêndio, tendo em conta as temperaturas críticas aferidas.

Devido às dificuldades na obtenção das propriedades da tinta intumescente por parte dos seus fornecedores, houve a necessidade de recorrer a tabelas de dupla entrada (massividade e requisito de exigência ao fogo) para determinar as espessuras de tinta necessária para revestir os perfis.

Tabela 3: Custos associados à pintura intumescente

Requisito	Espessura (micrómetros)	N.º de mãos	Preço €/m ²
R30 a R60	Até 700	1	11,7
	700 a 1400	2	29,4
	1400 a 2100	3	44,2
	2100 a 2800	4	59,0
	2800 a 3500	5	73,6
	3500 a 4200	6	88,3
R90 a R120	Até 2000	1	32,9
	2000 a 4000	2	65,9
	acima de 4000	3	98,8

3.2.2 Argamassa projetada (AP)

Para este estudo foi considerada a proteção ao fogo por projecção pneumática de argamassa de lã de rocha branca Banroc Pyro "ISOVER", presente na base de dados do gerador de preços do CYPE [3], onde foram obtidos os custos associados com as operações de proteção dos pilares e vigas, ver Tabela 4 e Tabela 5. Convém referir que os valores apresentados são indicativos para espessuras de 1mm, e que os preços para as soluções variam consoante a espessura requerida. Neste caso, apenas a quantidade de argamassa foi alterada no preço composto.

As propriedades da argamassa projetada, usadas na aferição das soluções de proteção são as seguintes: peso específico de 250kg/m³; calor específico de 1000 J/(kg K) e condutividade térmica de 0.061 W/(m K).

Tabela 4: Custos associados à projeção de argamassa em pilares

Ud	Descrição	Quant.	Rend.	ud	P. unit.	ud	P. comb.	ud
kg	Argamassa de lã de rocha branca Banroc Pyro "ISO-VER" para proteção passiva contra o fogo através de projeção, resistência térmica 0,053 m ² C/W, condutibilidade térmica 0,061 W/(m ² C).	1	0,3	kg/m2/mm	1,70	€/kg	0,51	€/m2/mm
h	Misturadora-bombeadora para argamassas e gessos projetados, de 3 m ³ /h.	1	0,157		7,95	€/h	1,25	€/m2
h	Oficial de 1ª aplicador de produtos isolantes.	1	0,156	h/m2	18,48	€/h	2,88	€/m2
h	Ajudante de aplicador de produtos isolantes.	1	0,156	h/m2	17,97	€/h	2,80	€/m2
%	Custos diretos complementares	1	0,02	%/m2	7,44	€/m2	0,15	€/m2
					Total		7,59	€/m2

Tabela 5: Custos associados à projeção de argamassa em vigas

Ud	Descrição	Quant.	Rend.	ud	P. unit.	ud	P. comb.	ud
kg	Argamassa de lã de rocha branca Banroc Pyro "ISO-VER" para proteção passiva contra o fogo através de projeção, resistência térmica 0,053 m ² C/W, condutibilidade térmica 0,061 W/(m ² C).	1	0,3	kg/m2/mm	1,70	€/kg	0,51	€/m2/mm
h	Misturadora-bombeadora para argamassas e gessos projetados, de 3 m ³ /h.	1	0,172		7,95	€/h	1,37	€/m2
h	Oficial de 1ª aplicador de produtos isolantes.	1	0,172	h/m2	18,48	€/h	3,18	€/m2
h	Ajudante de aplicador de produtos isolantes.	1	0,172	h/m2	17,97	€/h	3,09	€/m2
%	Custos diretos complementares	1	0,02	%/m2	8,15	€/m2	0,16	€/m2
					Total		8,31	€/m2

3.2.3 Placas de gesso em caixão (PGC)

Quanto à proteção ao fogo com placas de gesso em caixão foi adotado o sistema "KNAUF", recobrimento com placas de gesso laminado Fireboard GM-F, fixadas com grampos. Inclusive massa e fita para o tratamento de juntas (15mm, 20mm e 25mm), foi ainda considerada a placa corta-fogo tipo DF com a espessura de 12,5mm, ambas presentes na base de dados do do gerador de preços do CYPE [3], onde foram obtidos os custos associados com as operações de proteção dos pilares e vigas, ver um exemplo na Tabela 6 para proteção nas 4 faces de pilar em IPE400.

As propriedades da argamassa projetadas, usadas na aferição das soluções de proteção são as seguintes: peso específico de 800kg/m³; calor específico de 1700 J/(kg K) e condutividade térmica de 0.20 W/(m K).

Tabela 6: Custos associados à proteção com placas de gesso em caixão

Unitário	Ud	Descrição	Rend.	Preço unitário	Importância
mt12pkm010a	m ²	Placa de gesso laminado reforçada com tecido de fibra EN 15283-1 GM-F / 1200 / 2600 / 15 / com os bordos longitudinais quadrados, especial Fireboard GM-F "KNAUF" com alma de gesso e faces revestidas com uma lâmina de fibra de vidro; Euroclasse A1 de reacção ao fogo, segundo NP EN 13501-1.	1,407	15,57	21,91
mt12psg115	Ud	Grampo para fixação de placas, segundo DIN 18182.	43,000	0,21	9,03
mt12pkm012a	kg	Massa de juntas Fireboard Spachtel "KNAUF", de presa normal (45 minutos), intervalo de temperatura de trabalho de 10 a 35°C, Euroclasse A1 de reacção ao fogo, segundo NP EN 13501-1, para aplicação manual com fita de juntas, segundo EN 13963.	1,000	0,98	0,98
mt12pkm013	m	Fita de juntas Fireboard "KNAUF".	4,000	0,05	0,20
mo053	h	Oficial de 1ª montador de pré-fabricados interiores.	0,403	19,03	7,67
mo100	h	Ajudante de montador de pré-fabricados interiores.	0,403	17,97	7,24
%		Custos directos complementares	2,000	47,03	0,94
Custo de manutenção decenal: 22,55€ nos primeiros 10 anos.				Total:	47,97

4. Análise dimensionamento das soluções otimizadas

Para o dimensionamento dos pórticos com e sem proteção ao fogo, assim como para a aferição das temperaturas críticas, recorreu-se ao software Autodesk Robot Structural Analysis [4].

A solução otimizada em peso, para a temperatura ambiente, com bases de pilares rotulados, pode ser vista na Figura 2, e a solução otimizada em peso, para a temperatura ambiente, com bases de pilares encastrados, pode ser vista na Figura 3.

As estruturas aferidas serviram de base para o dimensionamento das soluções de proteção para os vários requisitos de resistência ao incêndio.

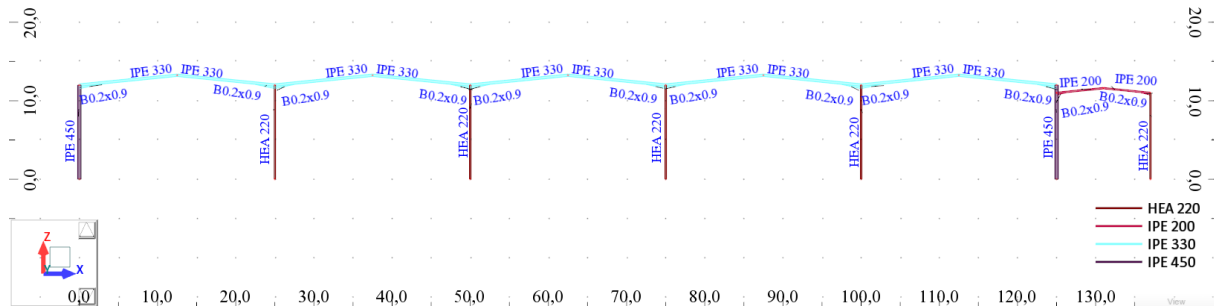


Fig. 2: E1 - S1 – pórtico com pilares rotulados

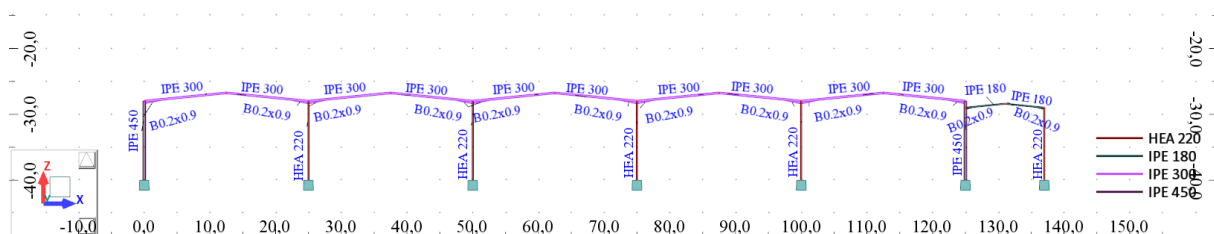


Fig. 2: E1 - S2 – pórtico com pilares encastrados

5. Apresentação de resultados, análise e discussão

5.1 Apresentação dos resultados

De seguida são apresentados os resultados resumidos do estudo em forma de tabelas e gráficos que permitem efetuar a comparação entre as várias soluções em termos de custo global das soluções encontradas. A Tabela 7 resume os custos das soluções para R0 (à temperatura ambiente), R60, R90 e R120. Na tabela são apresentados, para a solução R0, o peso do pórtico e o custo total referente ao pórtico sem proteção. Para os restantes casos é apresentado o custo da proteção ao fogo e o custo global da solução, ou seja, a soma do custo do pórtico sem proteção (coluna do R0) mais o custo da proteção ao fogo respetiva.

As soluções são apresentadas intercaladamente para os pórticos com pilares rotulados (rot.) e encastrados (encast.). Permitindo uma comparação direta dos resultados.

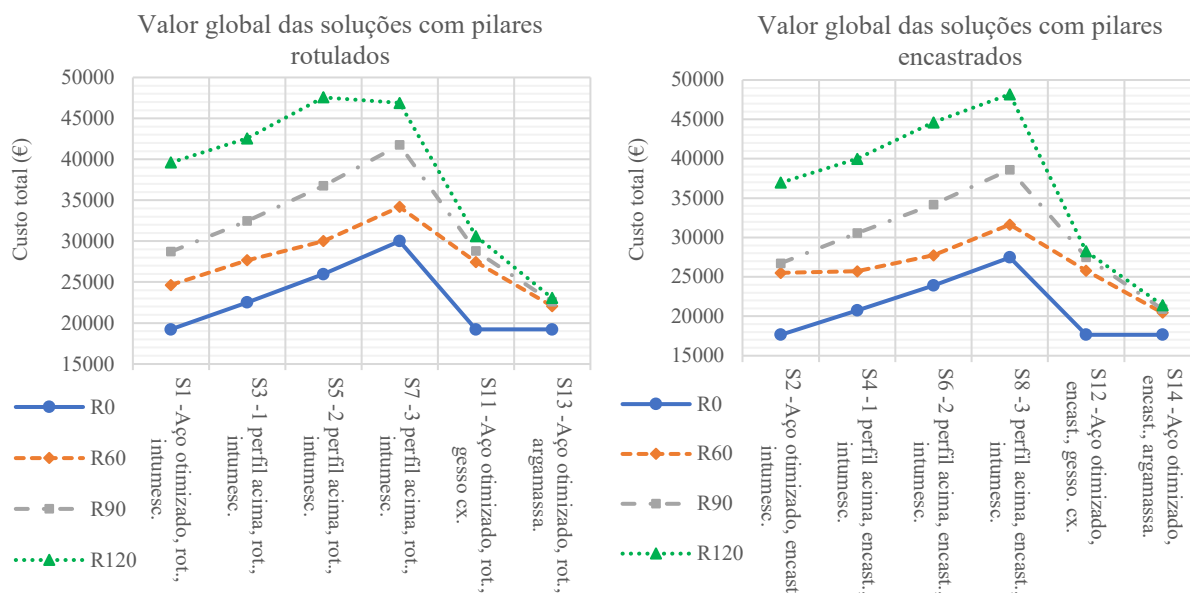
Convém referir que os esquadros de reforço das vigas, nas ligações aos pilares foram considerados no dimensionamento da estrutura, mas não foram contabilizados nos custos aferidos para as soluções, quer em peso quer em quantidade de proteção ao fogo para os proteger.

De seguida os resultados apresentados em cima são sintetizados em forma de gráfica para uma análise mais direta e discussão dos resultados. A Figura 3a) apresenta os resultados em valor global do custo das soluções, apenas para os pórticos com pilares rotulados. Ao passo que a Figura 3b) apresenta os resultados análogos para os pórticos com pilares encastrados.

Na Figura 4 são apresentados os resultados conjuntos das soluções com pilares rotulados e encastrados.

Tabela 7: Resultados para as soluções R0, R60, R90 e R120

Descrição	R0		R60		R90		R120	
	R0 - Peso da estrutura (kg)	R0 - Custo total (€)	R60 - Custo da proteção ao fogo (€)	R60 - Custo total (€)	R90 - Custo da proteção ao fogo (€)	R90 - Custo total (€)	R120 - Custo da proteção ao fogo (€)	R120 - Custo total (€)
S1 -Aço otimizado, rot., intumesc.	11904	19209,39	5426,19	24635,58	9500,14	28709,54	18417,07	39608,13
S2 -Aço otimizado, encast., intumesc.	10912	17659,78	7844,21	25504,00	9055,91	26715,69	17582,78	36962,27
S3 -1 perfil acima, rot., intumesc.	13948	22507,63	5154,69	27662,32	9966,07	32473,70	19962,43	42561,91
S4 -1 perfil acima, encast., intumesc.	12798	20730,09	4980,92	25711,00	9830,79	30560,88	19079,37	39979,56
S5 -2 perfil acima, rot., intumesc.	16089	25964,06	4035,24	29999,31	10793,50	36757,57	21619,81	47583,88
S6 -2 perfil acima, encast., intumesc.	14767	23900,75	3841,59	27742,34	10293,75	34194,50	20618,79	44611,40
S7 -3 perfil acima, rot., intumesc.	18608	29998,84	4179,94	34178,78	11753,85	41752,69	16885,02	46883,86
S8 -3 perfil acima, encast., intumesc.	16979	27477,95	4156,34	31634,29	11134,02	38611,97	20706,00	48183,95
S11 -Aço otimizado, rot., gesso cx.	11904	19209,39	8232,98	27442,38	9593,05	28802,44	11402,79	30612,18
S12 -Aço otimizado, encast., gesso cx.	10912	17659,78	8138,26	25798,05	9833,05	27492,83	10594,44	28254,22
S13 -Aço otimizado, rot., argamassa.	11904	19209,39	2852,86	22062,25	3380,64	22590,03	3841,63	23051,03
S14 -Aço otimizado, encast., argamassa.	10912	17659,78	2800,68	20460,46	3243,12	20902,90	3748,50	21408,28
S9 -Sem prot, rot.	-	-	0,00	110434,02	-	-	-	-
S10 -Sem prot, encast.	-	-	0,00	110422,12	-	-	-	-



a) Pórticos com pilares rotulados

b) Pórticos com pilares encastrados

Fig. 3: Comparação das soluções em termos de custo global das soluções segmentadas por tipo de apoio

3.2 Discussão dos resultados

Tendo em conta os resultados apresentados em forma de tabela e graficamente é possível tecer as seguintes considerações:

- A solução mais económica é a argamassa projetada (AP);
- É também na solução com AP que a variação de R60 até R120, provoca menor aumento de custo (demonstrado pela proximidade das curvas R60 até R120);
- No entanto, a AP, é a que mais afeta esteticamente a estrutura, não sendo bem aceite quando visível (podendo ser complementada com revestimento metálico ou outro o que irá afetar o custo da solução, não incluído neste estudo);
- A proteção com placas de gesso em caixão (PGC) apenas se revelou mais económica que a solução com intumescente para R120, apesar de para R90 a diferença ser pouco significativa;

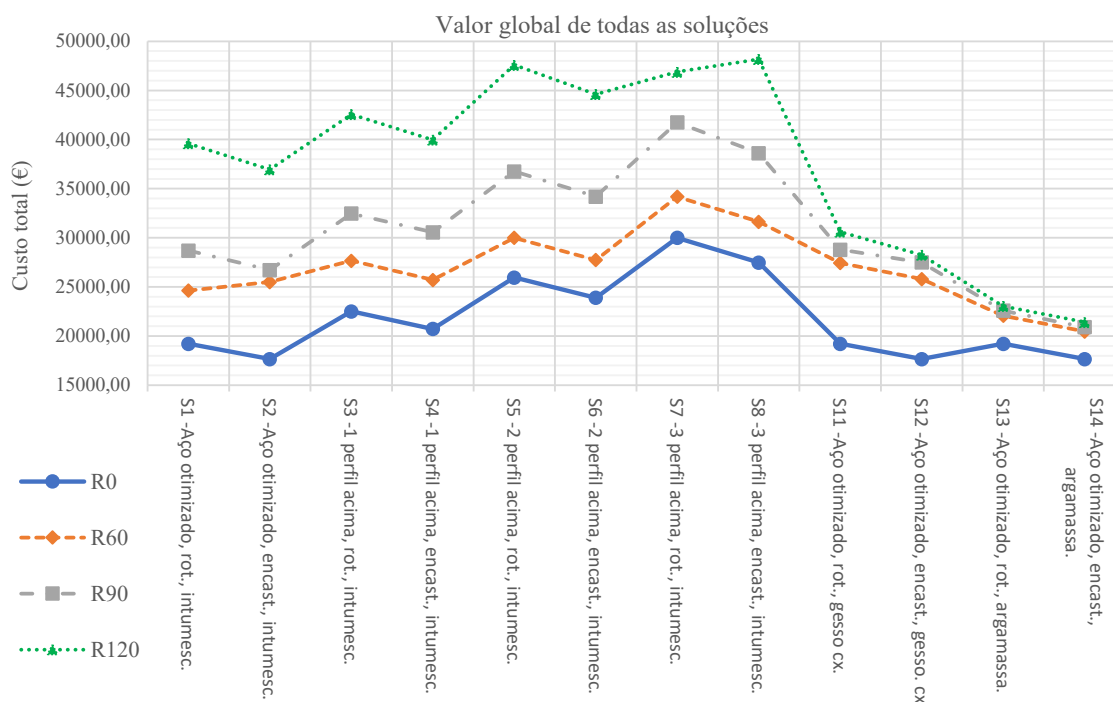


Fig. 4: Comparação das soluções em termos de custo global das soluções

- PGC pode ser uma alternativa para R90 e R120 quando a argamassa projetada não poder ser usada, no entanto, deverá ser tido em conta os atravessamentos de madres e contraventamentos (não contabilizados neste estudo), e o conseqüente acréscimo de mão-de-obra extra;
- Com PGC a variação de R60 até R120, provoca menor aumento de custo do que com o intumescente (traduzido pelo menor o afastamento entre as curvas);
- Das soluções com intumescente, e pilares rotulados, a mais económica para R60, R90 e R120 é a solução otimizada da estrutura, não havendo benefício aparente no aumento das secções e conseqüente aumento de peso da estrutura, logo a hipótese lançada não é válida.
- Das soluções com intumescente, e pilares encastrados, a mais económica para R60, R90 e R120 é a solução otimizada da estrutura, apesar de para R90 a diferença ser ténue entre 1 perfil acima e a otimizada.
- Em termos globais para a pintura intumescente a solução mais vantajosa para R60 é a otimizada com pilares rotulados
- Em termos globais para a pintura intumescente a solução mais vantajosa para R90 e R120 é a otimizada com pilares encastrados
- Com o intumescente o aumento de custo é maior na passagem de R90 para R120 do que na passagem de R60 para R90.

6. Principais conclusões

Em conclusão a argamassa projetada de lã de rocha branca revelou-se a solução mais económica (para R60, R90 e R120), com a menor variabilidade de custo com aumento de R60 até R120. No que diz respeito a proteção em placas de gesso em caixão revelou-se mais económica que

pintura intumescente para R120 e semelhante para R90. No que diz respeito à pintura intumescente as soluções otimizadas foram as mais económicas para R60, R90 e R120, quer para pilares rotulados ou encastrados.

As considerações finais podem ser sintetizadas nos seguintes pontos:

1. Argamassa projetada de lã de rocha branca;
 - Solução mais económica (para R60, R90 e R120);
 - Menor variabilidade de custo com aumento de R60 até R120;
 - Solução que afeta mais significativamente a estética da estrutura;
2. Placas de gesso em caixão;
 - Mais económica que pintura intumescente para R120 (e \cong para R90);
 - Considerar mão-de-obra extra para atravessamentos de madres e contraventamentos;
 - Menor variabilidade de custo com aumento de R60 até R120 do que com intumescente;
3. Pintura intumescente;
 - Com pilares rotulados a solução mais económica é a otimizada para R60, R90 e R120;
 - Com pilares encastrados a solução mais económica é a otimizada para R60, R90 e R120;
 - Em termos globais a solução mais económica para;
 - R60 \rightarrow Pilares rotulados;
 - R90 e R120 \rightarrow Pilares encastrados;
 - Nas condições anteriores, o aumento de custo é maior de R90 para R120.

Os resultados do estudo apresentam conclusões interessantes, no entanto como desenvolvimentos futuros podemos apontar:

- Inclusão de outras classes de aço no estudo como por exemplo S355;
- Utilizar soluções de pintura intumescente com tintas mais eficientes;
- Incluir o custo das fundações no custo global das soluções;
- Avaliar custo de solução com argamassa projetada revestida com chapa metálica ou outra (pintada se necessário) para reduzir o impacto visual/estético.

Como referido, o objetivo deste estudo, pretendia minimizar os impactos que a proteção ao fogo tem na competitividade da estrutura metálica utilizando ferramentas correntes em projeto de estruturas, quando comparada com outras soluções, que aparentemente, conseguem superar os requisitos de resistência ao fogo sem um acréscimo elevado de custo da solução.

O estudo teve o seu foco do lado da resistência ao fogo, utilizando métodos analíticos correntes e curvas nominais (incêndio padrão) e requisitos pré-definidos. No entanto, somos da opinião que devemos trabalhar também do lado da ação (estudos mais avançados como modelos de incêndio simplificado ou modelos avançados de incêndio) para permitir uma maior otimização da necessidade de proteção e do seu dimensionamento. No entanto, a utilização de ferramentas avançadas e a interpretação dos resultados, é uma tarefa complexa, cujo domínio requer experiência e formação.

Nesse sentido como trabalhos futuros propõe-se ainda o desenvolvimento de ferramentas mais “simples” para aferir, de uma forma combinada, a ação do fogo de uma forma mais realista e os seus efeitos na estrutura, tendo em conta a sua geometria e envolvimento. Permitindo, sem afetar a segurança, ser utilizado de uma forma mais corrente no domínio de projeto numa ótica prática de gabinetes.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer a colaboração e apoio da Faustino e Ferreira Sociedade Construções Metálicas, S.A. no apoio e fornecimento dos dados facultados que permitiram a realização do estudo.

Referências

- [1] EN 1993-1-2. *Eurocode 3: Projeto de estruturas de aço – parte 1-2: Regras gerais, verificação da resistência ao fogo*. Brussels, Belgium: European Committee for Standardization, 2010.
- [2] ETA 12/0581. European Technical Assessment: *Hempacore ONE 43600 & Hempacore ONE FD 43601, Reactive coatings for fire protection of steel elements*. Barcelona, Espanha: ITeC – The Catalonia Institute of Construction Technology, 22/01/2018.
- [3] CYPE. *Software para Arquitetura Engenharia e Construção – Gerador de Preços – Manual do Utilizador*. Braga, Portugal, 2014.
- [4] Robot Structural Analysis Professional 2018. *Software*. São Rafael, California, USA: Autodesk, Inc.