

## **Comparação da Solução Numérica/Analítica para Escoamento Retilíneo e Radial de Resina**

**ESCHER, Mateus  
SOUZA, Jerferson A.  
mateusescher@hotmail.com**

**Evento: 14 Mostra da Produção Universitária  
Área do conhecimento: Engenharia Mecânica/Fenômenos de Transporte**

**Palavras-chave:** RTM; Modelagem numérica; Comparação numérica/analítica.

### **1 INTRODUÇÃO**

O uso de materiais compósitos têm crescido amplamente a nível mundial desde da década de 50 como uma alternativa para materiais metálicos e outros tradicionais materiais pesados, dando-se assim o desenvolvimento de muitas técnicas para fabricação de componentes compósitos (Oliveira et al., 2013). Entre eles foi desenvolvido o processo de modelagem por transferência de resina (RTM), o qual é utilizado na obtenção de compósitos de vários tamanhos, volume, e formas complexas. No processo RTM, um molde é preenchido com um reforço fibroso e posteriormente impregnado com uma resina polimérica que escoará através do reforço fibroso, obtendo-se assim, após o processo de cura, a peça acabada (Rudd et al., 1997).

Neste trabalho é feita uma comparação entre as soluções numérica e analítica do escoamento da resina para dois problemas bidimensionais: fluxo retilíneo e fluxo radial.

### **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

A modelagem numérica do RTM, para descrever o avanço da resina no meio poroso, utiliza-se da lei de Darcy. A lei de Darcy (Eq. 1) diz que o campo de velocidade do fluido é proporcional ao gradiente de pressão e a permeabilidade do meio poroso, e inversamente proporcional a viscosidade da resina. A lei de Darcy pode ser expressa como

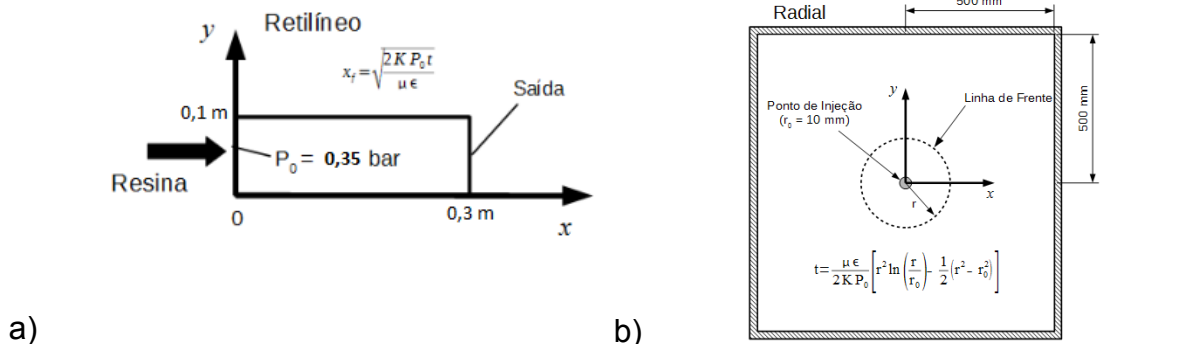
$$\vec{V} = -\frac{K}{\mu} \cdot \nabla p \quad (1)$$

onde  $\mu$  é a viscosidade [Pa s],  $K$  é a permeabilidade do meio poroso [m<sup>2</sup>],  $\vec{V}$  é o vetor velocidade [m/s] e  $p$  a pressão [Pa] (Rudd et al., 1997).

### **3 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA**

No presente trabalho foram utilizados três softwares: GMSH, OpenFOAM e VISIT. No GMSH é gerada a geometria e a malha. No OpenFOAM é simulado o escoamento de resina e o VISIT foi utilizado no pós-processamento dos resultados. Na figura 1 são mostrados as condições de contorno e a geometria do problema para os casos retilíneo e radial. Nestas figuras são mostradas também as soluções analíticas para ambos casos. Nas equações da figura 1  $P_0$  é a pressão de injeção [Pa],  $t$  o tempo [s],  $\epsilon$  a porosidade,  $r_0$  raio do ponto de injeção [m], e  $r$  o raio da linha de frente da resina [m].

Figura 1 – Condições de Contorno e Solução Analítica: a) retilíneo; b) radial

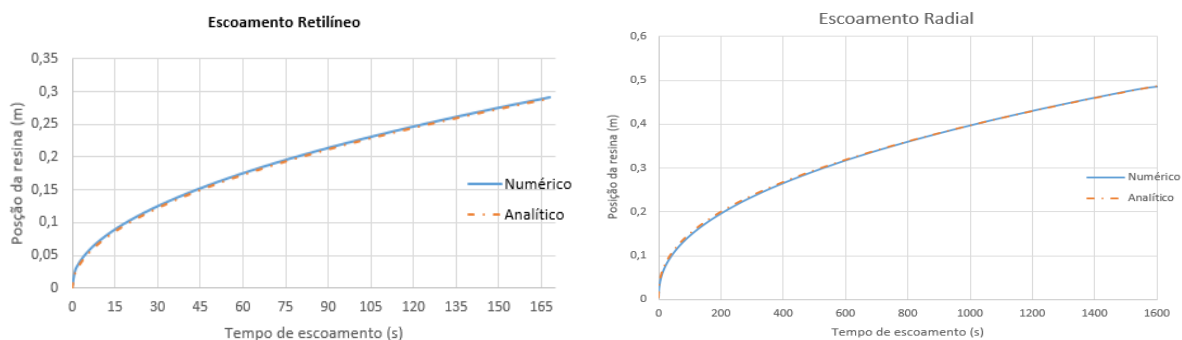


Fonte: autor

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na figura 2 são mostrados os resultados da comparação entre as soluções analítica e numérica para os dois casos estudados.

Figura 2 – Resultados Obtidos para Escoamento Retilíneo e Radial



Fonte: autor

Paras as geometrias propostas, pode-se perceber que os resultados numéricos e analíticos concordam qualitativa e quantitativamente. A máxima diferença calculada entre as soluções foi menor do que 2%.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados da figura 2 mostram que a presente metodologia utilizada para a solução do problema de RTM reproduziu de forma satisfatória os dois problemas teste simulados, validando dessa forma a solução numérica. Em um trabalho futuro esta metodologia será utilizada na solução de outros problema complexos cuja solução analítica não está disponível.

## REFERÊNCIAS

- OLIVEIRA, C. P.; SOUZA, J. A.; ISOLDI, L. A.; AMICO, S. C. Algebraic rectilinear model for multilayer resin transfer molding injection. **Journal of Reinforced Plastics and Composites**, v. 32, n. 1, p. 3–15, 2013.
- RUDD, C. D.; LONG, A. C.; KENDALL, K. N.; MANGIN, C. **Liquid Moulding Technologies: Resin Transfer Moulding, Structural Reaction Injection Moulding and Related Processing Techniques**. Abington Cambridge, England: Woodhead Publishing Limited, 1997.