

INTRODUÇÃO

A etapa de preenchimento do processo de injeção é influenciada pelo comportamento do material assim como também pelas variáveis de processo: temperatura, pressão, velocidade do fluido e tensões geradas no escoamento. Para o monitoramento desses parâmetros recorre-se a simulações utilizando mecânica dos fluidos computacional. Neste presente trabalho foi utilizado o

solver viscoelasticThermalFoam do pacote OpenFOAM para a análise e monitoramento da etapa de preenchimento de um molde com um fluido viscoelástico. Esse *solver* foi desenvolvido anteriormente pelo grupo e tem como principal objetivo calcular as tensões induzidas em um escoamento de paredes finas, considerando o processo não-isotérmico.

METODOLOGIA

Equações

- Balanço diferencial de massa

$$\nabla \cdot \underline{u} = 0$$

- Balanço diferencial da quantidade de movimento

$$\frac{\partial \rho \underline{u}}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \underline{u} \underline{u}) - \nabla \cdot \underline{\tau} = -\nabla p + \rho \underline{g}$$

- Equação da conservação de energia

$$\lambda_k \underline{\tau}_k + \underline{\tau}_k + \frac{\lambda_k}{2\eta_k} \underline{\tau}_k \cdot \underline{\tau}_k = 2\eta_k \underline{D}$$

- Equação Constitutiva do modelo Leonov

$$\rho C_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} + \underline{u} \cdot \nabla T \right) = \kappa \nabla^2 T + \underline{\tau} : (\nabla \underline{u})$$

Solver viscoelasticThermalFoam

- Desenvolvido no pacote OpenFOAM:
 - *software* de CFD
 - código aberto
 - escrito em C++
 - versão 1.5-dev

Parâmetros avaliados:

- Convergência da solução
- Evolução temporal e valor final das variáveis (velocidade, temperatura e tensão) nos pontos de monitoramento
- Tempo de preenchimento da cavidade
- Análise do preenchimento da amostra

Consideração:

- Existência inicialmente de ar no molde injeção

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Geometria 01:

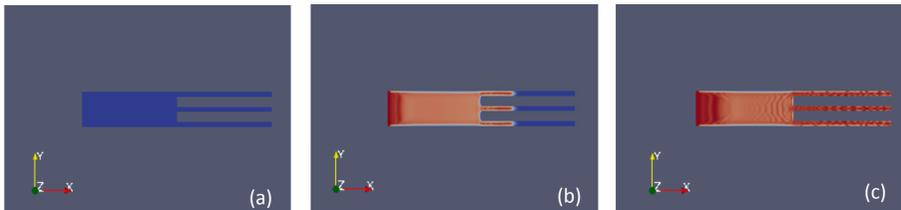


Figura 01. (a) Geometria utilizada na primeira simulação. Geometria 01 nos seguintes tempos de preenchimento: (b) 0,05 segundos e (c) 0,10 segundos

- Objetivo: verificar a formação de zonas mortas
- Espessura da geometria: 0.9 mm
- Comprimento (eixo x): 4 cm
- Tempo de Preenchimento: 0,10 seg
- Tempo de preenchimento coincidiu com o teórico;
- Nenhuma zona morta observada
- Necessidade de realizar testes com buchas de injeção → aproximar da realidade

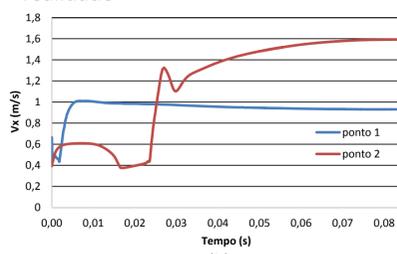
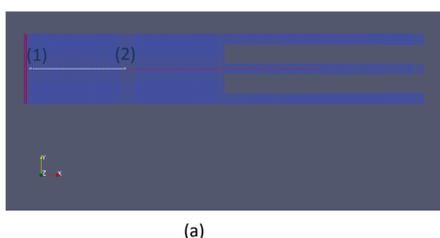


Figura 02. (a) Geometria com pontos monitorados marcados. (b) Evolução temporal da velocidade no eixo x para a geometria 01

Geometria 02:

- Objetivo: verificar a formação de zonas mortas entre o espaço da bucha de injeção e a placa
- Dimensão da peça principal: 0.13m x 0.02m x 0.002m
- Altura da bucha: 0.05 m
- Tempo de Preenchimento: 0,084 segundos
- Não apresentou problemas de zonas mortas
- Tempo de preenchimento não foi coerente ao teórico devido ao afunilamento existente na peça.

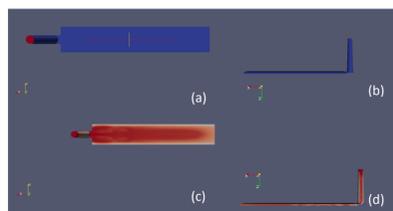


Figura 03. (a) e (b) Geometria 02. (c) e (d) Geometria 02 no tempo 0,084 segundos

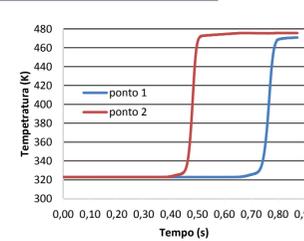
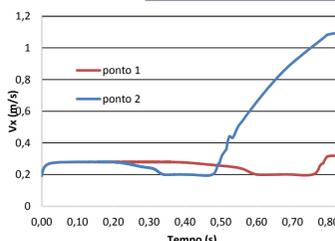
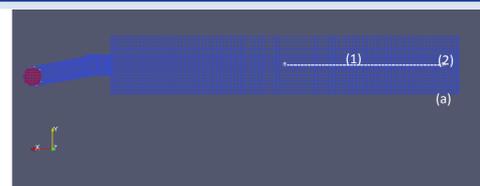


Figura 04. (a) Geometria com pontos monitorados marcados. (b) Evolução temporal da velocidade no eixo x para a geometria 02. (c) Evolução temporal da temperatura para a geometria 02.

Geometria 03 (complexa):

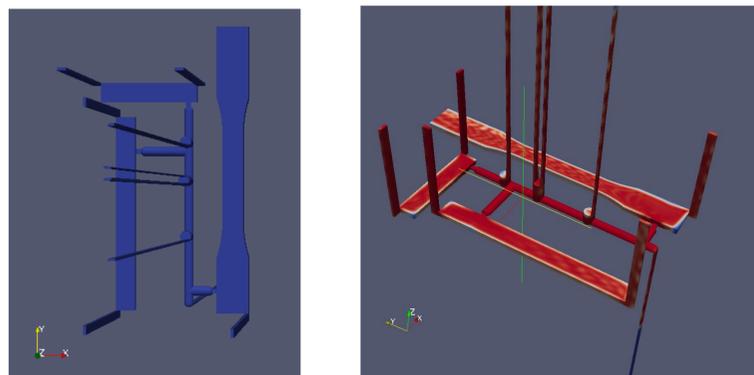


Figura 05. (a) Geometria 03. (b) Geometria já preenchida com material viscoelástico

- Espessura: 3 mm
- Tempo de Preenchimento: 0,83 seg
- Nota-se que houve uma enorme perda de material nos dutos de ventagem
- Notou-se também a presença de pontos mortos em cantos da peça
- Feitos outros testes com geometria mais refinada por completo: sem mudanças
- Possível necessidade de correção da malha e/ou refinamento apenas dos dutos de ventagem

CONCLUSÕES

- Os tempos de simulação das geometrias 1 e 2 corresponderam ao esperado
- Os resultados do molde 03 não foram satisfatórios devido às perdas não realísticas de material nos dutos de ventagem e aos cantos mortos
- Trabalho futuro: encontrar maneira de apenas refinar as zonas que apresentaram problemas mantendo o *aspect ratio* dentro dos padrões exigidos pelo programa

REFERÊNCIAS

- 1) Oliveira, J.A.P. "Análise Numérica de Tensões Induzidas pelo Escoamento no Preenchimento não Isotérmico de Cavidades de Paredes Finas", Tese de Doutorado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Química, UFRGS, (2013).
- 2) Favero, J. L., "Simulação de Escoamentos Viscoelásticos: Desenvolvimento de uma Metodologia de Análise utilizando o *Software* OpenFOAM e Equações Constitutivas Diferenciais", Programa de Pós Graduação em Engenharia Química, UFRGS, (2009).