

Encontro
Nacional de
Construção
Metálica
e Mista

COIMBRA, 18 e 19 de NOVEMBRO de 1999

A UTILIZAÇÃO DE MÉTODOS AVANÇADOS NO CÁLCULO DE UMA ESTRUTURA METÁLICA EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO

Vila Real, P. M. M.¹; Piloto, P. A. G.²

RESUMO

Neste trabalho calcula-se a resistência ao fogo de uma estrutura metálica utilizando-se, para o efeito, um programa de elementos finitos para análise não-linear geométrica e material, especialmente desenvolvido para o estudo de estruturas em situação de incêndio. O procedimento adoptado enquadra-se nos chamados *Métodos Avançados de Cálculo* preconizados nos Eurocódigos.

Para dar satisfação às exigências de resistência ao fogo estabelecidas na regulamentação nacional de segurança contra incêndios em edifícios, foi necessário recorrer à utilização de material de protecção ao fogo de modo a aumentar a resistência ao fogo da estrutura analisada.

1. INTRODUÇÃO

A segurança contra incêndios de edifícios tem vindo a merecer em Portugal uma atenção crescente [1], começando a surgir no nosso País regulamentação que abrange os vários tipos de edifícios existentes [2-6,21-23]. Entre as exigências estabelecidas nestes regulamentos encontra-se a "*Resistência ao Fogo*" de elementos estruturais, que se avalia pelo tempo que decorre desde o início de um processo térmico normalizado, (no presente trabalho a curva de incêndio padrão ISO 834) a que o elemento é submetido, até ao momento em que ele deixa de satisfazer as funções para que foi projectado.

Dada a inexistência em Portugal de regulamentação relativa ao cálculo estrutural ao fogo foram utilizados os seguintes Eurocódigos, que se encontram ainda em fase de Pré-Norma (ENV):

- Eurocódigo 1, Parte 2.2 – Acções em Estruturas Sujeitas a Incêndio [7], onde se faz a caracterização das acções térmicas;
- Eurocódigo 3, Parte 1.2 – Cálculo Estrutural ao Fogo [8], onde se estabelecem as regras para o cálculo da capacidade resistente das estruturas de aço em situação de

¹ Professor Auxiliar, Secção Autónoma de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro

² Professor Adjunto, Departamento de Mecânica Aplicada, Instituto Politécnico de Bragança

incêndio e se definem as propriedades térmicas e mecânicas do aço em função da temperatura;

- Eurocódigo 4, Parte 1.2 – Cálculo Estrutural ao Fogo [9], onde se estabelecem as regras para o cálculo da capacidade resistente das estruturas mistas aço-betão em situação de incêndio e se definem as propriedades térmicas e mecânicas do aço e do betão em função da temperatura.

De acordo com a Parte 1.2 do Eurocódigo 3, o Cálculo Estrutural ao Fogo pode ser feito em dois níveis de sofisticação crescente:

- *Métodos simplificados de cálculo*, fazendo uso de fórmulas analíticas aplicáveis apenas a elementos estruturais isolados;
- *Métodos avançados de cálculo*, os quais podem ser usados na simulação do comportamento de:
 1. Estrutura Global (Fig. 1, a);
 2. Partes da estrutura, como por exemplo pórticos ou sub-estruturas em que há necessidade de determinar as condições de fronteira que nelas actuam, as quais se consideram constantes durante a ocorrência do incêndio (Fig. 1, b);
 3. Elementos estruturais isolados (vigas, pilares ou lajes), desprezando qualquer interacção entre eles (Fig. 1, c).

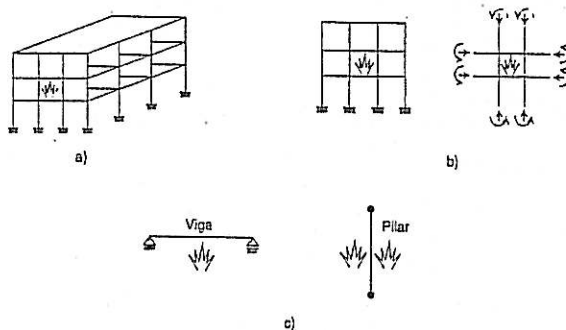


Fig. 1 - Níveis possíveis de esquematização da estrutura [10]. a) Análise global; b) Análise de sub-estrutura; c) Análise de elementos isolados.

Em qualquer caso, o cálculo da resistência ao fogo do elemento ou estrutura com funções de suporte de cargas é feito impondo que, após um determinado instante de tempo t de exposição ao fogo normalizado, se verifique a condição [8]:

$$E_{f_i,d,t} \leq R_{f_i,d,t} \quad (1)$$

onde, $E_{f_i,d,t}$, é o valor de cálculo dos efeitos das acções (térmicas e mecânicas) em situação de incêndio no instante t , determinado de acordo com a combinação acidental de acções expressa na ENV 1991-2-2 [7] e $R_{f_i,d,t}$ é o valor de cálculo da capacidade resistente em situação de incêndio no instante t .

Faz-se o cálculo da resistência ao fogo de uma estrutura metálica porticada, com dois vãos e três pisos como se mostra na figura 2. Como a resistência ao fogo desta estrutura é inferior à resistência regulamentar foi necessário recorrer a material de protecção ao fogo de modo a que fosse atingida aquela resistência.

Trata-se de um edifício do tipo comercial situado a Nordeste de Portugal, a uma altitude de 700 [m], analisado anteriormente na ref. [19]. Para ter em conta os efeitos das

imperfeições de montagem, possíveis excentricidades e até imperfeições geométricas, introduziu-se, de acordo com o Eurocódigo 3, Parte 1.1 [12], uma pequena imperfeição inicial, à qual corresponde um ângulo de 0.0033 [rad]. Assim a estrutura apresenta uma inclinação para a direita de cerca de 0.01 [m] por cada 3 [m] de altura.

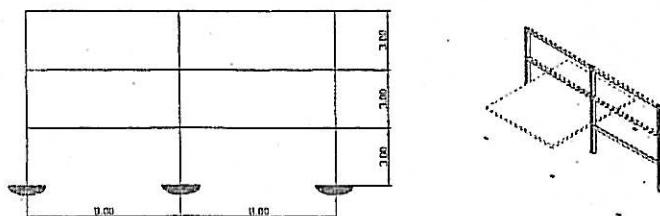


Fig. 2- Representação esquemática da estrutura bidimensional, com 5 [m] entre pórticos.

2. MODELAÇÃO NUMÉRICA

Existem actualmente vários programas de cálculo automático para análise da resistência ao fogo das estruturas, que vão desde programas baseados nos *métodos simplificados de cálculo* definidos nos Eurocódigos, até programas mais complexos de análise não - linear, baseados no método dos elementos finitos e que se incluem nos chamados *métodos avançados de cálculo* referidos nos Eurocódigos. Entre estes últimos encontra-se o programa SAFIR [11] que é um código de elementos finitos para análise não-linear geométrica e material, desenvolvido na Universidade de Liège por Dr ir Jean-Marc Franssen e vocacionado para a análise de estruturas sujeitas à acção do fogo.

2.1 O programa SAFIR

O programa SAFIR é constituído por dois módulos de cálculo distintos, um para a análise do comportamento térmico da estrutura e outro para a análise do seu comportamento mecânico. Assim, numa primeira fase calcula-se a evolução do campo não uniforme de temperaturas, para cada secção tipo existente na estrutura, e numa fase posterior o módulo mecânico do programa lê estas temperaturas e faz o cálculo do comportamento mecânico da estrutura em regime transiente.

2.1.1 Análise do comportamento térmico

O programa SAFIR permite fazer a análise do comportamento térmico das estruturas quer utilizando elementos sólidos tridimensionais (3D), quer utilizando elementos planos bidimensionais (2D). Os elementos sólidos são lineares de oito nós e os elementos planos, também lineares podendo ser triangulares de 3 nós ou quadriláteros com 4 nós.

É possível a consideração de mais do que um material possibilitando, por exemplo, a análise de vigas mistas aço-betão. As propriedades térmicas do aço e do betão dependem da temperatura de acordo com as expressões definidas nos Eurocódigos.

2.1.2 Análise do comportamento mecânico

A análise transiente do comportamento mecânico das estruturas utiliza, como se disse, os resultados da análise térmica previamente efectuada.

Para além do elemento sólido estão também disponíveis no SAFIR elementos de barra e de viga, sendo possível com estes dois últimos modelar estruturas reticuladas tridimensionais.

O elemento de viga baseia-se na hipótese de Bernoulli, em que as secções planas antes da deformação se mantêm planas depois da deformação e o efeito do esforço transversal não é tido em consideração. Por outro lado este elemento não contempla encurvadura local, razão pela qual se devem apenas utilizar perfis com secções da Classe 1 e da Classe 2 de acordo como são definidas no eurocódigo 3 [12].

A secção recta dos elementos é discretizada através de elementos finitos aos quais correspondem fibras, sendo em cada ponto de integração longitudinal, todas as variáveis, tais como a temperatura, a deformação, a tensão, etc. uniformes em cada fibra. A discretização do elemento de viga através do modelo de fibras, permite a consideração de tensões residuais [13] e mesmo a introdução de pré-esforço em estruturas de betão.

O critério de colapso da estrutura é definido como sendo o instante em que a sua matriz de rigidez deixa de ser definida positiva, não sendo mais possível estabelecer o equilíbrio da estrutura. O programa utiliza a técnica do comprimento de arco, "arc-length", para resolver os problemas de ruína local que por vezes surgem. De facto em estruturas hiperstáticas pode acontecer que a ruína de um dos seus elementos não corresponda ao colapso global da estrutura. É possível que para além do instante em que ocorre a ruína local, a parte dos esforços que não pode mais ser suportada pelo elemento em questão seja redistribuída pelos outros elementos da estrutura, encontrando esta uma nova posição de equilíbrio.

3. ACÇÕES EM ESTRUTURAS SUJEITAS A FOGO

3.1.1 Acções mecânicas

O valor de cálculo dos efeitos das acções em situação de incêndio, $E_{f,d,t}$, deve ser obtido usando-se a seguinte combinação de acidente definida no Anexo F da parte 2-2 do Eurocódigo 1 [7]:

$$\sum \gamma_{GA} G_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} + \sum A_d(t) \quad (2)$$

onde

- γ_{GA} - é o coeficiente de segurança parcial para as acções permanentes em situação de acidente, o qual deve tomar o valor unitário [$\gamma_{GA} = 1$];
- G_k - é o valor característico das acções permanentes;
- $Q_{k,1}$ - é o valor característico da acção variável principal ou dominante;
- $\psi_{1,1}$ - é o coeficiente de combinação associado à acção variável principal ou dominante [14];
- $\psi_{2,i}$ - é o coeficiente de combinação associado às restantes acções variáveis [14];
- $A_d(t)$ - é o valor de cálculo da acção resultante da exposição ao fogo e que se traduz no efeito da temperatura sobre as propriedades dos materiais e nas acções indirectas de incêndio a que correspondem os esforços resultantes das restrições às dilatações térmicas.

Após análise da combinação das acções é necessário quantificar as acções correspondentes ao tipo de construção prevista. No que respeita às acções permanentes considerou-se o peso próprio dos elementos estruturais, dos pavimentos, das paredes e da

cobertura. Relativamente às sobrecargas, e destinando-se o edifício a fins comerciais (escritórios em geral) os seus valores foram obtidos do Eurocódigo 1, Parte 2-1 [15]. A acção do vento e da neve foi quantificada tendo em atenção a localização e implantação do edifício de acordo com o estipulado no Eurocódigo 1 respectivamente na Parte 2-4 [16] e na Parte 2-3 [17].

Neste trabalho apenas será apresentada a análise da estrutura correspondente à combinação de acções em que o vento figura como acção variável principal. A figura 3 mostra o carregamento correspondente a esta combinação de acções.

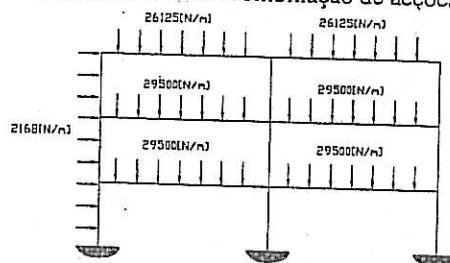


Fig. 3 – Carregamento correspondente à combinação de acções em que o vento é a acção variável dominante.

3.1.2 Acções térmicas

No que diz respeito às acções térmicas a parte 2-2 do Eurocódigo 1 [7] estabelece que a temperatura de incêndio pode ser dada em termos de curvas nominais tempo - temperatura ou sob a forma de curvas paramétricas.

As curvas nominais são curvas convencionais que podem ser definidas por uma fórmula simples e que não dependem da dimensão ou do tipo dos edifícios. São assim definidas três curvas nominais:

1. Curva de incêndio padrão ISO 834;
2. Curva de incêndio para elementos estruturais exteriores;
3. Curva de incêndio de hidrocarbonetos.

As curvas de incêndio paramétricas distinguem-se das anteriores por possuírem fase de arrefecimento. Estas curvas pretendem traduzir de modo mais apropriado os incêndios reais e têm em conta os principais parâmetros que influenciam a extensão e o desenvolvimento dos incêndios, ou seja, a dimensão do edifício, o factor de abertura do compartimento de incêndio e a densidade de carga de incêndio.

Neste trabalho utilizou-se, como se referiu, a curva de incêndio padrão ISO 834, cuja expressão analítica é dada por [7]:

$$\theta_r = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1)$$

onde

θ_r é a temperatura dos gases no compartimento de incêndio em [°C];

t é o tempo em [min].

4. CASO ESTUDADO

Pretende-se fazer o cálculo da resistência ao fogo da estrutura metálica já apresentada na figura 2, quando sujeita a fogo em todos os compartimentos como mostra a figura 4.

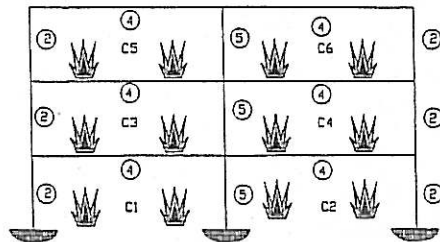


Fig. 4- Estrutura com a indicação das várias secções tipo e a localização do incêndio.

Utilizou-se aço do tipo Fe 360, tendo o dimensionamento da estrutura à temperatura ambiente conduzido à escolha de perfis IPE 450 para as vigas e HEA 300 para os pilares.

Na figura 4 estão numerados os diversos tipos de elementos estruturais de acordo com a solicitação térmica a que estão sujeitos. Assim, por exemplo, os elementos dos tipos 2 e 5 correspondem a pilares com aquecimento respectivamente num dos banços e nos dois banços. A secção do tipo 4 corresponde a vigas com aquecimento em três lados. A figura 5 exemplifica algumas destas situações.

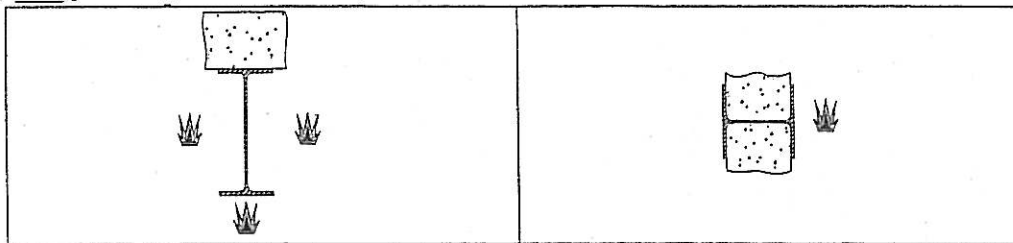


Fig. 5 a) -Viga sujeita a fogo em três lados.

Fig. 5 b) - Pilar sujeito a fogo num dos lados.

As secções rectas das vigas e dos pilares foram discretizadas com elementos triangulares e quadriláteros, estando representadas na figura 6 a) e b) respectivamente, partes da malha correspondentes às vigas e aos pilares.

O módulo térmico do programa SAFIR permite calcular, como se disse, a evolução do campo de temperaturas ao longo do tempo, fazendo uma análise não-linear, uma vez que as propriedades térmicas dos materiais dependem da temperatura e a própria condição de fronteira radiativa é também não - linear.

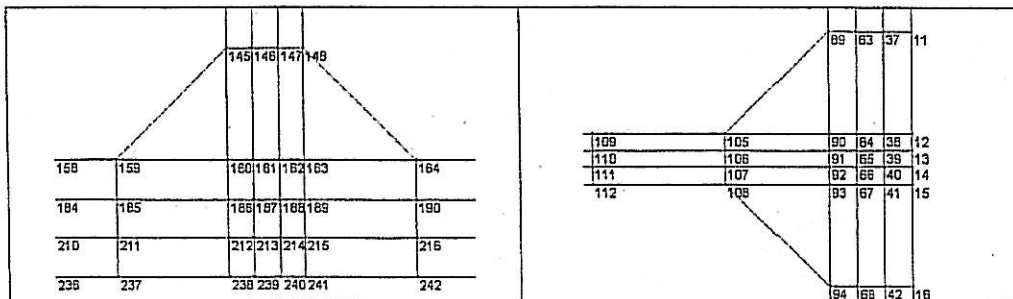


Fig. 6 a) Discretização parcial da secção recta da viga. Fig. 6 b) Discretização parcial da secção recta do pilar.

Torna-se assim necessário fazer a análise térmica dos elementos estruturais com propriedades geométricas do tipo 2, 4 e 5, os quais estão sujeitos à curva de incêndio padrão já referida.

A figura 7 mostra o campo de temperatura ao fim de 1200 segundos, para o caso da viga do tipo 4, bem como a curva tempo - temperatura para o nó 240 da malha de elementos finitos utilizada (ver Fig. 6 a). Estas imagens foram obtidas com o Pós-Processador Diamond 2000, especialmente dedicado ao programa SAFIR.

Como se pode verificar, o campo de temperaturas não é uniforme, situação que se obteria no caso de se utilizar a equação simplificada de condução de calor, preconizada no Eurocódigo 3, onde se assume que o campo de temperaturas é uniforme na secção recta dos perfis, em virtude da elevada condutividade térmica do aço. Como facilmente se compreende, podem ocorrer elevados gradientes térmicos nas secções em análise, os quais podem provocar significativas alterações nos esforços da estrutura.

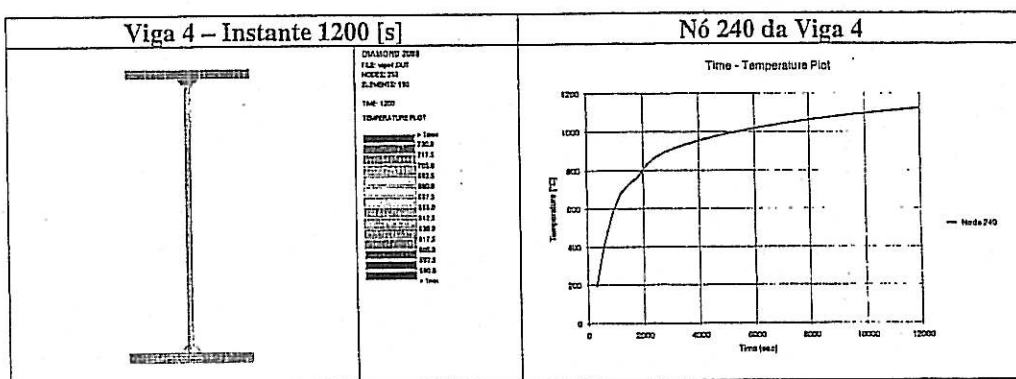


Fig. 7 Evolução do campo de temperaturas na viga 4.

Depois de efectuar o cálculo térmico, procede-se ao cálculo estrutural. A discretização da estrutura utilizada é representada na figura 8.

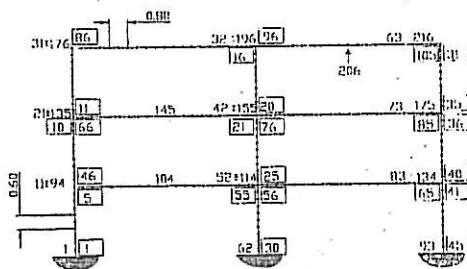


Fig. 8 - Discretização da estrutura. Numeração dos nós e dos elementos (em caixa).

As temperaturas previamente calculadas nos elementos estruturais, são numa segunda fase lidas e utilizadas na parte de cálculo estrutural do programa SAFIR. A determinação dos deslocamentos e dos esforços é feita de uma maneira passo a passo, durante o incêndio, até ao momento em que já não é possível estabelecer o equilíbrio. Este instante corresponde à resistência ao fogo da estrutura.

Os elementos finitos utilizados são do tipo Euler Bernoulli, apresentando 3 nós, com um nó central apenas para contemplar a não-linearidade do deslocamento axial [18]. Assim, e para o caso de viga bidimensional, existem dois deslocamentos e uma rotação nos nós das extremidades, em conjunto com o referido grau relativo ao deslocamento axial, num total de 7 graus de liberdade.

O Pós-Processador Diamond 2000 possibilita também a visualização da deformada da estrutura, bem como a obtenção de gráficos com a evolução de deslocamentos no tempo, conforme é mostrado na figura 9. A evolução do deslocamento horizontal e vertical diz respeito ao nó 206 representado na figura 8.

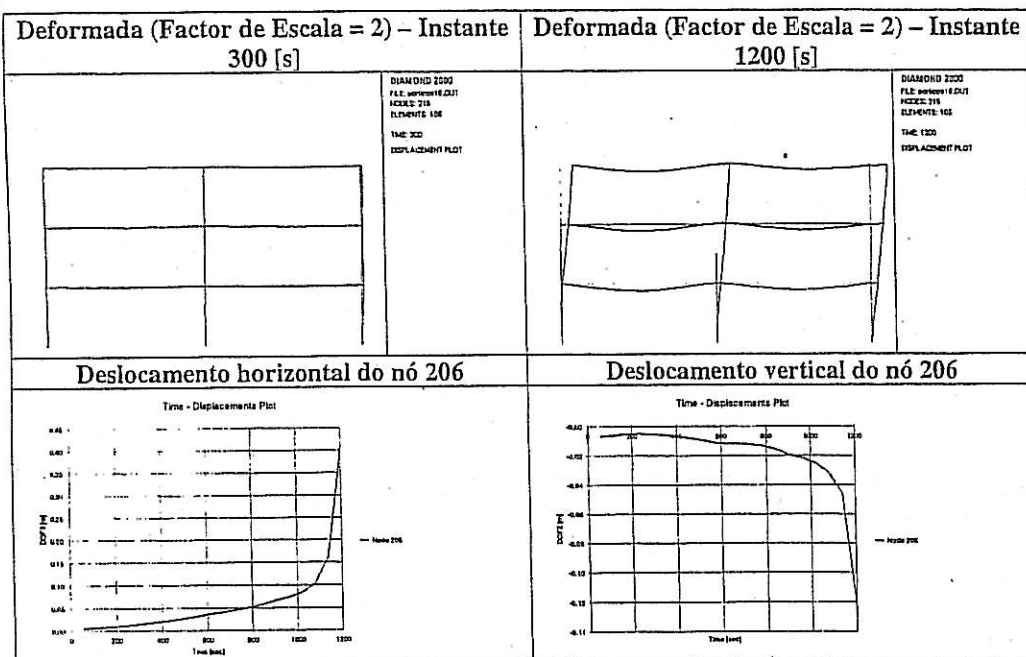


Fig. 9 – Resultados obtidos sem protecção ao fogo.

A resistência ao fogo da estrutura calculada, correspondente à ocorrência de incêndio em todos os compartimentos, foi de 1202 [s], a qual fica claramente abaixo dos valores regulamentares [3], pois de acordo com o anexo sobre medidas de segurança contra riscos de incêndio a aplicar a estabelecimentos comerciais cuja altura não ultrapasse os 9 [m], no seu ponto 3.2.1. sobre características construtivas, explicita que a resistência ao fogo da estrutura deve ser, pelo menos, de 30 minutos.

Numa tentativa de aumentar a resistência ao fogo da estrutura, de modo a serem atingidos os 30 minutos regulamentares, recorreu-se à utilização de material termicamente isolante em todo o contorno das vigas. Não se utilizou protecção contra incêndio nos pilares pois admitiu-se que, entre os seus banzos existia betão leve (Fig. 5b), o qual é, como se sabe, um mau condutor de calor. Assim, após a realização de alguns testes, apresenta-se uma solução em que se adopta “fibra mineral” como material de isolamento com as seguintes propriedades térmicas [20]: condutividade térmica 0.12 [W/mK], calor específico 1200 [J/kgK] e peso volúmico 300 [kg/m³].

Considerou-se que o material é projectado ao longo de todo o contorno dos perfis como mostra a figura 10 c) e com uma espessura de 4 [mm].

Com a utilização deste material isolante a estrutura passou a apresentar uma resistência ao fogo de aproximadamente 33 minutos, superior, portanto, ao valor exigido na regulamentação portuguesa em vigor. O novo comportamento da estrutura apresenta-se na figura 11, onde se poderá verificar o andamento da deformada para um instante intermédio e para o instante imediatamente anterior ao do colapso.

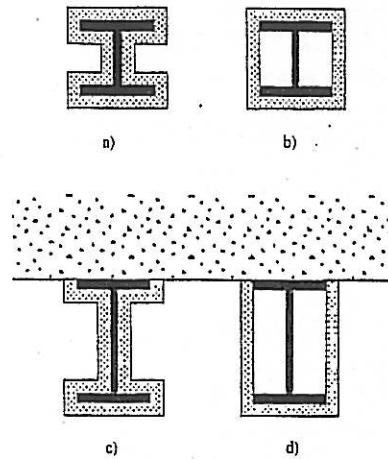


Fig. 10 – Processos distintos de aplicação da protecção ao fogo.
 a) e c) projecção de material isolante ou tintas intumescentes.
 b) e d) Placas de material isolante montadas em caixão.

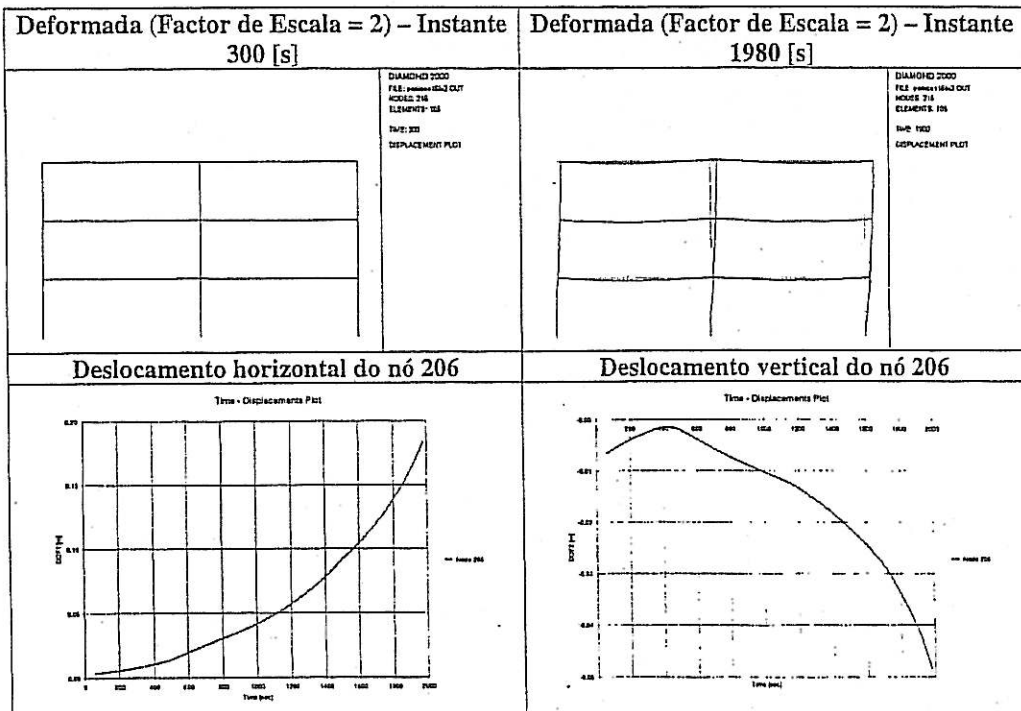


Fig. 11 – Resultados obtidos considerando protecção ao fogo

A figura 12 mostra os campos de temperatura obtidos quando se usa "fibra mineral" como material de protecção ao fogo e se considera o efeito térmico da laje de betão.

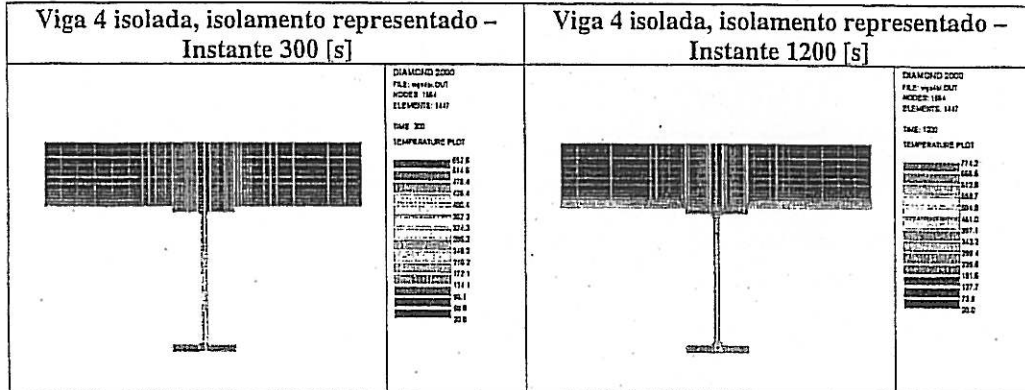


Fig. 12 – Campos de temperatura, no caso de utilização de protecção ao fogo.

Na figura 13 comparam-se os diagramas de momentos flectores relativos às duas situações analisadas, para o instante que antecede o colapso da estrutura.

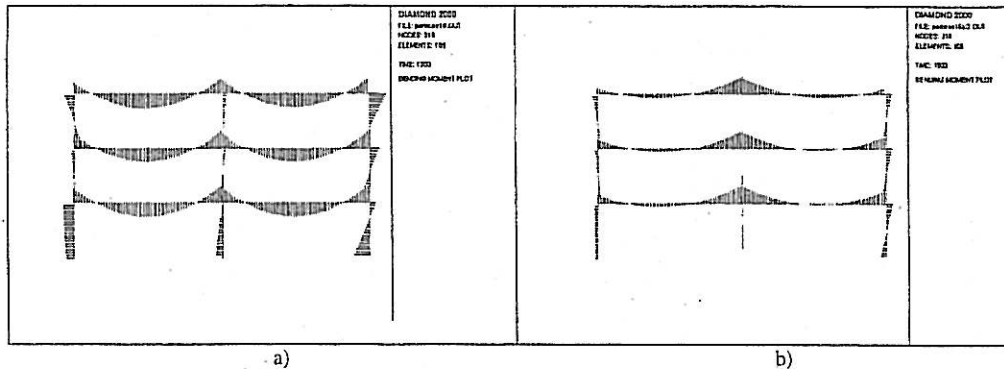


Fig. 13. - Diagrama de momentos flectores, instantes que antecede o colapso da estrutura.
a) vigas desprotegidas sem efeito térmico da laje; b) vigas protegidas com isolamento térmico.

5. CONCLUSÕES

Fez-se o cálculo da resistência ao fogo de uma estrutura metálica considerando-se ou não protecção ao fogo.

O método de análise adoptado enquadra-se nos chamados *métodos avançados de cálculo* preconizados nos Eurocódigos, tendo sido utilizado um programa de elementos finitos para análise não-linear geométrica e material desenvolvido na Universidade de Liège, especialmente destinado ao estudo do comportamento das estruturas em situação de incêndio. Trata-se de um programa com enormes potencialidades como ficou demonstrado, que permite o cálculo da resistência ao fogo de estruturas metálicas com ou sem protecção, estruturas mistas aço-betão e ainda de estruturas de betão.

6. AGRADECIMENTOS

Este trabalho de investigação e desenvolvimento foi realizado no âmbito do projecto PRAXIS/P/ECM/14176/1998 intitulado *Encurvadura Lateral de Vigas Metálicas Sujeitas à Acção do Fogo*. Os autores agradecem à FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia o apoio financeiro bem como à Universidade de Liège as facilidades concedidas durante a licença sabática do primeiro autor.

7. REFERÊNCIAS

- [1] – Cabrita Neves, I. – “Betão estrutural – Resistência ao Fogo e Eurocódigos”, Betão Estrutural, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, pp. 305-318, 1994.
- [2] – Regulamento de Segurança contra Incêndios em Edifícios de Habitação, Dec. Lei nº 64/90 de 21 de Fevereiro.
- [3] – Normas de Segurança contra Risco de Incêndio a aplicar a Estabelecimentos Comerciais (incluindo Anexo sobre Medidas de Segurança contra riscos de Incêndio a aplicar em estabelecimentos Comerciais), Dec. Lei nº 61/90 de 15 de Fevereiro.
- [4] – Medidas Cautelares Mínimas contra Riscos de Incêndio a Aplicar aos Locais e seus Acessos Integrados em Edifícios onde estejam Instalados Serviços Públicos e da Administração Central, Regional e Local, Instituições de Interesse Público e Entidades Tuteladas pelo Estado, Resolução do Conselho de Ministros, nº 31/89.
- [5] – Regulamento de Segurança contra Risco de Incêndio em Centros Urbanos Antigos, – Dec. Lei nº 126/89 de 16 de Dezembro.
- [6] – Regulamento de Empreendimentos Turísticos (incluindo Anexo II relativo às Medidas de Segurança contra Incêndios a que se refere o artº 76), Decreto Regulamentar nº 8/89 de 21 de Março.
- [7] – CEN, ENV 1991-2-2; “Eurocode 1 – Basis of design and actions on structures – Part 2-2: Actions on structures – Actions on structures exposed to fire”; February 1995.
- [8] – CEN, ENV 1993-1-2; “Eurocode 3 – Design of steel structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design”; November 1993.
- [9] – CEN, ENV 1994-1-2; “Eurocode 4 – Design of Composite steel and concrete structures – Part 1-2: Actions on Structures – Actions on structures exposed to fire”; February 1995.
- [10]– Kruppa, J. – “Vérification de la Résistance au Feu par les Eurocodes, Construction Métallique, nº 2, pp. 57-65, 1998.
- [11]– Franssen, J.-M.; “SAFIR - Numerical program for materially and geometrically non-linear analysis of structures exposed to fire”; Institut du Génie Civil; Service “Ponts et Charpents”; Univerité de Liège.
- [12]– CEN, ENV 1993-1-1; “Eurocode 3 – Design of Steel Structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings”; December 1992.
- [13]– Vila Real, P. M. M.; Franssen, J. M. – “Numerical Modelling of Lateral Buckling of Steel I Beams Under Fire Conditions – Comparison with Eurocode 3”, submetido para publicação em Journal of Constructional Steel Research, Elsevier Science Limited, Dezembro de 1998.
- [14]– CEN, ENV 1991-1; “Eurocode 1 – Basis of design and actions on structures – Part 1: Basis of design”; october 1994.
- [15]– CEN, ENV 1991-2-1; “Eurocode 1 – Basis of design and actions on structures – Part 2-1: Actions on Structures – Densities, self weight and Imposed loads”; February 1995.

- [16]- CEN, ENV 1991-2-4; "Eurocode 1 – Basis of design and actions on structures – Part 2-4: Actions on Structures – Wind actions"; February 1995.
- [17]- CEN, ENV 1991-2-3; "Eurocode 1 – Basis of design and actions on structures – Part 2-3: Actions on Structures – Snow loads"; February 1995.
- [18]- Jean-Marc Franssen, "Contributions a la Modelisation des Incendies dans les Batiments et de Leurs Effects Sur les Structures", Thèse présentée en vue de l'obtention du grade d'Agrégé de l'Enseignement Supérieur, Année académique 1997-1998, University of Liege, Belgium.
- [19]- Vila Real, P. M. M.; Piloto, P. A. G.; Franssen, J. M. – "Modelação Numérica do Comportamento de uma Estrutura Metálica Sujeita à Acção do Fogo – Análise de Vários Cenários de Incêndio", aceite para publicação no nº 47 da RPEE – Revista Portuguesa de Engenharia de Estruturas, Dez. 1999.
- [20]- ECCS – Technical Committee 3 – Fire Safety of Steel Structures, "Explanatory Document for ECCS N° 89, Euro-Nomogram, Fire Resistance of Steel Structures", ECCS N° 92, 1996.
- [21]- Regulamento de Segurança Contra Incêndios em Edifícios Administrativos, Dec. Lei nº 409/98
- [22]- Regulamento de Segurança Contra Incêndios em Edifícios Escolares, Dec. Lei nº 410/98
- [23]- Regulamento de Segurança Contra Incêndios em Edifícios Hospitalares, Dec. Lei nº 414/98