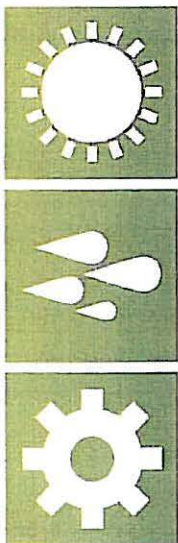


II conferência nacional de métodos numéricos  
em mecânica de fluidos e termodinâmica '08



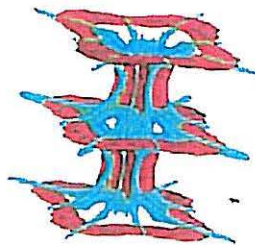
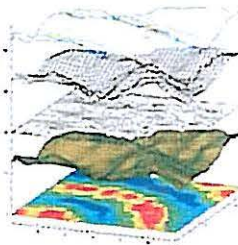
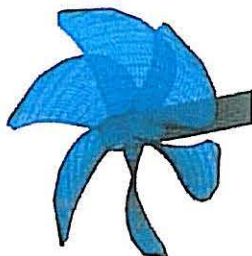
universidade de aveiro  
1931 2008

Universidade de Aveiro  
08 e 09 de Maio de 2008

## LIVRO DE RESUMOS

V. A. F. Costa

Maio de 2008



universidade de aveiro  
1931 2008

APM|AC

FCT

Fundação para a Ciência e a Tecnologia

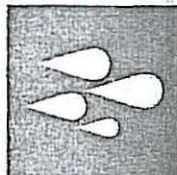
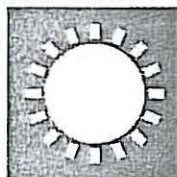
MRA



Caixa Geral  
de Depósitos



BPI



Universidade de Aveiro  
08 e 09 de Maio de 2008

## LIVRO DE RESUMOS

V. A. F. Costa

Maio de 2008

### COMISSÃO CIENTÍFICA

Professor Paulo Piloto, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança  
Professor Fernando Tavares de Pinho, Universidade do Minho, Guimarães  
Professor Eduardo O. Fernandes, Universidade do Porto, Porto  
Professor Armando Oliveira, Universidade do Porto, Porto  
Professor António C. Sousa, Universidade de Aveiro, Aveiro  
Professor Vítor Costa, Universidade de Aveiro, Aveiro  
Professor Paulo Vila Real, Universidade de Aveiro, Aveiro  
Professor Luis Adriano Oliveira, Universidade de Coimbra, Coimbra  
Professor José Costa, Universidade de Coimbra, Coimbra  
Professor António Raimundo, Universidade de Coimbra, Coimbra  
Professor Paulo Oliveira, Universidade da Beira Interior, Covilhã  
Professor José C. Pereira, Instituto Superior Técnico, Lisboa  
Professor José J. Delgado Domingos, Instituto Superior Técnico, Lisboa  
Professor Pedro Coelho, Instituto Superior Técnico, Lisboa  
Professor José Dias, Universidade Nova, Lisboa  
Professor José Conde, Universidade Nova, Lisboa  
Professor A. Heitor Reis, Universidade de Évora, Évora  
Professor A. F. Miguel, Universidade de Évora, Évora  
Professor Celestino R. Ruivo, Universidade do Algarve, Faro

### COMISSÃO ORGANIZADORA

Professor Vítor Costa, Universidade de Aveiro  
Professor Fernando Neto da Silva, Universidade de Aveiro  
Professor Nelson Martins, Universidade de Aveiro  
Professora Mónica Oliveira, Universidade de Aveiro  
Professor Professor Luís Pais, Instituto Politécnico de Bragança  
Dra. Ana Negrals, Universidade de Aveiro (Secretariado)

## Determinação numérica da condutância térmica da interface aço-betão para estruturas mistas a temperaturas elevadas

Paulo A. G. Piloto<sup>1</sup>, Ana B. Ramos Gavilán<sup>2</sup> e Luís M.R. Mesquita<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Politécnico de Bragança, Dep. Mec. Aplicada, Campus Santa Apolónia, 5301-857 Bragança, Portugal  
email: ppiloto@ipb.pt http://www.ipb.pt/~ppiloto

<sup>2</sup> Universidade de Salamanca, Departamento de Mecánica, Campus Viriato, 49022 Zamora, España

<sup>3</sup> Instituto Politécnico de Bragança, Dep. Mec. Aplicada, Campus Santa Apolónia, 5301-857 Bragança, Portugal

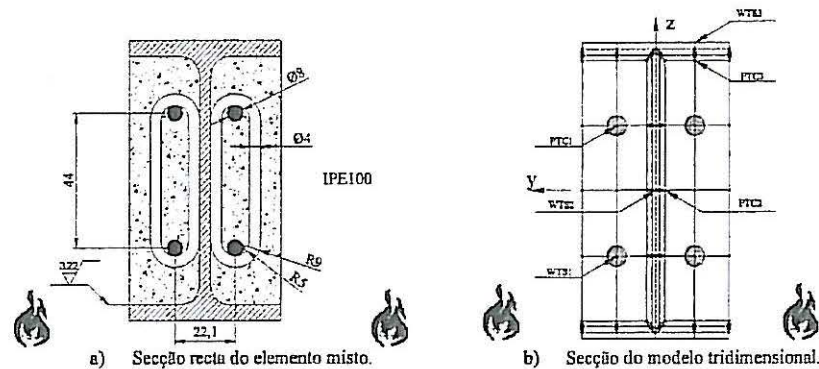
### Sumário

Neste trabalho é apresentado um método de optimização para determinação do valor da condutância da interface de contacto entre o aço e o betão, para vigas de aço parcialmente embebidas com betão. Este tipo de elementos faz parte de estruturas mistas, conferindo um aumento de resistência mecânica em condições de incêndio. Os resultados foram determinados na sequência de ensaios experimentais de adesão entre os dois materiais, para temperaturas elevadas, permitindo validar o comportamento térmico e mecânico da interface. As simulações numéricas foram efectuadas com a utilização do método dos elementos finitos e métodos de optimização de primeira ordem.

**Palavras chave:** Condutância; Optimização; Método dos elementos finitos; Contacto aço-betão.

### 1 Introdução

Para validar a simulação do comportamento da interface aço-betão, durante os ensaios de “push-out”, realizados em vigas de aço parcialmente embebidas com betão (elementos de construção mista), foi necessário construir uma instalação experimental adequada ao princípio do teste destrutivo. Este teste consiste na separação dos dois materiais, por efeito de corte, realizado a temperaturas elevadas. A interface aço betão foi construída por mecanismos de adesão natural (química e atrito), sendo necessário determinar o comportamento térmico e mecânico desta interface, ver figura 1.



No que diz respeito ao comportamento térmico, será necessário determinar o fluxo de calor que passa entre os dois materiais, para efectuar uma previsão numérica do campo de temperaturas. Estas temperaturas condicionam o comportamento mecânico dos dois materiais e em particular da sua interface.

### 2 Ensaios simulações e resultados

O objectivo dos ensaios “push-out” será fazer deslocar os blocos de betão em relação ao perfil em aço, em situação de temperaturas elevadas, ver figura 2.

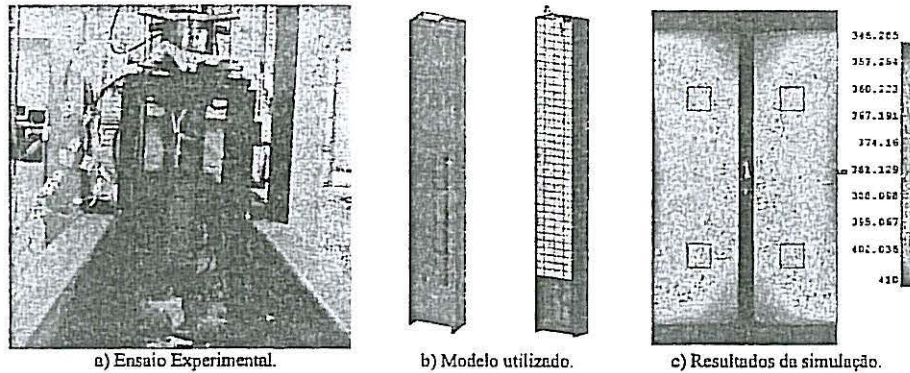


Fig. 2. Ensaio e simulações de “push-out” realizados a temperaturas elevadas.

As simulações numéricas foram efectuadas para validar o modelo de comportamento da interface aço-betão e ao mesmo tempo, determinar o valor da condutância observada. Foi utilizado um modelo tridimensional, baseado em elementos finitos de casca para modelar o perfil em aço, adicionando elementos sólidos para simular o comportamento do betão, sobrepondo elementos de barra na malha destes últimos para simular o reforço. Finalmente, para analisar o mecanismo de transferência de calor na interface, foi utilizado o elemento de mola não linear. A escolha destes elementos foi condicionada pela análise termo-mecânica a efectuar no programa Ansys.

O processo de optimização foi utilizado para determinar o valor óptimo da característica da interface entre os dois materiais. A condutância foi definida como variável de projecto, independente. Os limites inferiores e superiores são definidos em função do valor esperado, funcionando com funções de constrangimento.

A função objectivo foi definida no tempo e no espaço, através da minimização do erro relativo entre o valor pontual da temperatura numérica e o valor da temperatura medida experimentalmente, durante os ensaios, ver equação 1. A variável de estado que serve para comparação com os valores experimentais foi considerada em 6 instantes de tempo, com intervalo de 1200 [s] e no local correspondente a WTS1, WTS2, PTC1 e PTC2.

$$OBJ = Error = Min \left( \sum_{i=1}^6 \left[ \frac{(T_i^{num} - T_i^{exp})}{T_i^{exp}} \right]^2 \right) \quad (1)$$

### 3. Conclusões

Foi efectuado um estudo numérico para determinação da condutância da interface de contacto, partindo de um conjunto de ensaios experimentais efectuados para estudar o comportamento mecânico da interface entre o aço e betão a temperaturas elevadas.

Foi efectuado uma análise não linear para determinação da evolução da temperatura, utilizando um processo de optimização de primeira ordem, com recurso a um processo iterativo de análise, avaliação e modificação. A função objectivo foi definida em função dos valores de temperatura, medidos experimentalmente e determinados numericamente.

O valor da condutância, determinada numericamente, aproxima-se dos valores determinados por Ghojel e valida o modelo numérico em relação aos resultados experimentais.

### Referências

1. M. M. Yovanovich, New contact and gap correlations for conforming rough surfaces, *AIAA 16<sup>th</sup> Thermophysics Conference*, Palo Alto - CA, June 1981.
2. Ghojel, J, Experimental and analytical technique for estimating interface thermal conductance in composite structural elements under simulated fire conditions, *Experimental Thermal and Fluid Science*, No. 28, pp. 347-354, 2004.
3. Ansys INC; “ANSYS Academic version”, Release 10.0, *Help System*, 2006.
4. CEN; “EN 1992-1-2, Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design”; December 2004.
5. CEN; EN 1993-1-2; Eurocode 3, Design of steel structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design, April 2005.