

Análise de Trinca em Aço Via MEF e RPIMP

Bruno Araújo¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais – Propemm, IFES, Vitória, ES
Werley G. Facco²

Coordenadoria de Formação Geral, IFES, São Mateus, ES

Gustavo A. Lima³

Engenharia Mecânica, IFES, São Mateus, ES

Alex S. Moura⁴

Departamento de Economia, UFJF, Governador Valadares, MG

Marcelo L. P. Machado⁵

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Materiais – Propemm, IFES, Vitória, ES

Os métodos numéricos possuem grande aplicação em diversas áreas da engenharia e característica de resolver problemas onde a solução analítica não é conhecida, valendo-se de aproximações. Neste trabalho a equação diferencial que modela um problema de propagação de trinca, será resolvida numericamente utilizando o **Método de Elementos Finitos (MEF)** e o método numérico sem malha conhecido como **Radial Point Interpolation Method with polinomyal (RPIMP)**. Para problemas em que se deseja o resultado das derivadas direcionais da função aproximação e problemas com variação do domínio como o caso de propagação de trincas o **RPIMP** se apresenta como uma melhor alternativa.

Ao avaliar problemas de tensões em peças mecânicas, pode-se aplicar as equações de equilíbrio [1] para se obter a **Equação Diferencial** que governa o problema de acordo com a Equação (1). Aplicando-se as condições de contorno, obtemos a forma variacional ou forma fraca do problema, Equação (2), para aplicação do método de Galerkin. Pela lei de Hooke, temos que $\sigma = c\nabla u$, em que c está relacionado ao material e u a função deslocamento.

$$\nabla \sigma + b = 0 \quad (1)$$

$$\int_{\Omega} c \nabla v \cdot \nabla u \, d\Omega = \int_{d\Omega} v h \, d\Omega, \quad \forall v \in V \quad (2)$$

No MEF o domínio Ω de aplicação do problema é subdividido pela formação de elementos que cobrem Ω , [1] enquanto no RPIMP, ele é mapeado por um nuvem de elementos [2]. Suas funções de forma são construídas de modo independente e são utilizadas para encontrar a função aproximação u_h dos deslocamentos. O MEF utiliza para elementos de primeiro grau (P1) a Equação (3) e o RPIMP utiliza a Equação (4), em que a função de forma $N(x, y)$ é construída a partir de um polinômio $p = \{1, x, y\}$ e $R(x, y)$ a partir da distância r entre os nós contidos no domínio de suporte da célula de integração, com $R = (r^2 + C^2)^q$, em que C e q são parâmetros a definir.

$$u_h(x, y) = \sum \alpha_i N(x, y) \quad (3)$$

¹brunoaraujoprojeto@gmail.com²werleyfacco@ifes.edu.br³2001gustavoalves@gmail.com⁴alexsmoura100@gmail.com⁵marcelolucas@ifes.edu.br

$$u_h(x, y) = \sum \beta_j R(x, y) + \sum \alpha_i N(x, y) \quad (4)$$

Devido a forma construtiva da função de aproximação do RPIMP, ele apresenta característica de capturar melhor às distribuições de tensões entre os nós do domínio, enquanto o MEF só apresenta variação entre os elementos e não entre os nós. Tal característica permite ao RPIMP uma nuvem de pontos menos densa [2] em relação ao MEF, contudo irá requerer mais pontos de Gauss com possibilidade de maior consumo computacional. A Fig.(1)(a) apresenta a simulação de trinca numa placa de tamanho 01x01mm em que antes da aplicação da força estava quase fechada. Aplicou-se condições de contorno de Dirichlet na borda esquerda e Neumann na borda direita. Na região da trinca optou-se por maior adensamento da nuvem para capturar melhor as deformações e tensões enquanto no restante uma nuvem mais espaçada. A escala de deformação foi ampliada em $100x$. O RPIMP capturou os deslocamentos da trinca e as tensões nas proximidades. A Fig.(1)(b) apresenta redução do erro nas tensões no RPIMP em relação ao MEF com 1080 graus de liberdade. O RPIMP obteve boa aproximação com 892 graus de liberdade, possibilitando otimização computacional.

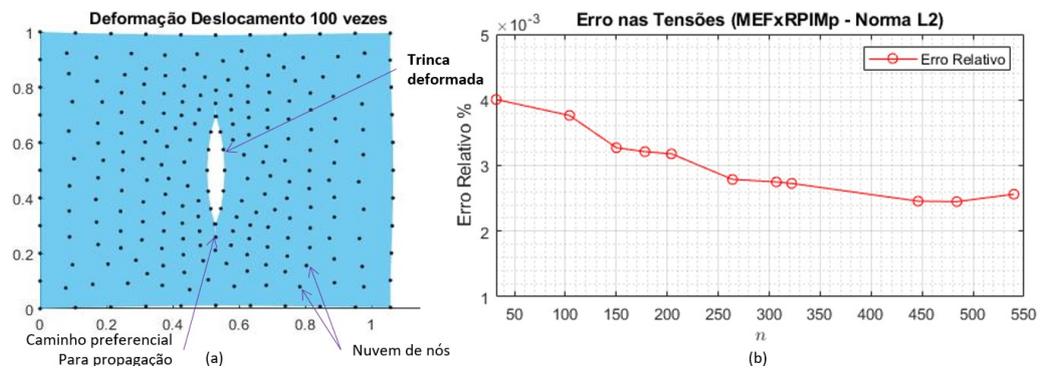


Figura 1: Simulação Trinca e Erro.

Outro importante diferencial entre os métodos é que, a cada variação do domínio Ω , o MEF necessita que haja remalhamento de seu domínio e o RPIMP apenas reloca ou retira da nuvem o nó que ficou em uma descontinuidade, ou ainda possibilita incluir nós caso necessário. Essa característica dá ao RPIMP agilidade na variação do domínio. Isso ocorre pois a célula de integração não fica vinculada a elementos que cobrem o domínio como no MEF, mas aos nós [2]. Como no MEF a integração fica vinculada aos elementos triangulares, caso a trinca se propague por dentro de um desses elementos, estes serão perdidos. No RPIMP, bastará fazer com que a função $R(x, y)$ não enxergue os nós que estão do outro lado da trinca.

Conclui-se que o RPIMP apresenta vantagens importantes sobre o MEF, principalmente quando se deseja avaliar crescimento de descontinuidades no domínio e as variações das derivadas direcionais dos deslocamentos. A escolha de pontos de Gauss adequados para a malha de integração e varredura desejada, garante tempos de execução similares ao do MEF. Recomenda-se o aprofundamento nos métodos sem malha como alternativa ao método com malha.

Referências

- [1] J. Fish e T. Belytschko. **A first course in finite elements**. 1a. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. ISBN: 9781420082098.
- [2] G. R. Liu. **Meshfree Methods: moving beyond the finite element method**. 2a. ed. CRC Press, 2010. ISBN: 9781420082098.