

4^{as}

JORNADAS de
Segurança
aos Incêndios Urbanos



6 e 7 Novembro 2014

Instituto Politécnico de Bragança

Atas dos Artigos

4^{as} JORNADAS de Segurança aos Incêndios Urbanos

Atas dos Artigos

ENTIDADES LOCAIS



APOIO À COMUNIDADE CIENTÍFICA



APOIOS



PATROCÍNIOS



ISBN 978-989-97210-2-9



4^{as} JORNADAS de Segurança aos Incêndios Urbanos



Instituto Politécnico de Bragança

Atas dos Artigos



TÍTULO:

Atas dos Artigos das 4^{as} Jornadas de Segurança aos Incêndios Urbanos

EDIÇÃO:

ALBRASCI (Associação Luso-Brasileira para a Segurança Contra Incêndio)

EDITORES:

Débora Ferreira (IPB), Elza Fonseca (IPB), João Carlos Viegas (LNEC), João Paulo C. Rodrigues (UC - ALBRASCI), José Pedro Lopes (ANPC), Luís Mesquita (IPB), Nuno Lopes (UA), Paulo Piloto (IPB)

DESIGN GRÁFICO:

Soraia Maduro – CIPweb IPB

EDIÇÃO:

1^a, Novembro de 2014

ISBN:

978-989-97210-2-9

DEPÓSITO LEGAL:

382800/14

IMPRESSÃO:

Bringráfica – Indústrias Gráficas, Lda

OBSERVAÇÃO:

Nenhuma parte desta obra pode ser reproduzida sem autorização escrita dos autores e da editora

PREFÁCIO

A Segurança Contra Incêndio de Edifícios (SCIE) atingiu a sua maturidade em Portugal fruto do desenvolvimento sustentado que tem tido na última década não só ao nível da investigação com a realização de vários projetos nacionais e europeus em várias instituições Portuguesas, como com o aparecimento de formação avançada (mestrado e doutoramento) e formação profissional em várias áreas da SCIE e da criação duma regulamentação uniforme para a área, suportada por uma normalização também ela completa e abrangente de toda a área da SCIE. Este desenvolvimento trará enormes retornos não só ao nível da segurança das edificações, bens e pessoas, como económicos, com um reflexo positivo para a sociedade. Portugal está hoje na primeira linha do desenvolvimento na área da SCIE. Poderemos dizer que projetar e construir hoje é mais seguro em termos de SCIE do que há quinze anos atrás e por isso temos que nos sentir orgulhosos.

No acompanhamento deste desenvolvimento, os Laboratórios das instituições públicas Portuguesas também se apetrecharam com novos e importantes equipamentos, que permitem o ensaio e certificação dos produtos das indústrias nacionais, tornando estas mais competitivas na sua ação não só no mercado nacional como internacional.

Portugal é hoje uma referência mundial na área da SCIE, sendo respeitado no Brasil e restantes PALOP como no resto do mundo. Neste relacionamento deve se destacar a ligação com o Brasil não só ao nível dos bombeiros, dos técnicos da empresas e dos professores e investigadores que na ALBRASCI – Associação Luso-Brasileira para a Segurança Contra Incêndio encontraram um espaço de discussão e colaboração em diferentes iniciativas em SCIE.

As Jornadas de Segurança aos Incêndios Urbanos começaram em 2006, aquando da realização do primeiro Mestrado em Segurança Contra Incêndios Urbanos na Universidade de Coimbra, e em cada nova edição o sucesso vai-se renovando com o aparecimento de novos trabalhos científicos com um nível científico cada vez maior. Estas Jornadas têm constituído um fórum de debate alargado entre técnicos e demais interessados na área da SCIE.

As 4^{as} Jornadas em SCIE (4JORNINC) realizam-se este ano em Bragança, no Instituto Politécnico, pois esta é uma Escola que ao longo das últimas décadas tem realizado trabalho na área e criou um grupo de investigação que tem atuado ao maior nível em termos nacionais e internacionais. O número e qualidade das publicações submetidas a este evento foi muito bom pelo que o sucesso das 4JORNINC está assegurado.

Para finalizar queria agradecer a sua participação nestas Jornadas que serão certamente do seu maior interesse e profícuas para o seu desenvolvimento profissional.

João Paulo C. Rodrigues

COMISSÃO ORGANIZADORA

Débora Ferreira (IPB)
Elza Fonseca (IPB)
João Paulo C. Rodrigues (UC - ALBRASCI)
João Carlos Viegas (LNEC)
Luís Mesquita (IPB)
Nuno Lopes (UA)
José Pedro Lopes (ANPC)
Paulo A. G. Piloto (IPB)



Laboratório Nacional de Engenharia Civil



COMISSÃO CIENTÍFICA

Aldina M. da Cruz Santiago (FCTUC)
António Moura Correia (IPC)
A. Sérgio Miguel (U Minho)
Carlos Ferreira de Castro (Action Modulers)
Carlos Pina dos Santos (LNEC)
Cristina Calmeiro dos Santos (IPCB)
Débora Ferreira (IPB)
Elza Fonseca (IPB)
José Carlos M. Góis (FCTUC)
João Carlos Viegas (LNEC)
João Ferreira (IST)
João Paulo C. Rodrigues (FCTUC)
João Pinheiro (CDOS Bragança – ANPC)
João Ramôa Correia (IST)
Joaquim Barros (U Minho)
Jorge Gil Saraiva (LNEC)
Lino Forte Marques (FCTUC)
Luís Laím (FCTUC)
Luís Mesquita (IPB)
Miguel Chichorro Gonçalves (FEUP)
Nuno Lopes (UA)
Paulo A. G. Piloto (IPB)
Paulo Jorge M. F. Vila Real (UA)
Paulo Lourenço (U Minho)
Pedro Martins Arezes (U Minho)
Pedro Vieira Carvalheira (FCTUC)
Rui Faria (FEUP)
Vítor Carlos T. Abrantes (FEUP)

ÍNDICE

PREFÁCIO	i
COMISSÃO ORGANIZADORA	iii
COMISSÃO CIENTÍFICA	iv
PALESTRAS	1
O DIMENSIONAMENTO AO FOGO DE ESTRUTURAS E OS EUROCÓDIGOS ESTRUTURAIS	3
PREVENÇÃO E PROTEÇÃO CONTRA OS RISCOS DERIVADOS DE ATMOSFERAS EXPLOSIVAS.....	27
GRAU DE PRONTIDÃO DOS MEIOS DE SOCORRO E A EFICÁCIA DOS BOMBEIROS PORTUGUESES	37
CONTROLO DE FUMO EM GRANDES ÁTRIOS.....	47
VALIDAÇÃO NUMÉRICA DE ENSAIOS EXPERIMENTAIS EM CONDIÇÕES DE INCÊNDIO.....	61
ARTIGOS	111
SESSÃO DE ARTIGOS 1:	111
ANÁLISE DA REGULAMENTAÇÃO PORTUGUESA DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS E PROPOSTA DA SUA APLICAÇÃO EM MOÇAMBIQUE.....	113
UMA VISÃO SISTÊMICA DA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO EM EDIFICAÇÕES NO BRASIL E A POSSIBILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE UM REGULAMENTO NACIONAL.....	127
ANÁLISE DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO SEGUNDO OS PRECEITOS DE DESEMPENHO, DURABILIDADE E SEGURANÇA EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO CONFORME AS PRESCRIÇÕES NORMATIVAS BRASILEIRAS.....	139
SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO EM INSTALAÇÕES DE ARMAZENAMENTO DE MERCADORIAS.....	149
INCÊNDIOS EM TÚNEIS RODOVIÁRIOS – ENSAIOS À ESCALA REAL	157
IMPLEMENTAÇÃO DA DIRETIVA ATEX NO SETOR INDUSTRIAL	167
CONCEÇÃO E DIMENSIONAMENTO DE REDES SECAS.....	177
COMPUTATIONAL SIMULATION ON THE PERFORMANCE OF AIR PLANE JETS FOR SMOKE CONTROL.....	187
CARACTERIZAÇÃO DOS JATOS GERADOS POR VENTILADORES DE IMPULSO.....	199
SESSÃO DE ARTIGOS 2:	213
ANÁLISE DO PERIGO DE INCÊNDIO NA ANTIGA VILA DOS PESCADORES EM PORTO ALEGRE (RIO GRANDE DO SUL - BRASIL).....	215
ADEQUAÇÃO DO MÉTODO DE GREENER À AVALIAÇÃO DO RISCO DE INCÊNDIO NOS CENTROS URBANOS ANTIGOS.....	225
ANÁLISE DE SENSIBILIDADE NA AVALIAÇÃO DO RISCO DE INCÊNDIO DE EDIFÍCIOS INDUSTRIAIS.....	235

AVALIAÇÃO DE RISCO DE INCÊNDIO URBANO – PROPOSTA DE UM MÉTODO PARA ANÁLISE E GESTÃO DO EDIFÍCIO EXISTENTE	245
ORGANIZAÇÃO E GESTÃO DA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS: PRINCIPAIS GRUPOS DE INTERESSE.....	253
A SEGURANÇA OPERACIONAL NA ATIVIDADE DE SALVAMENTO E DE COMBATE A INCÊNDIOS	263
SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO EM EDIFÍCIOS GESTÃO NO USO DOS EDIFÍCIOS	273
ESTUDO DA EVACUAÇÃO EM CASO DE INCÊNDIO EM EDIFÍCIOS.....	283
O CONTROLO DE FUMO POR MEIOS ATIVOS E A EVACUAÇÃO EM LOCAIS DE RISCO.....	293
SESSÃO DE ARTIGOS 3:	305
ANÁLISE NUMÉRICA DA ENCURVADURA POR ESFORÇO TRANSVERSO EM VIGAS SUJEITAS A INTERAÇÃO ENTRE ESFORÇO TRANSVERSO E MOMENTO FLETOR A TEMPERATURAS ELEVADAS	307
ESTUDO PARAMÉTRICO DA RESISTÊNCIA AO FOGO DE VIGAS EM C ENFORMADAS A FRIO	319
EFFECT OF ELEVATED TEMPERATURES ON THE BOND STRENGTH OF FRP-STRENGTHENED BRICKS	331
ESTUDIO NUMÉRICO DE VIGAS PARCIALMENTE EMBEBIDAS SOMETIDAS A FLEXIÓN A ALTAS TEMPERATURAS.....	341
RESISTÊNCIA AO FOGO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE AÇO INOXIDÁVEL COM SECÇÕES TUBULARES QUADRADAS DE CLASSE 4 SUJEITOS A FLEXÃO COMPOSTA COM COMPRESSÃO	351
COMPORTAMENTO AO FOGO DE ELEMENTOS DE COMPARTIMENTAÇÃO DE BASE GESSO SUJEITOS A INCÊNDIO NATURAL	363
COMPORTAMENTO AO FOGO DE VIGAS DE BETÃO ARMADO REFORÇADAS À FLEXÃO COM LAMINADOS DE CFRP COLADOS EXTERIORMENTE. ESTUDO EXPERIMENTAL	375
ANÁLISE NUMÉRICA DE VIGAS MISTAS PARCIALMENTE REVESTIDAS DE AÇO E CONCRETO EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO.....	387
ANÁLISE TÉRMICA DE PILARES DE AÇO EXPOSTOS A INCÊNDIOS LOCALIZADOS.....	399
SESSÃO DE ARTIGOS 4:	411
PROPAGAÇÃO DE CHAMAS ATRAVÉS DE VÃOS DE FACHADA EM EDIFÍCIOS.....	413
COMPORTAMENTO AO FOGO DE COLUNAS DE GFRP. ESTUDO EXPERIMENTAL	425
BETÕES CORRENTES EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO.....	435
ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS MODELOS DE CÁLCULO DA EN1993-1-2 PARA O DIMENSIONAMENTO AO FOGO DE VIGAS C EM AÇO ENFORMADAS A FRIO.....	445
BETÃO COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE AÇO E TÊXTEIS RECICLADAS DE PNEU SUJEITO A ALTAS TEMPERATURAS.....	457
ANÁLISE TÉRMICA 2D E 3D DE UM PAVIMENTO/COBERTURA EM MADEIRA COM PERFURAÇÕES.....	467
RESISTÊNCIA AO FOGO DE VIGAS EM MADEIRA E SECÇÕES DE PERFIS EM AÇO.....	475

4^{as} Jornadas de Segurança aos Incêndios Urbanos
Instituto Politécnico de Bragança - Portugal - 6-7 de Novembro de 2014

REDUÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS SECÇÕES METÁLICAS PARCIALMENTE EMBEBIDAS COM BETÃO SUJEITAS AO FOGO	483
COMPORTAMENTO AO FOGO DE PAREDES EM TABIQUE.....	493
SESSÃO DE ARTIGOS 5:.....	505
RESISTÊNCIA AO FOGO DE LAJES CELULARES EM MADEIRA COM DIFERENTES PERFURAÇÕES – ANÁLISE EXPERIMENTAL.....	507
RESISTÊNCIA AO FOGO DE LAJES CELULARES EM MADEIRA COM DIFERENTES PERFURAÇÕES – ANÁLISE NUMÉRICA.....	517
RESISTÊNCIA AO FOGO DE BLOCOS DE BETÃO LEVE À BASE DE CAROÇO DE ESPIGA DE MILHO	527
REAÇÃO AO FOGO DE BETÃO COM E SEM FIBRAS DE POLIPROPILENO – ANÁLISE EXPERIMENTAL E VALIDAÇÃO NUMÉRICA.....	537
VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO FOGO DE ELEMENTOS NÃO UNIFORMES EM AÇO - VALIDAÇÃO NUMÉRICA DO MÉTODO GERAL DO EC3.....	549
FORMULAÇÃO E COMPORTAMENTO DE TINTAS INTUMESCENTES.....	559
ESTUDIO NUMÉRICO DE VIGAS PARCIALMENTE EMBEBIDAS SOMETIDAS A FLEXIÓN EXPUESTAS A FUEGO ISO834.....	569
COMPORTAMENTO AO FOGO DE PERFIS C E Z ENFORMADOS A FRIO	579
ENSAIOS DE REAÇÃO AO FOGO DE TINTAS INTUMESCENTES COM GRANULADO DE CORTIÇA.....	589
FATOR DE REDUÇÃO DO NÍVEL DE CARREGAMENTO, η_n : VALORES DE PROJETO E CONSEQUÊNCIAS DA SIMPLIFICAÇÃO APONTADA NO EC2-1-2.....	599
NÍVEL DE CARREGAMENTO À TEMPERATURA NORMAL, n : VALORES DE PROJETO E VALORES MÁXIMOS APONTADOS NO EC2-1-2	609

ANÁLISE TÉRMICA 2D E 3D DE UM PAVIMENTO/COBERTURA EM MADEIRA COM PERFURAÇÕES



Tânia Dias*
Aluna
IPB - Bragança



Joel Pereira
Aluno
IPB - Bragança



Elza Fonseca
Professora
IPB - Bragança

RESUMO

Neste trabalho apresenta-se um modelo numérico para a análise térmica 2D e 3D de um pavimento/cobertura em madeira com perfurações circulares e quadrangulares. Foi utilizado o método dos elementos finitos, com recurso ao programa Ansys, e adotado um método de solução em regime transiente não linear material. São obtidos os campos de temperaturas em diferentes posições nodais quando o modelo é submetido ao fogo. Os resultados numéricos serão obtidos utilizando elementos finitos bidimensionais (PLANE55) ou tridimensionais (SOLID70), respetivamente na análise 2D ou 3D. A camada carbonizada é verificada com a aplicação de um critério de temperatura máxima, que permite avaliar a secção residual, para um determinado instante de tempo.

PALAVRAS-CHAVE: Elementos Finitos; Pavimento/cobertura; madeira.

1. INTRODUÇÃO

Os pavimentos em madeira maciça são uma escolha tradicional por excelência, por possuírem qualidades de estabilidade, durabilidade e resistência superiores, para além da beleza do produto natural.

A solução construtiva pavimento/cobertura em estrutura celular e perfurações é um modelo possível de ser utilizado em edifícios residenciais e comerciais [1], [2], [3]. As perfurações nestes elementos, para além da estética, permitem melhorar as condições acústicas. No entanto, sendo

*Autor correspondente – Instituto Politécnico de Bragança. Campus Santa Apolónia, 5301-857 Bragança. Telef.: +351 273 303155, Fax: +351 273 313051, E-mail: t.dias3@hotmail.com

a madeira um material combustível, a avaliação da resistência ao fogo é um fator importante na análise do seu desempenho.

O modelo em estudo possui três cavidades, duas dessas cavidades têm perfurações (seção quadrada e circular) e a outra cavidade não possui qualquer abertura.

É desenvolvido um modelo numérico com a utilização de um programa de elementos finitos, ANSYS. O modelo numérico é transiente térmico, não linear e utiliza elementos hexaédricos. Considerou-se a não linearidade das propriedades a temperaturas elevadas. Adotou-se a utilização de curva de incêndio padrão na face do modelo pavimento/cobertura que contém as perfurações, com exposição ao fogo. Foram ainda consideradas curvas para a evolução da temperatura no interior das cavidades, atendendo ao aquecimento da face perfurada [3]. As condições de fronteira, consideradas na análise foram convecção e radiação. O comportamento físico do modelo é também condicionado pela formação da carbonização, sendo este fenómeno considerado no modelo numérico. A velocidade de carbonização da madeira é uma característica que permite avaliar a resistência ao fogo, sendo determinada pela diminuição da seção residual num determinado instante de tempo [4].

Os resultados obtidos permitirão avaliar o efeito do tipo de perfuração no retardamento da ação térmica sobre o modelo pavimento/cobertura de madeira quando submetido a um incêndio.

2. METODOLOGIA E MATERIAIS

A figura 1 representa algumas das soluções construtivas em madeira, utilizadas em edifícios para coberturas, pavimentos e fachadas, por exemplo.

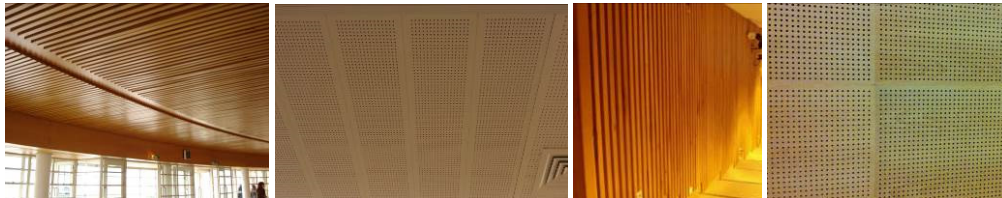


Figura 1: Soluções construtivas com perfurações.

O desenho de definição do modelo pavimento/cobertura em estudo encontra-se representado na figura 2. O modelo possui três cavidades ou células: uma célula com perfurações quadradas de dimensões diferentes (q_{20} e q_{40}), a outra com perfurações circulares também de dimensões diferentes (d_{20} e d_{40}) e a outra cavidade não possui perfurações.

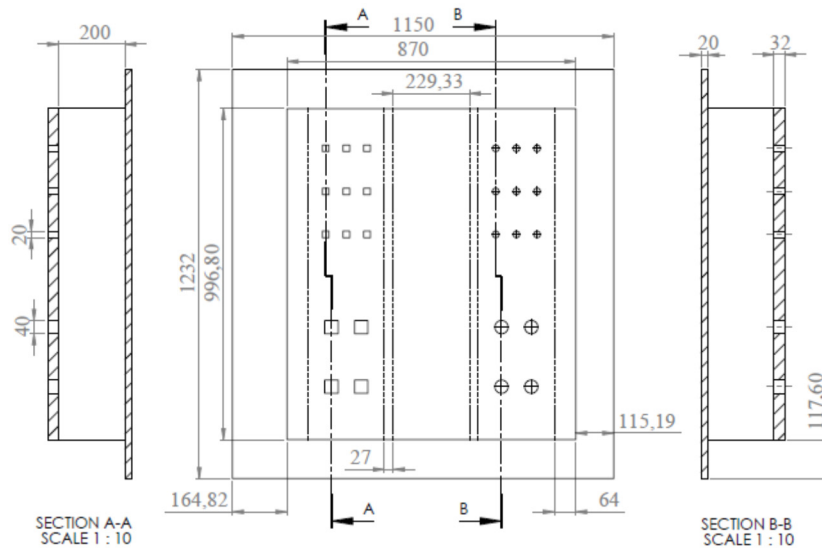


Figura 2: Desenho do modelo de pavimento/cobertura com perfurações.

O material utilizado no modelo em análise é a madeira de abeto (*spruce*), com comportamento não linear dependente da temperatura, cujas propriedades térmicas se encontram definidas no anexo B do Eurocódigo 5 [4].

As propriedades térmicas a considerar são a condutividade térmica, o calor específico e a massa volúmica, conforme representado na figura 3. A massa volúmica da madeira de abeto, à temperatura ambiente e considerada neste trabalho, foi igual a 450 kg/m^3 . O fator de emissividade considerado para o material foi igual a 0,8 [4].

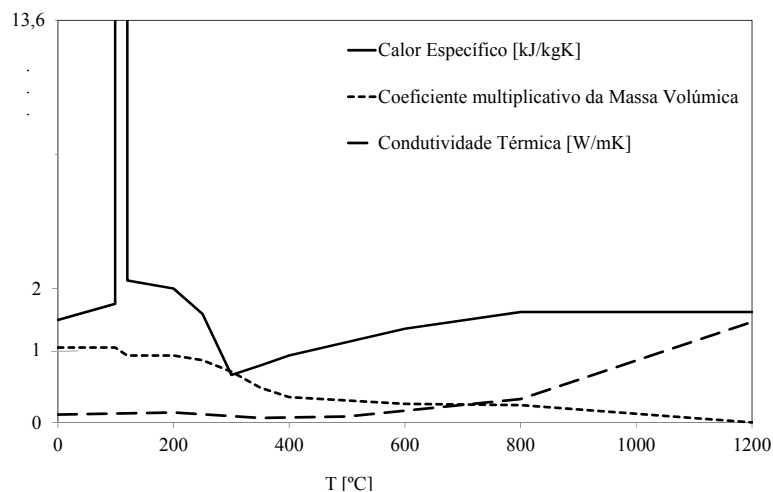
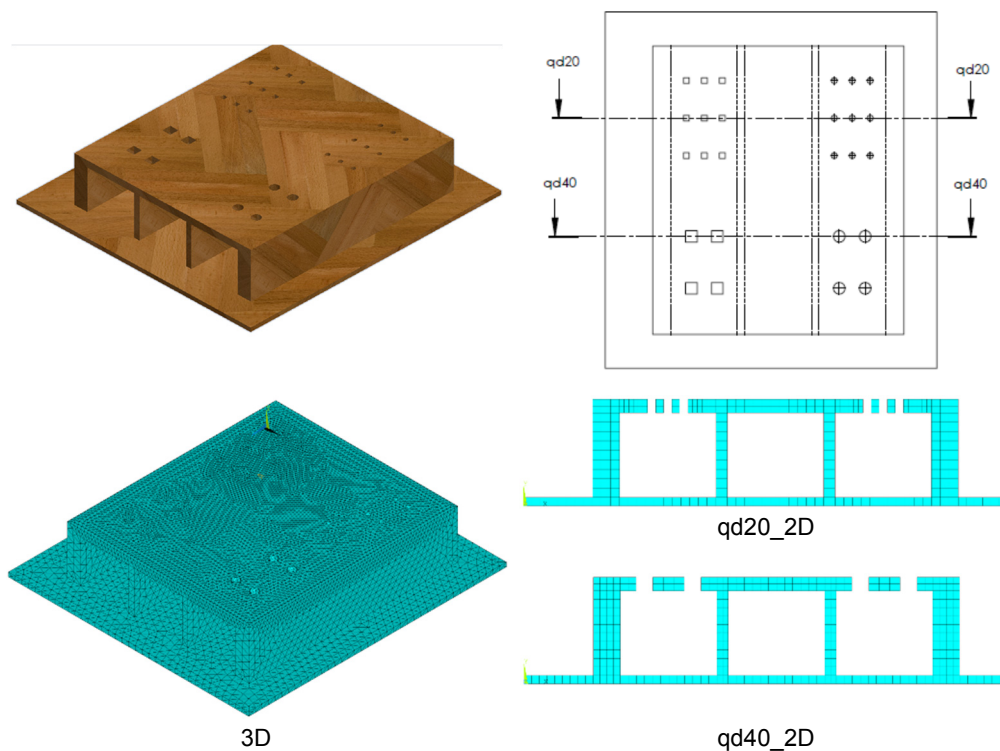


Figura 3: Propriedades térmicas da madeira.

3. MODELOS NUMÉRICOS

Na análise numérica é utilizado o método dos elementos finitos através do programa ANSYS, tendo sido utilizados elementos finitos bidimensionais de 4 nós (PLANE55) ou tridimensionais de 8 nós (SOLID70) com capacidade em formar tetraédricos, ambos com funções de forma lineares e respetivamente para a análise 2D ou 3D, conforme a figura 4.



3D
3D
qd20_2D
qd40_2D
Figura 4: Malhas de elementos finitos 2D e 3D.

Para cada modelo numérico (3D ou 2D) é calculado o perfil de temperaturas e avaliada a carbonização ocorrida na face exposta ao fogo.

O método de solução numérico é transiente e não linear, com uma duração de 3600s. De acordo com o Eurocódigo 1 [5] a evolução da temperatura de um incêndio ao longo do tempo pode ser definida por curvas de incêndio normalizado. Foi adotada a utilização da curva de incêndio padrão ISO 834 [6] para a face exposta do modelo, como se representa na figura 5, tendo sido consideradas as condições de fronteira de convecção e de radiação.

No instante inicial, o modelo de pavimento/cobertura foi considerado à temperatura ambiente de 20°C. Foi utilizado um coeficiente de convecção igual a 25 W/m²K na superfície exposta ao fogo, 4 W/m²K na superfície não exposta, 25 W/m²K nas paredes internas das células e respetivas

aberturas nas perfurações. Foi ainda considerado um fator de emissividade de 1 para a ação do fogo [4].

As curvas admitidas para a evolução da temperatura ambiente no interior das cavidades foram obtidas em função do cálculo prévio da espessura carbonizada na face de exposição ao fogo, figura 5.

Conhecendo a velocidade de carbonização (β , mm/min), calculada em função da profundidade da espessura carbonizada, em mm, e do tempo de exposição ao fogo, em min, é possível avaliar a falha da estrutura. O Eurocódigo 5 [4] propõe um valor igual a 0,9 mm/min para painéis em madeira com características similares e utilizadas no modelo em estudo.

O tempo calculado para que no modelo de pavimento/cobertura a face exposta ao fogo carbonize na totalidade é de 22,2 min (1333 s). Este critério permitiu concluir que a evolução da temperatura ambiente dentro das cavidades seguirá a curva de incêndio padrão ISO 834 [6] após 1333 s de exposição ao fogo. Até esse instante, admitiu-se uma evolução linear da temperatura dentro das cavidades, conforme se verifica no gráfico da figura 5. Nas faces das aberturas laterais (quadrangulares e retangulares) foi imposta a curva ISO 834, tal como na face exterior perfurada, enunciado anteriormente [6].

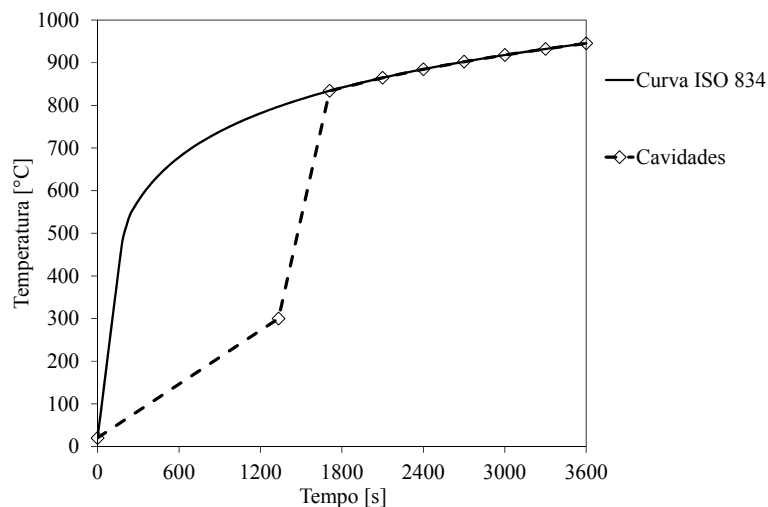


Figura 5: Curva de incêndio padrão, e curva típica adotada para o interior das cavidades.

4. RESULTADOS NUMÉRICOS

Para um determinado instante de tempo é possível verificar a camada carbonizada que ocorre no modelo de pavimento/cobertura em estudo através da cor cinza, conforme a figura 6. Apresentam-se os resultados das temperaturas para os instantes de tempo iguais a 900 s e 1800 s, nos modelos 2D e 3D. No modelo 3D foi efetuado um corte na secção que contém as perfurações. Estão ainda representadas as zonas do modelo com as perfurações através de

duas vistas diferentes. A face exposta ao fogo encontra-se sempre com temperaturas superiores a 300°C e na face interna, dependendo do instante, nota-se uma maior carbonização junto às maiores perfurações (q40 e d40).

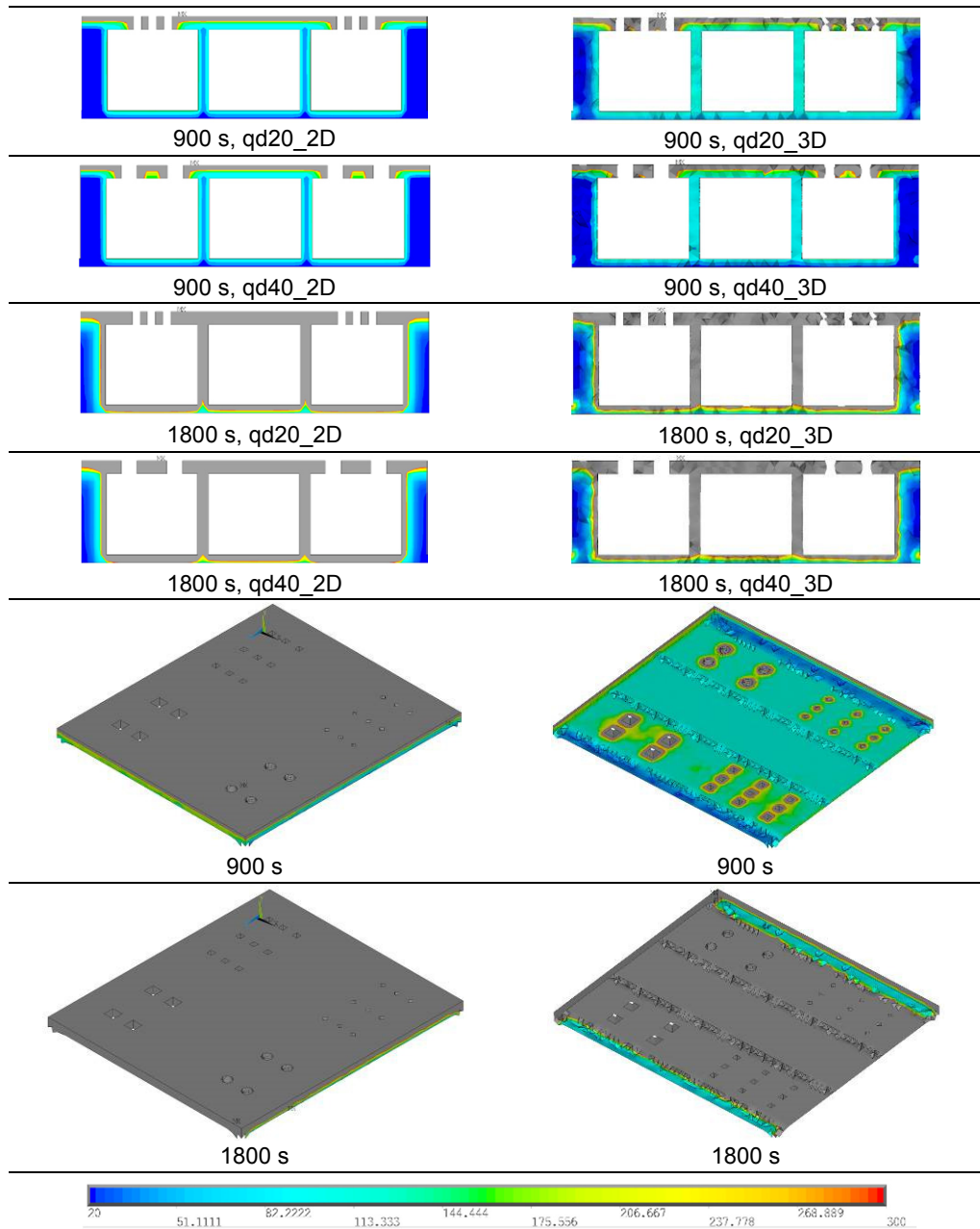


Figura 6: Temperaturas no final de 900 s e 1800 s, modelos 2D e 3D.

Os resultados obtidos através dos modelos 2D e 3D são similares. No instante de 1800 s verifica-se que o modelo está praticamente todo carbonizado. O instante em que a face perfurada exposta ao fogo carboniza totalmente é aos 1333 s, conforme cálculo prévio da velocidade de carbonização. Na figura 7 são obtidos os registos nodais do campo de temperaturas nos modelos 2D e 3D, no interior das cavidades junto às diferentes perfurações e na cavidade fechada sem perfuração.

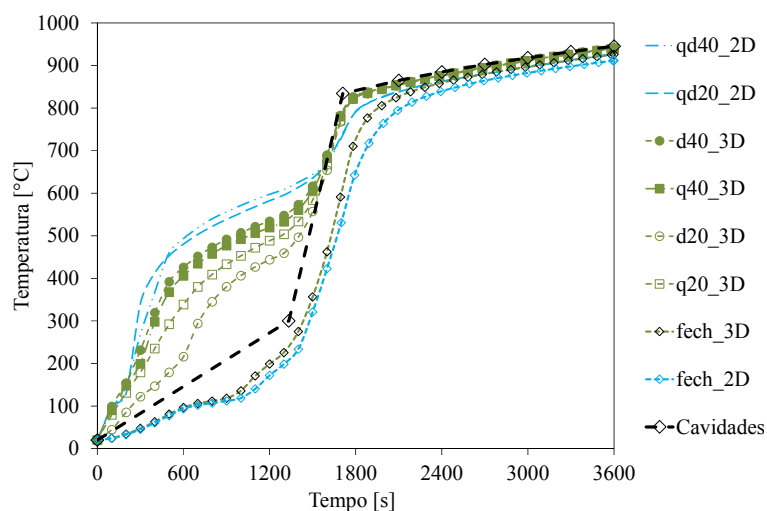


Figura 7: Evolução da temperatura em pontos nodais próximo das perfurações.

Até aos 1800 s, as temperaturas obtidas junto às perfurações maiores são ligeiramente superiores às perfurações menores, sendo indiferente a forma da perfuração. Nas perfurações menores existe uma ligeira diferença no registo das temperaturas entre as perfurações circulares e quadradas. Em relação à cavidade fechada, as temperaturas são sempre mais baixas. A partir dos 1800 s, todas as curvas de temperaturas têm o mesmo comportamento.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem avaliar o efeito do tipo de perfuração no modelo de pavimento/cobertura em madeira quando submetido a uma ação de incêndio. As maiores perfurações quadradas e circulares tiveram desempenho muito semelhante no modelo em estudo. Comparando as diferentes cavidades do modelo, pode concluir-se que as cavidades com perfurações maiores (qd40) atingem a carbonização para um tempo 25% superior em relação às perfuradas q20 e 75% em relação às perfuradas d20. Isto explica-se pelo maior aquecimento registado nas arestas das cavidades quadradas. As cavidades sem perfurações resistem 3,75 vezes mais quando comparadas com as cavidades qd40, sendo por esse motivo as cavidades com maior resistência ao fogo.

REFERÊNCIAS

- [1] Frangi A., Knobloch M., Fontana M. - *Fire design of timber slabs made of hollow core elements*. Engineering Structures, V.31, 2009, p.150-157.
- [2] Fonseca E.M.M., Couto D., Piloto P.A.G. - *Fire safety in perforated wooden slabs: a numerical approach*, WIT Transactions on the Built Environment, V.134, 2013, p.577-584.
- [3] E.M.M. Fonseca, L.M.S. Barreira, J.M. Meireles, P.A.G. Piloto - *Numerical Model to Assess the Fire Behaviour of Cellular Wood Slabs with Drillings*; 4th International Conference on Integrity, Reliability & Failure IRF2013, 2013, p.651-652.
- [4] EN1995-1-2: 2003. *Eurocode 5: Design of timber structures - Part 1-2: Structural fire design*, CEN - Comité Européen de Normalisation.
- [5] EN 1991-1-2: 2002. *Eurocode 1: Actions on Structures - Part 1-2: General actions - Actions on Structures Exposed to Fire*, CEN - Comité Européen de Normalisation.
- [6] ISO 834-1: 1999. *Fire-resistance tests - Elements of building construction – Part 1: general requirements*.