

**Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**

---

# Quadratura de Gauss Implementada através de Programação Paralela

André R. Moraes<sup>1</sup>

Coordenadoria de Engenharia Mecânica, IFES, São Mateus, ES

Werley G. Facco<sup>2</sup>

Coordenadoria de Formação Geral, IFES, São Mateus, ES

Eduardo da Silva<sup>3</sup>

Coordenadoria de Formação Geral, IFES, São Mateus, ES

Alex S. Moura<sup>4</sup>

Departamento de Economia, UFJF, Governador Valadares, MG

## 1 Introdução

O Método dos Elementos Finitos (MEF) e Método dos Elementos Finitos Generalizado (MEFG), são amplamente utilizados para resolver problemas eletromagnéticos modelados por equações diferenciais [1]. Levando em consideração que a quadratura de Gauss de alta ordem usada pelo MEFG demanda maior tempo de máquina em relação à baixa ordem usada no MEF. Este trabalho pretende, através de recursos de programação paralela, apresentar uma técnica que cria os nós e pesos de Gauss e os aplica no MEFG.

## 2 Programação Paralela

A programação paralela é baseada na arquitetura das GPUs, que são basicamente constituídas por threads, as menores estruturas de processamento de dados encontradas na mesma [2]. Esses threads podem ser invocados por uma função kernel, que agrupa os threads em blocos com dimensões fixas (*kernel*  $\lll \alpha, \beta \ggg (a, b, c, \dots, n)$ ), Onde  $\alpha$  é o número de blocos,  $\beta$  o de threads por bloco e  $a, b, c, \dots, n$  são os parâmetros de entrada.

## 3 Resultados

O MEFG será utilizado para resolver um problema de propagação de ondas em um guia de placas paralelas com descontinuidade no meio, Fig. 1 (a). A malha triangular de

---

<sup>1</sup>andrerabelom@gmail.com

<sup>2</sup>werleyfacco@ifes.edu.br

<sup>3</sup>eduardosilva@ifes.edu.br

<sup>4</sup>alex.moura@ufjf.edu.br

tamanho  $h = 0.2\lambda_0$  usada para cobrir do domínio computacional do problema é composta de 85 elementos, 148 arestas e 85 nós. Para validar os resultados obtidos através do MEFG, com  $q = 6$  diferentes direções de onda planas o enriquecimento e  $ng_{MEFG}$  nós e Gauss por elemento triangular, foi utilizado os resultados obtidos com o MEF com uma malha de  $h = 0.025\lambda_0$  com 4.448 elementos, 2.387 nós e 6.834 arestas. Os resultados são obtidos usando uma onda plana incidente com ângulo incidente  $\theta_I = 0^\circ$ ,  $\lambda_0 = 10\text{cm}$  and  $\epsilon_r = 4.0 - 1.0j$ . A Fig. 1 (b) apresenta o gráfico de convergência da solução do campo magnético aproximado pelo MEFG e MEF. Os cálculos foram feitos ao longo da linha  $C_x = \{(x, y) | y = 0, -20 \leq x \leq 20\}$ .

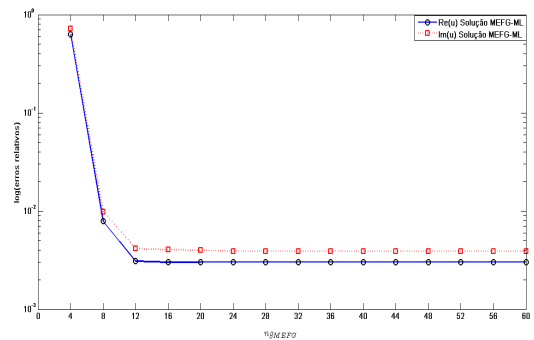
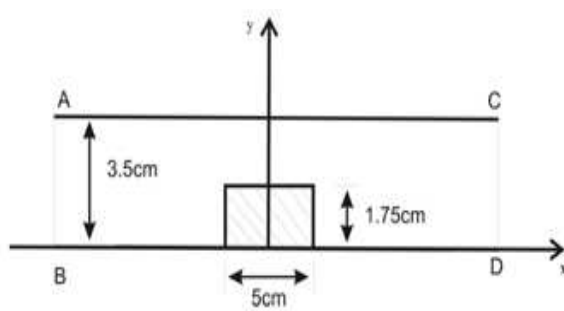


Figura 1: a) Domínio Computacional

b)  $ng_{MEFG}$  convergência do MEFG versus MEF.

## 4 Conclusões

Com os resultados obtidos é possível perceber que o potencial do MEFG implementado através de recursos de programação paralela pode ser aprimorado sem comprometer sua precisão.

## Agradecimentos

Esse trabalho possui suporte em parte pela FAPES, FAPEMIG e CNPq.

## Referências

- [1] W. G. Facco, E. J. Silva, A. S. Moura, N. Z. Lima, R. R. Saldanha, Handling Material Discontinuities in the Generalized Finite Element Method to Solve Wave Propagation Problems, *IEEE Trans. On Magn.*, Vol. **48**, no.2, pp. 607–610, Feb. (2012).
- [2] D. B. Kirk, and W. W. Whu *Programming Massively Parallel Processors: A Hands-on Approach*. Elsevier Inc, 2010.