



LOCAFI+

Temperature assessment of a vertical member subjected to LOCAIised Fire Dissemination

Grant Agreement n° 754072

3. Ensaaios experimentais e calibração CFD

3. Ensaaios experimentais e calibração CFD

Ensaaios realizados na Universidade de Liège

Caracterização dos fluxos de calor recebidos por elementos envolvidos pelo incêndio

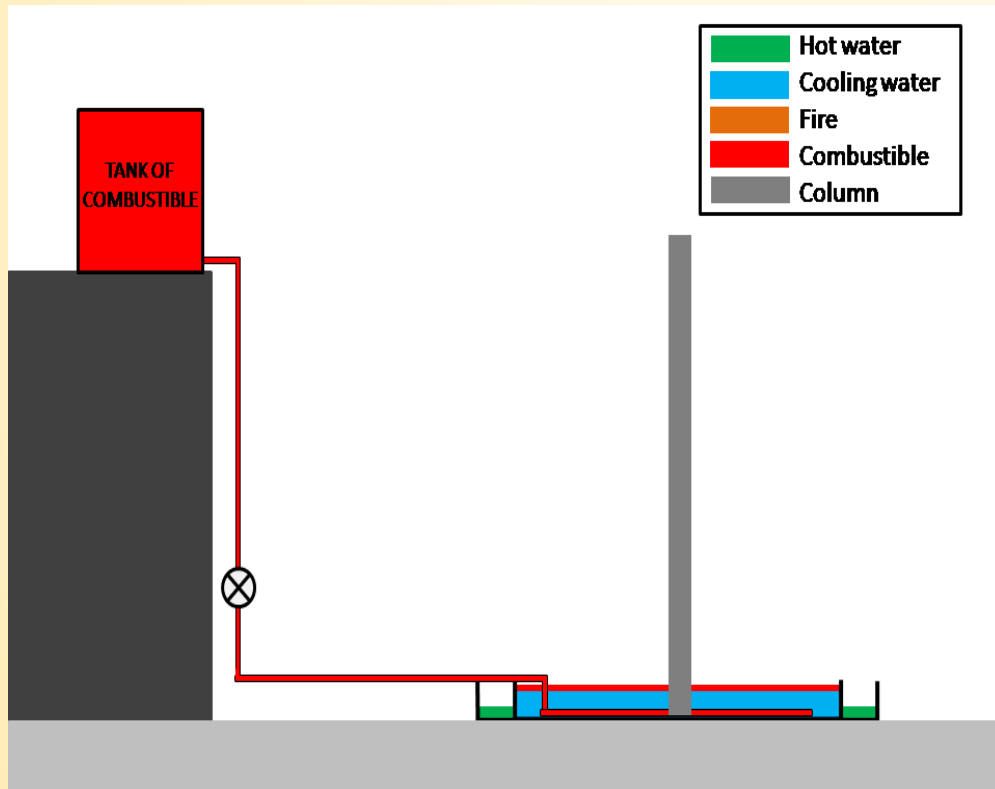


- Foram realizados 24 testes na Universidade de Liège variando:
 - O diâmetro do incêndio (5 diâmetros: 0.6m, 1.0m, 1.4m, 1.8m e 2.2m)
 - O tipo de combustível (2 combustíveis líquidos diferentes (diesel e N-heptano) + 1 carga de incêndio celulosa)
 - A presença de uma coluna envolvida pelo incêndio
- Para cada diâmetro e para os dois combustíveis líquidos:
 - Um teste sem coluna no incêndio
 - Um teste com uma coluna no centro da fonte de incêndio

3. Ensaaios experimentais e calibração CFD

Ensaaios realizados na Universidade de Liège

Configuração geral do teste

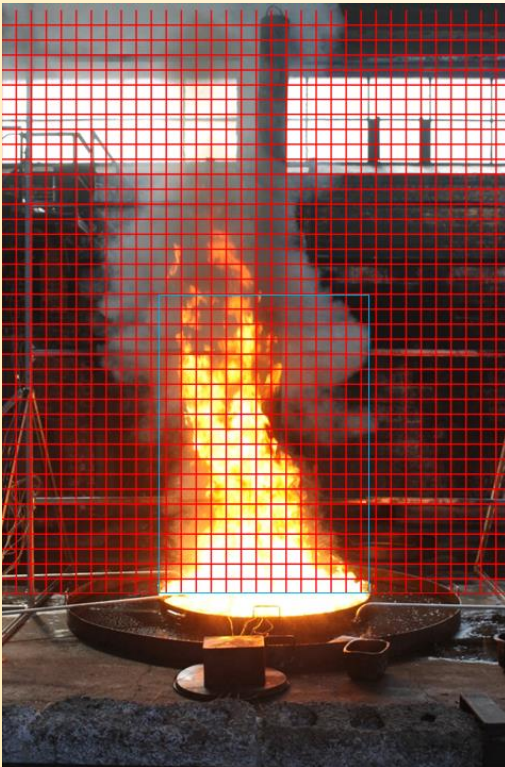


- Foram colocados dois tanques preenchidos com heptano e diesel a uma altura superior à altura do pavimento permitindo o escoamento do combustível por gravidade;
- A Taxa de Libertação de Calor da piscina de fogo foi controlada ajustando-se a descarga de combustível injetado através de uma válvula manual;
- O recipiente foi continuamente preenchido com água fria de forma a arrefecer a camada abaixo do combustível de queima, possibilitando assim um regime de incêndio mais estável evitando a ebulição da água.

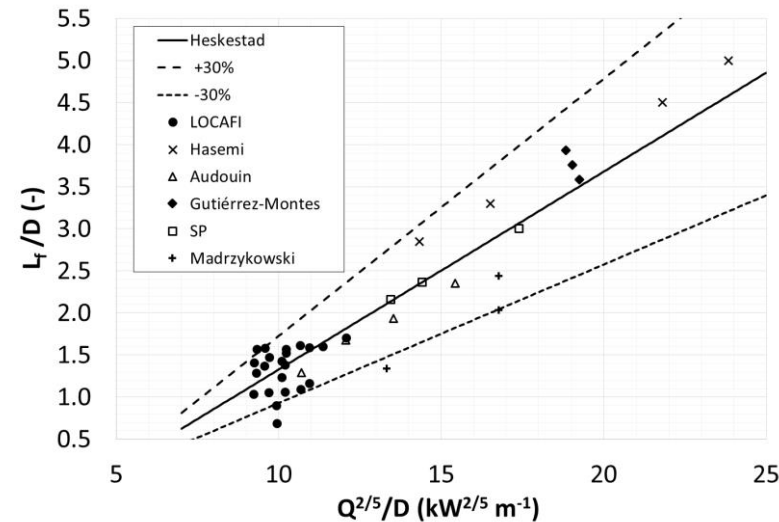
3. Ensaaios experimentais e calibração CFD

Ensaaios realizados na Universidade de Liège

Medições experimentais: comprimento da chama



O comprimento de chama médio L é a distância acima da fonte de incêndio onde a intermitência decai para 0.5, sendo a intermitência $I(z)$ definida como a fração de tempo em que a chama está acima da fonte de incêndio. Esta avaliação foi realizada através de análise de imagens digitais.



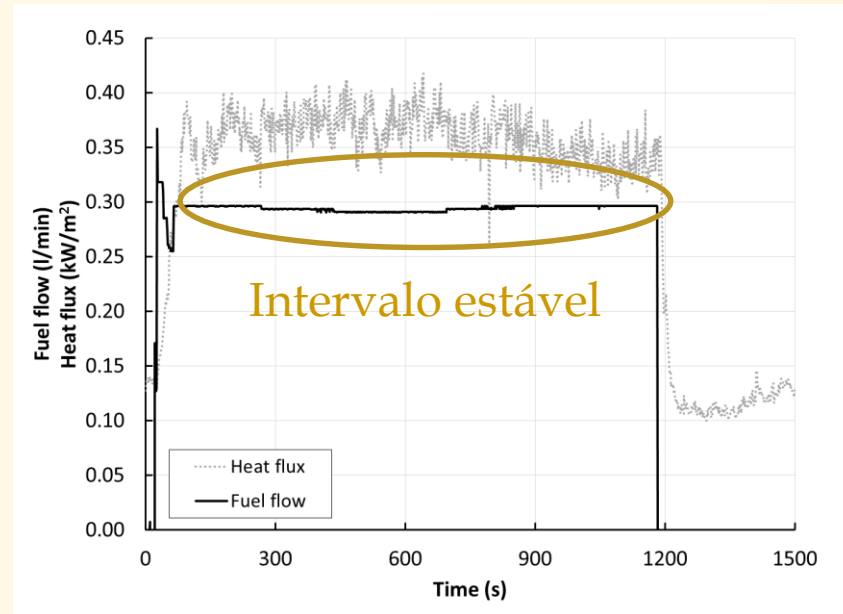
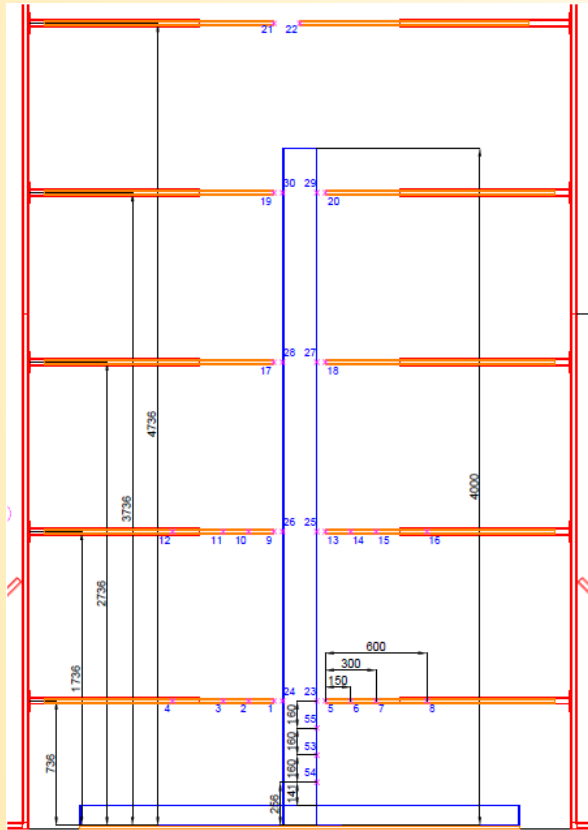
A diferença entre o comprimento de chama experimental e o comprimento de chama previsto por Heskestad é cerca de +30% e -30% mas isto está de acordo com outras investigações de piscina de fogo e sobretudo devido à incerteza relacionada com a eficiência da combustão e com a densidade do combustível.

N. Tondini, J.M. Franssen, "Analysis of experimental hydrocarbon localised fires with and without engulfed steel members", Fire Safety Journal 92 (2017), 9-22

3. Ensaaios experimentais e calibração CFD

Ensaaios realizados na Universidade de Liège

Medições experimentais: temperatura e fluxos

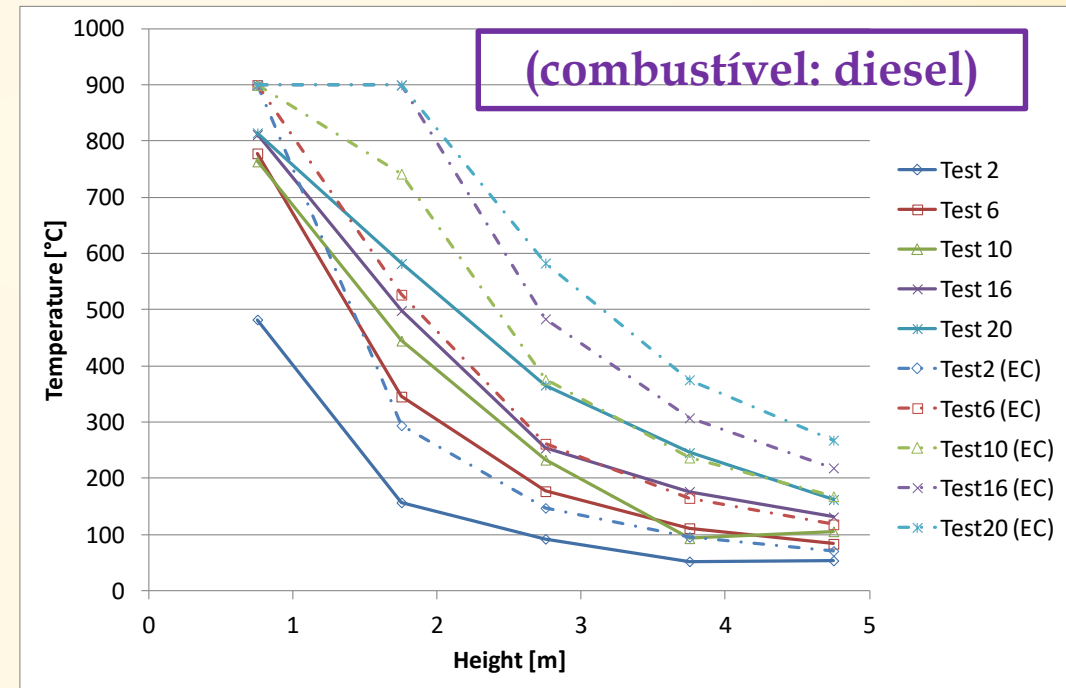
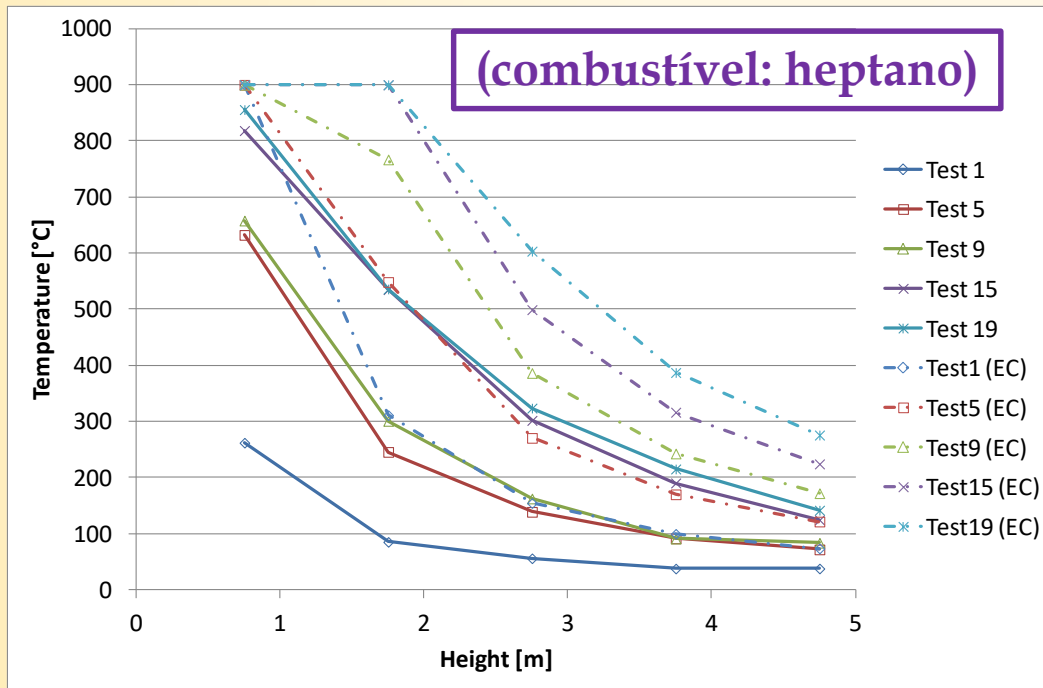


- Os testes são realizados até se atingir uma configuração estacionária (as medições da temperatura dos gases e dos fluxos de calor por radiação são estabilizados);
- De acordo com a configuração das colunas de aço, os termopares também fornecem a evolução da temperatura do aço.

3. Ensaios experimentais e calibração CFD

Ensaios realizados na Universidade de Liège

Medições experimentais: temperatura e fluxos

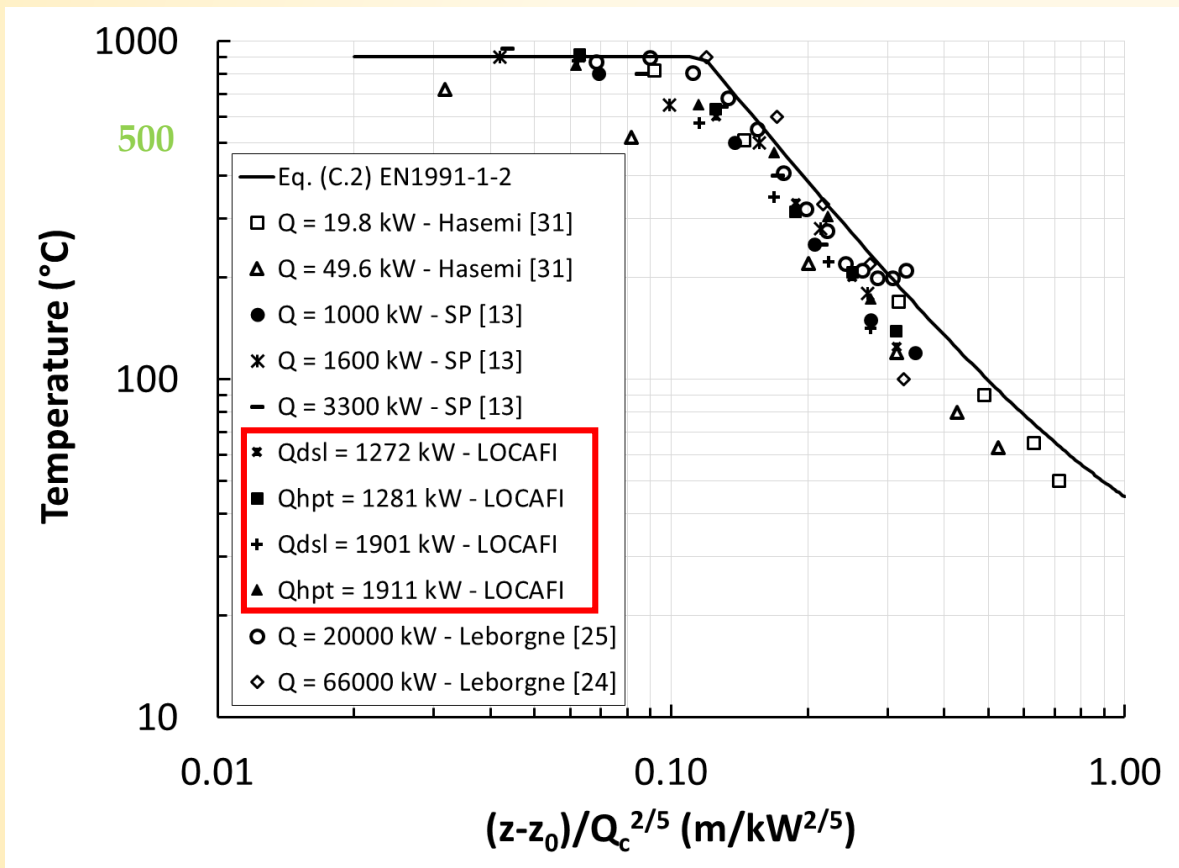


A correlação de Heskestad (NP EN 1991-1-2:2010) sobredimensiona as temperaturas da chama ($\theta_g \geq 500^\circ\text{C}$) e da pluma ($\theta_g < 500^\circ\text{C}$)

3. Ensaios experimentais e calibração CFD

Ensaios realizados na Universidade de Liège

Medições experimentais: temperatura e fluxos



A correlação da NP EN 1991-1-2:2010 fornece uma boa avaliação da temperatura tanto da chama ($\theta_g \geq 500^\circ\text{C}$) como da pluma ($\theta_g < 500^\circ\text{C}$).

3. Ensaaios experimentais e calibração CFD

Ensaaios realizados na Universidade de Ulster

Caracterização dos fluxos de calor recebidos por elementos exteriores ao incêndio



- Foram realizados 58 testes na Universidade de Ulster variando:
 - A presença ou não de teto (37 testes sem / 21 testes com)
 - O número de incêndios (*de 1 a 4*) e o seu diâmetro (2 *diâmetros: 0.7m e 1.6m*)
 - O tipo de combustível (2 *combustíveis líquidos diferentes (diesel e querosene)* + 1 *carga de incêndio celulosa*)
- A estrutura de 9mx9m é composta por três tipos de colunas (*secções em I, secções em H e secções em O*)
- A HRR variou com o tempo (não controlada) e foi medida por um calorímetro
- O comprimento de chama é avaliado utilizando uma câmara e com base na probabilidade da presença da chama

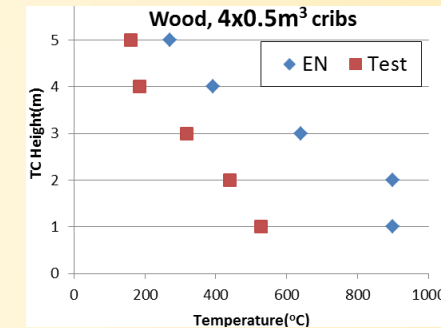
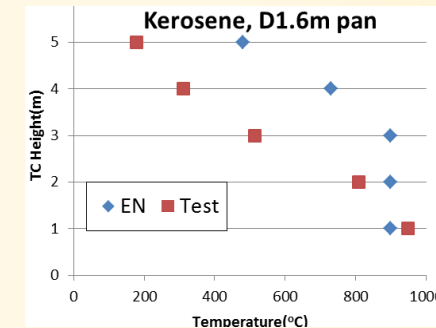
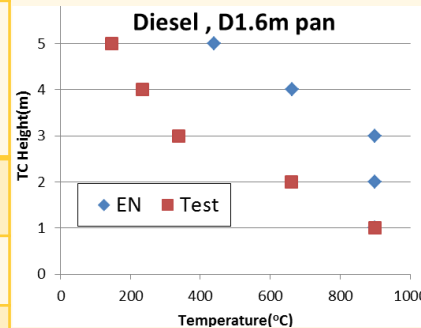
3. Ensaios experimentais e calibração CFD

Ensaios realizados na Universidade de Ulster

Medições experimentais: temperatura da chama

ALTURA	ENSAIOS O8, I9 (QUEROSENE, D 1.6 m)		ENSAIOS O10 (DIESEL, D 1.6 m)		ENSAIOS O1, O2 (QUEROSENE, D 0.7 m)		ENSAIOS O3,O4 (DIESEL, D 0.7 m)		ENSAIO O14 (GRADES DE MADEIRA)	
	EN	ENSAIO	EN	ENSAIO	EN	ENSAIO	EN	ENSAIO	EN	ENSAIO
1 m	900	949	900	899	900	686	900	652	900	527
2 m	900	810	900	660	845	223	697	208	900	440
3 m	900	515	900	339	381	90	325	89	640	317
4m	730	312	663	235	228	-	198	-	391	185
5 m	479	179	440	146	157	-	139	-	271	159

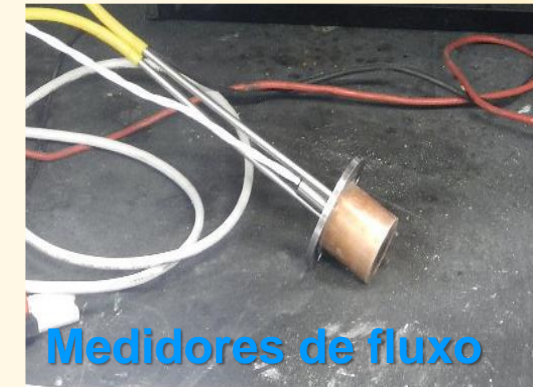
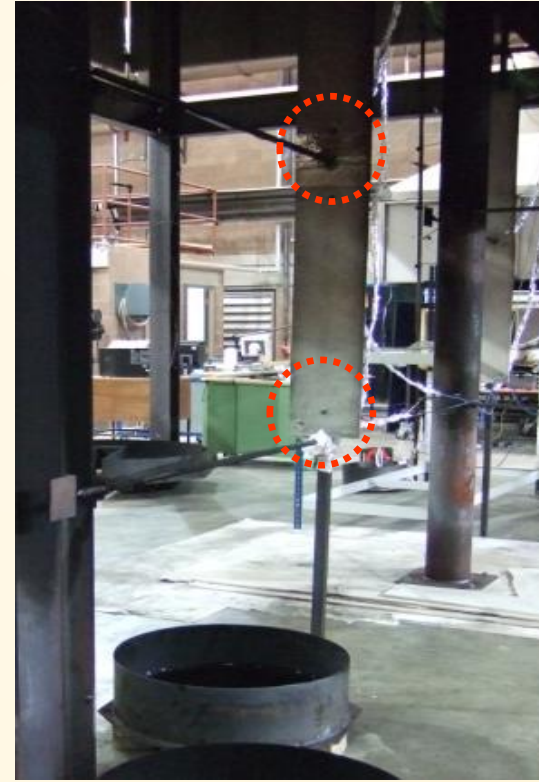
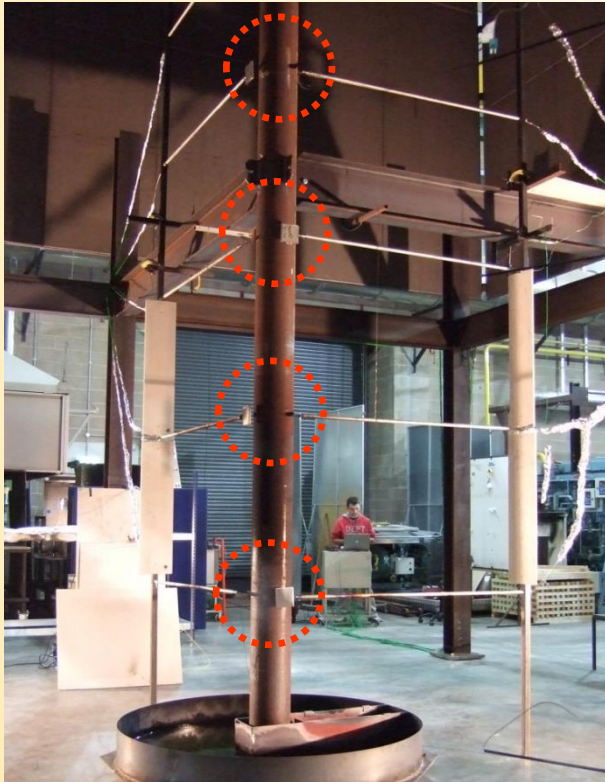
Estes testes confirmam que a correlação de Heskestad (NP EN 1991-1-2:2010) sobredimensiona as temperaturas tanto da chama ($\theta_g \geq 500^\circ\text{C}$) como da pluma ($\theta_g < 500^\circ\text{C}$).



3. Ensaios experimentais e calibração CFD

Ensaios realizados na Universidade de Ulster

Medições experimentais: temperatura e fluxos fora do incêndio

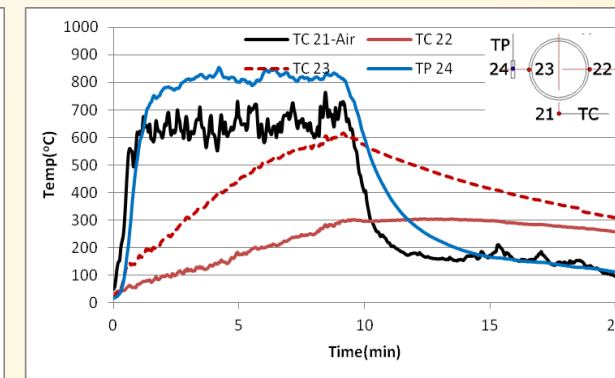
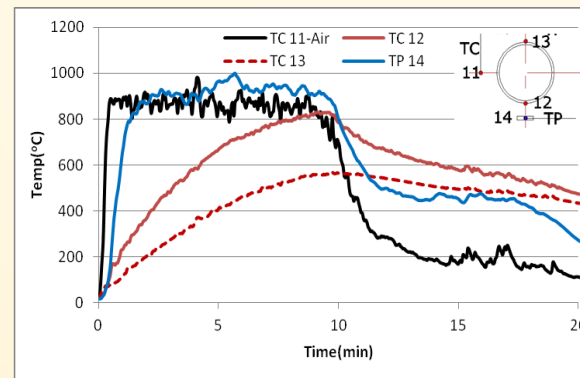
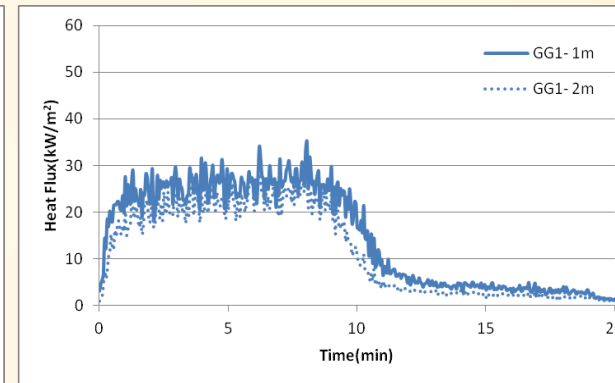
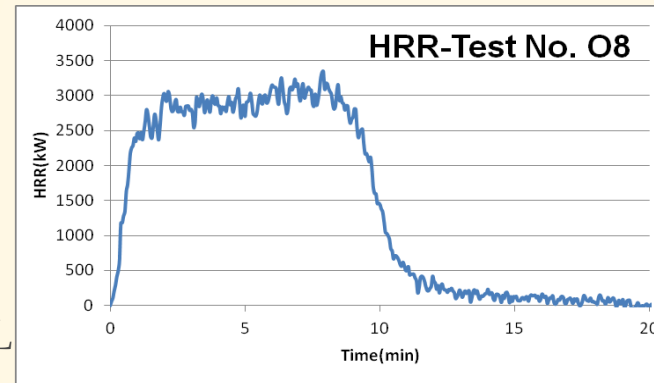


3. Ensaios experimentais e calibração CFD

Ensaios realizados na Universidade de Ulster

Medições experimentais: resultados obtidos através do teste O8

- Número de piscinas: 1
- Diâmetro da piscina: 1.6 m
- Tipo de combustível: Querosene
- Quantidade de combustível: 60 L
- Distância coluna-piscina: 0 m
- Distância medidores-coluna: 1.5m
- Sem teto



3. Ensaaios experimentais e calibração CFD

Calibração de um modelo CFD utilizando software FDS

Objetivos

- O **número de testes** é limitado e as **medições** realizadas durante esses testes também são **limitadas**.
 - Devido à dimensão do edifício/laboratório onde os testes experimentais foram realizados, **não foi possível abranger toda a gama de incêndios localizados** (o Anexo C da NP EN 1991-1-2:2010 aplica-se até $D = 10$ m e $Q = 50$ MW)
- Após validação do modelo(s), a modelação CFD é uma ferramenta poderosa e económica capaz de fornecer um vasto conjunto de resultados para validação de métodos de cálculo analítico
- O **software FDS** é um software livre, desenvolvido pela NIST, e muito utilizado pela comunidade de engenheiros de segurança contra incêndios

A calibração dos modelos FDS foi processada através da reprodução de **5 testes** seleccionados de acordo com os seguintes critérios:

- Testes realizados sobre condições constantes e controladas (Liège) e condições livres (Ulster)
- Os testes exibiam longa estabilidade e resultados estáveis
- Diferentes tipos de combustíveis, diâmetros de incêndio pequenos e grandes, com e sem teto,...

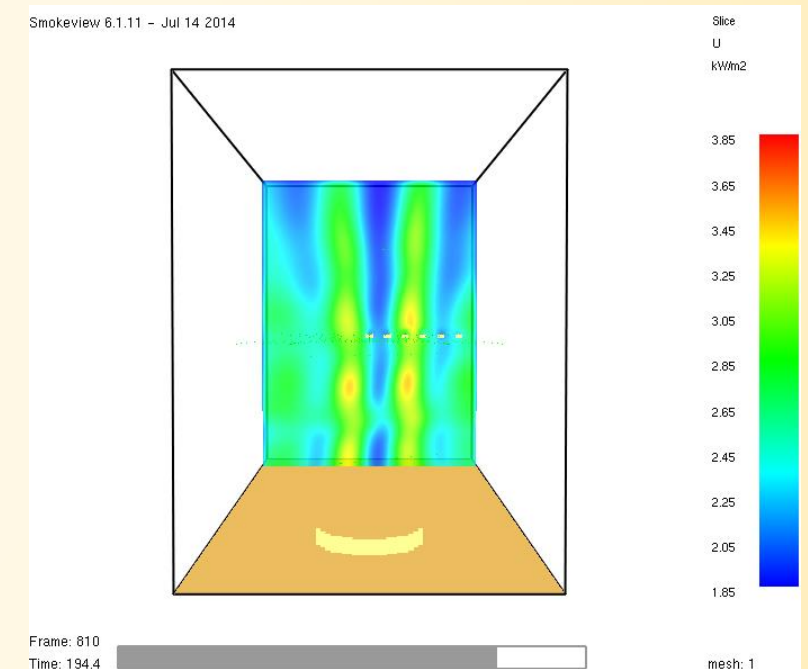
3. Ensaaios experimentais e calibração CFD

Calibração de um modelo CFD utilizando software FDS

Parâmetros de calibração

Os parâmetros mais influentes ajustados durante o processo de calibração são:

- Modelo de turbulência (Smagorinski, $C_s = 0.1$)
- Propriedades do combustível, incluindo produção de fuligem, retirado da literatura (condições sobreventiladas)
- Número de ângulos de radiação (200)
- Parcela de perda de radiação (entre 0.2-0.5, maioritariamente dependente do tipo de combustível e do diâmetro do incêndio)
- Efeitos do vento (baseado em medições)
- Dimensões da malha da grelha (baseado no comprimento característico e medida de resolução da turbulência)



Exemplo de variação de fluxos devido a número insuficiente de ângulos de Radiação

3. Ensaios experimentais e calibração CFD

Calibração de um modelo CFD utilizando software FDS

Ensaio ULG 06 (D = 1m, Heptano, sem coluna)

Fluxo médio de combustível q_{fuel}	0.98 l/min
Produção de fuligem y_{soot}	0.037
Calor ideal de combustão $\Delta H_{\text{c,ideal}}$	44600 kJ/kg
Calor de combustão ΔH_{c}	41200 kJ/kg
RHR calculado com $\Delta H_{\text{c,ideal}}$	491.7 kW (626.1 kW/m ²)

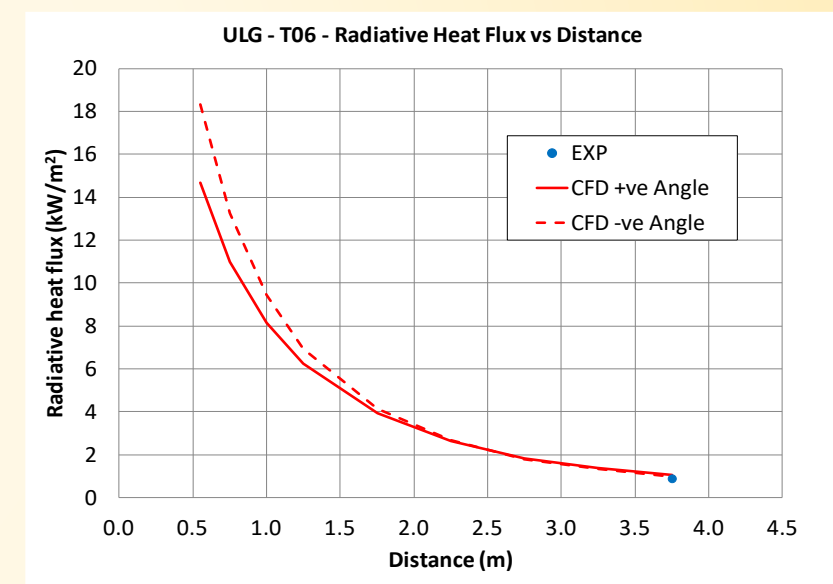
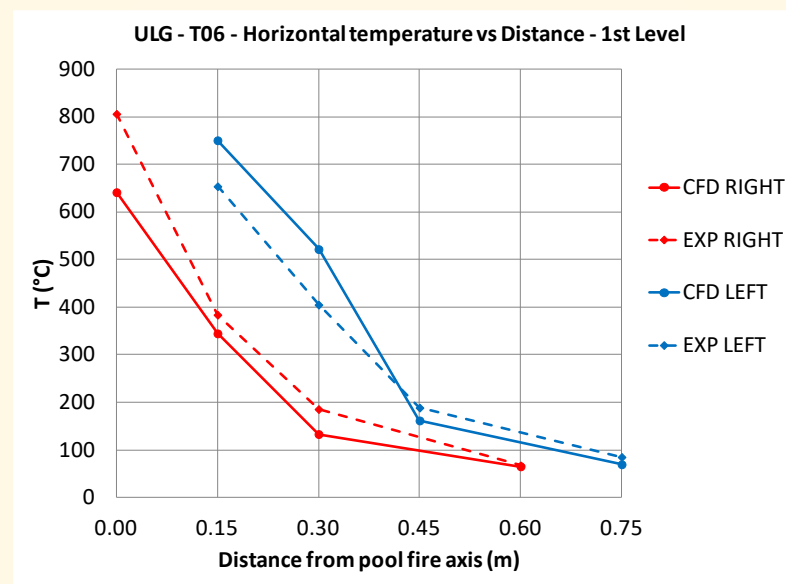
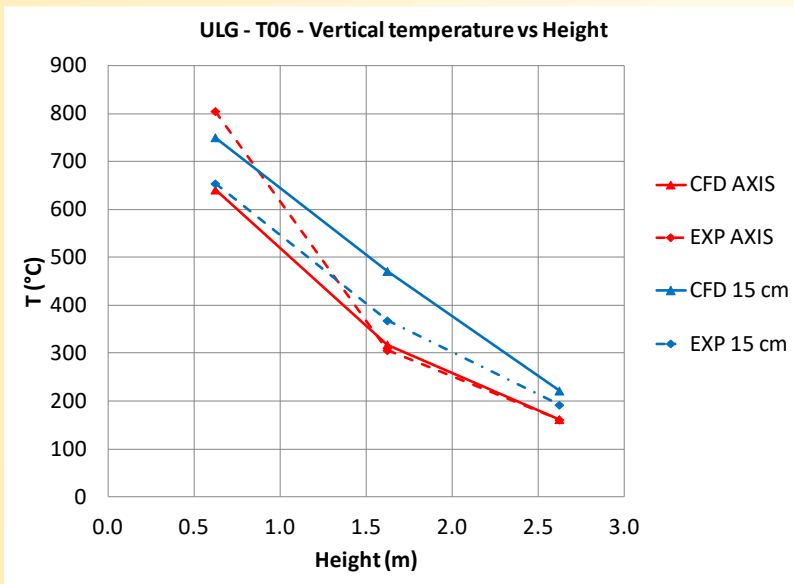
- Dimensão do domínio CFD: 5.75m x 3m x 4m
- Dimensão da grelha: 5cm x 5 cm x 5 cm
- Velocidade do vento: 0.22 m/s
- Parcela de perda de radiação: 0.45 (SFPE)



3. Ensaios experimentais e calibração CFD

Calibração de um modelo CFD utilizando software FDS

Ensaio ULG 06 (D = 1m, Heptano, sem coluna)



3. Ensaaios experimentais e calibração CFD

Calibração de um modelo CFD utilizando software FDS

Ensaio Ulster O29 (D = 0.7m, Diesel, com teto a 3.5m)

Densidade do combustível ρ	823 kg/m ³
Produção de fuligem y_{soot}	0.10
Calor ideal de combustão $\Delta H_{c,\text{ideal}}$	44000 kJ/kg
Calor de combustão ΔH_c	41200 kJ/kg
RHR calculado com $\Delta H_{c,\text{ideal}}$	491.5 kW (1277.1 kW/m ²)

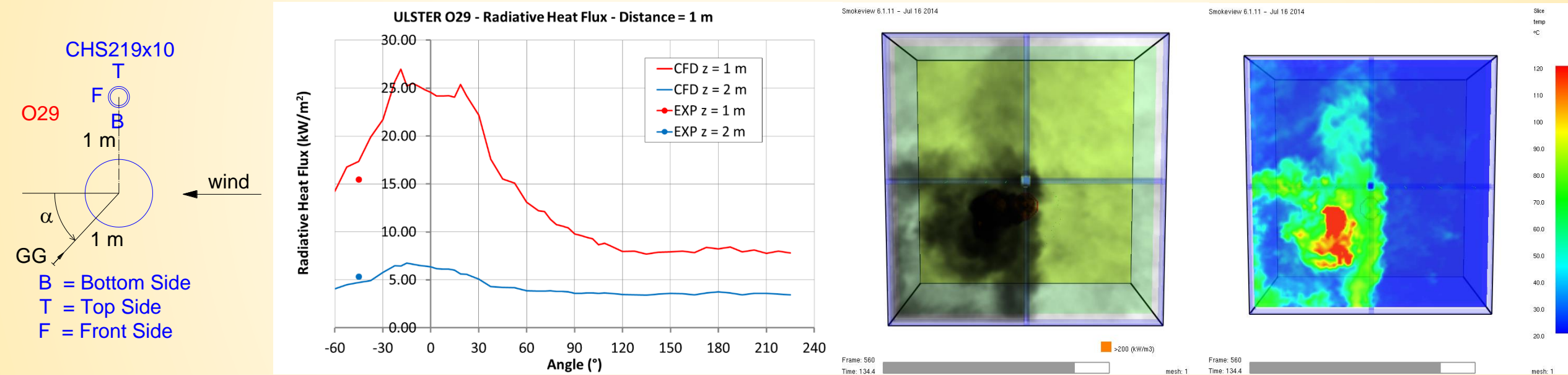
- Dimensão do domínio CFD: 7m x 7m x 3.5m
- Dimensão da grelha: 5cm x 5 cm x 5 cm
- Velocidade do vento: 0.76 m/s
- Parcela de perda de radiação: 0.45 (SFPE)



3. Ensaaios experimentais e calibração CFD

Calibração de um modelo CFD utilizando software FDS

Ensaio Ulster O29 (D = 0.7m, Diesel, com teto a 3.5m)



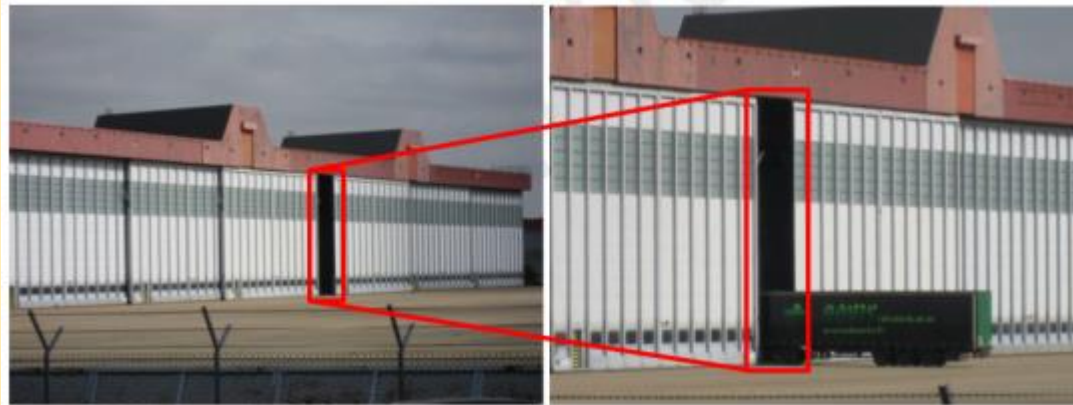
z (m)	CFD RHFG GG (kW/m ²)	EXP GG (kW/m ²)	Erro (%)
1	17.35	15.45	12.3
2	4.71	5.32	-11.5

3. Ensaaios experimentais e calibração CFD

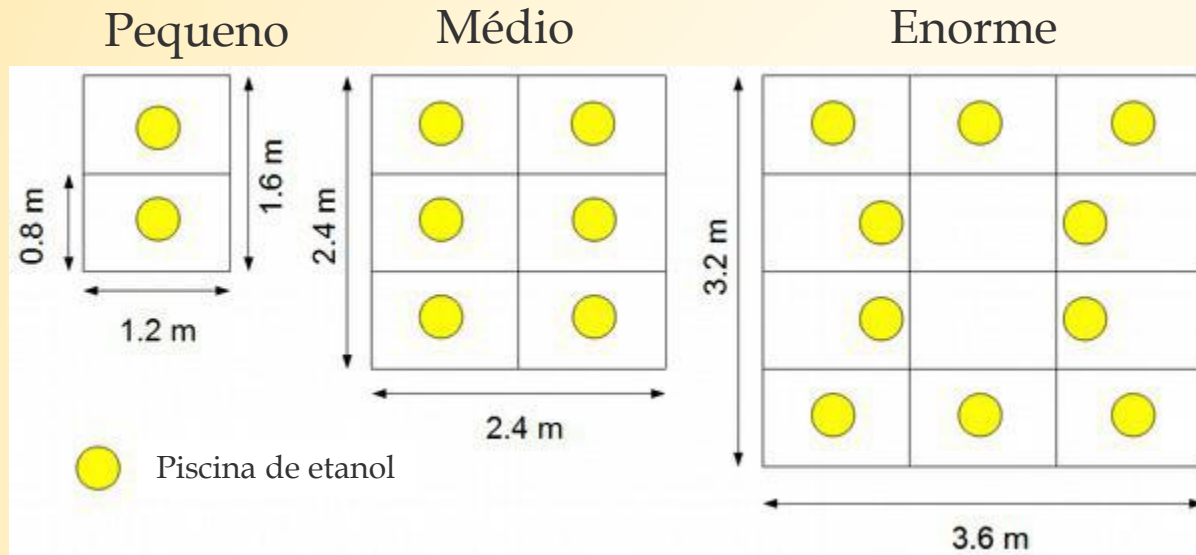
Ensaaios franceses (fora do âmbito do LOCAFI+)

Ensaaios iniciados por LCPP num grande volume:

- Sala principal: 300 m x 50 x 17 m
- 2 tipos de combustível: paletes de madeira / querosene
- Testes de fogo repetidos
- Muito instrumentados: termopares, medidores de fluxo de calor, vídeos (IR e normal)



3. Ensaaios experimentais e calibração CFD



Ensaio pequeno: ~ 20 paletes
Ensaio médio: ~ 60 paletes
Ensaio enorme: ~ 110 paletes



3. Ensaaios experimentais e calibração CFD



HRR ~ 30 MW

