cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Malhamento adaptativo não conforme aplicado a análise de propagação de trinca no Ensaio de Fratura pelo Método da Cunha via Correlação de Imagens Digitais

Matheus William Parmezani Cardoso[1], Vinícius Reyes Kury[1], Rafael Vargas Maginador[2], Vinicius Fiocco Sciuti[3] e Rodrigo Bresciani Canto[1,3]

1 - Programa de Pós-graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PPGCEM), Universidade Federal de São Carlos
2 - INSA-Lyon, Univ Lyon, UCBL, CNRS, MATEIS, UMR5510, F-69621 Villeurbanne, França
3 - Departamento de Engenharia de Materiais (DEMa), Universidade Federal de São Carlos

Introdução

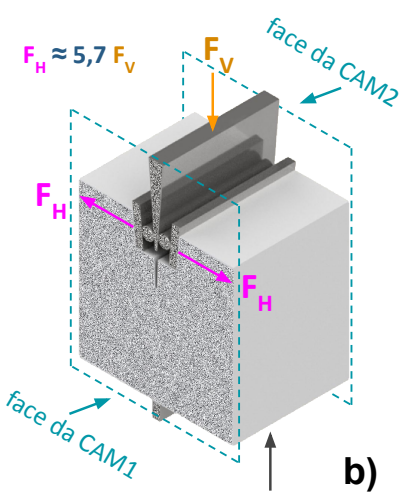
O Ensaio de Fratura pelo Método da Cunha (EFMC) permite a propagação estável de trincas em materiais quase-frágeis e a Correlação de Imagens Digitais (CID) fornece, sem contato com o corpo de prova (CP), campos de deslocamento e de deformação, dos quais se estima o MCOD (*Mean Crack Opening Displacement*) de cada elemento.

Objetivos

Aplicar um malhamento adaptativo não conforme à CID de três EFMCs (seis faces, duas câmeras por ensaio). O refinamento é guiado pelo MCOD. O objetivo é avaliar o impacto em graus de liberdade (GL) e no resíduo de níveis de cinza em relação ao malhamento uniforme.

Metodologia





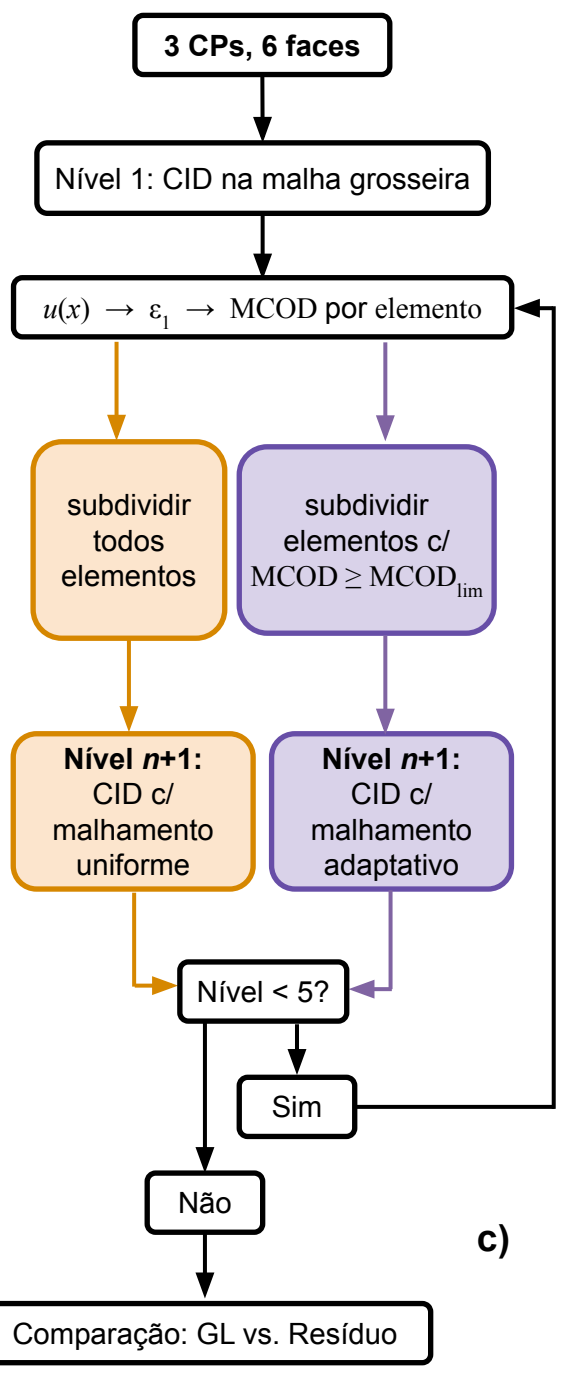


Figura 1: a) Montagem do EFMC01, **b)** Esquema do EFMC com as componentes vertical (F_V) e horizontal (F_H) e **c)** Fluxograma do malhamento adaptativo não conforme guiado pelo MCOD e da comparação com o malhamento uniforme, em 5 níveis de refino.

Resultados e Discussão

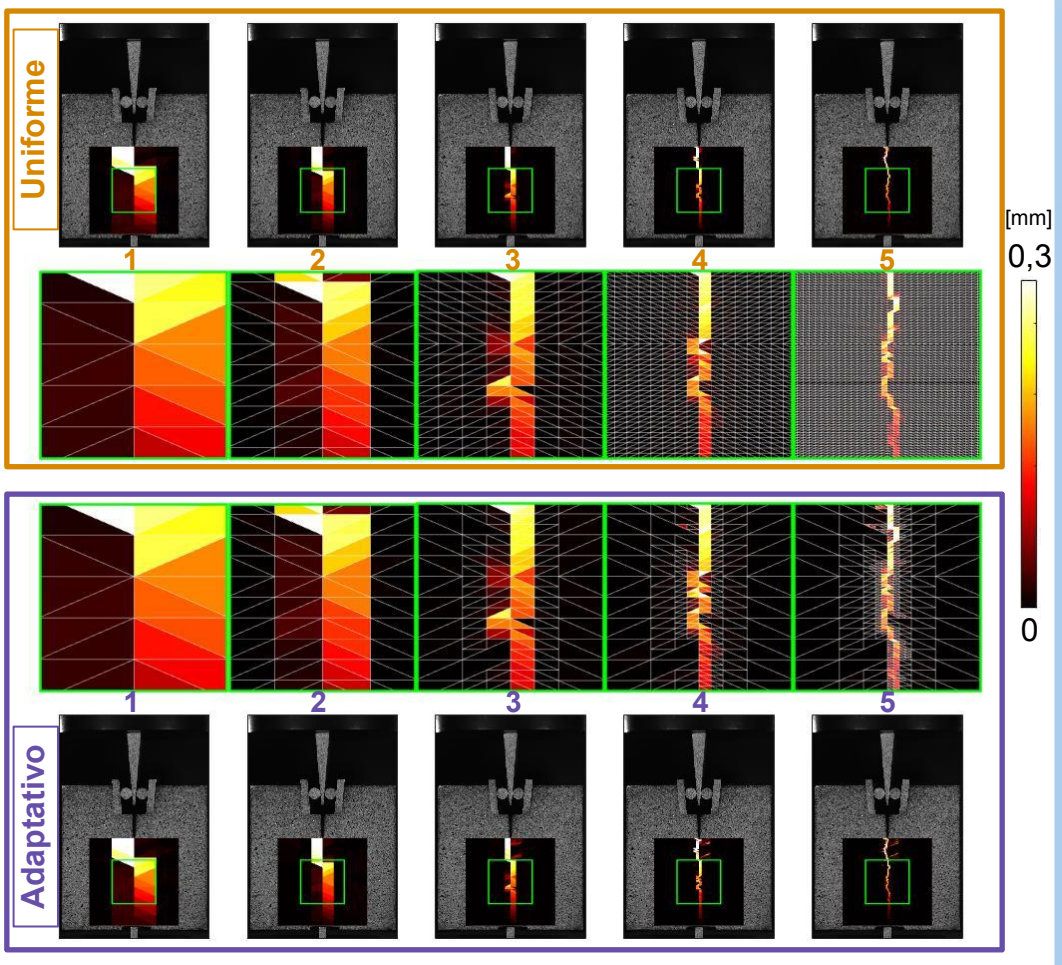


Figura 2: Campos de MCOD para as malhas uniforme e adaptativa nos níveis 1 a 5, com ampliação da região central para o EFMC01, CAM1.

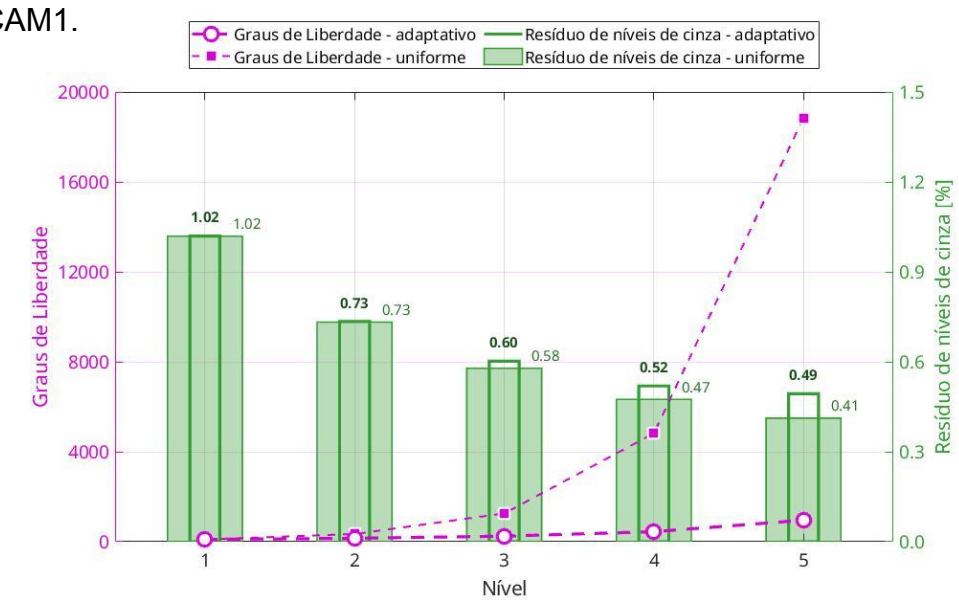


Figura 3: Graus de liberdade (pontos) e resíduo de níveis de cinza (barras), médios das 6 faces, por nível de refino.

Tabela 1: Valores médios das 6 faces em cada nível de refino.

Nível	Graus de Liberdade			Resíduo de níveis de cinza [%]		
	Adapt.	Unif.	Razão (unif./adapt.)	Adapt.	Unif.	Δ relativo
1	100	100	1,0	1,02	1,02	—
2	152	342	2,3	0,73	0,73	0,2%
3	247	1258	5,1	0,60	0,58	4,0%
4	446	4818	10,8	0,52	0,47	9,4%
5	955	18850	19,7	0,49	0,41	19,7%

Δ relativo = (resíduo adaptativo − resíduo uniforme) / resíduo uniforme. Resíduo em % do intervalo útil de níveis de cinza da imagem de referência.

Conclusões

O malhamento adaptativo concentrou o refino ao longo da trinca. No nível 5, usou cerca de 20 vezes menos GL que o uniforme. O resíduo de níveis de cinza foi equivalente até o nível 3 (diferença ≤ 4%) e ficou 9,4% e 19,7% maior no adaptativo nos níveis 4 e 5.

Referências

CARDOSO, M. W. P. *et al.* Multi-component kinematic analysis of the Wedge Splitting Test. **Journal of the European Ceramic Society**, [S. l.], p. 118533, 2026. DOI: 10.1016/j.jeurceramsoc.2026.118533.

SCIUTI, V. F. *et al.* Pyramidal adaptive meshing for digital image correlation dealing with cracks. **Engineering Fracture Mechanics**, [S. l.], v. 256, p. 107931, 2021. DOI: 10.1016/j.engfracmech.2021.107931.

VARGAS, R. *et al.* Analysis of a castable refractory using the wedge splitting test and cohesive zone model. **Journal of the European Ceramic Society**, [S. l.], v. 39, n. 13, p. 3903-3914, 2019.

Agradecimentos

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).