

## INFLUÊNCIA DAS PROPRIEDADES REOLÓGICAS DO SANGUE EM MICROCANAL COM CONTRAÇÃO SIMÉTRICA

Solange M. Caetano<sup>1</sup>, Susana F. T. Silva<sup>2</sup>, Joana A. C. Calejo<sup>3</sup> e Carla S. Fernandes<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ESTIG, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal; solangemendes90@gmail.com

<sup>2</sup> ESTIG, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal; susanaftsilva@gmail.com

<sup>3</sup> ESTIG, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal; jo\_calejo6@hotmail.com

<sup>4</sup> ESTIG, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal; cveiga@ipb.pt

**Palavras Chave:** Sangue, Ateroma, Dinâmica de Fluidos Computacional (CFD), Microcanais.

**Resumo:** Neste trabalho recorreu-se à Dinâmica de Fluidos Computacional para simular escoamentos não-newtonianos em microcanais com estenose simétrica. Para descrever o comportamento não-newtoniano do sangue utilizou-se o modelo de Carreau sendo os resultados obtidos considerando este modelo comparados com os obtidos para fluido newtoniano, o que permitiu avaliar o impacto das propriedades não-newtonianas nos escoamentos estudados.

### 1 Introdução

Nas últimas décadas o interesse nos estudos da aterosclerose tem assumido um lugar de destaque na área da medicina pois, devido ao estilo de vida adotado pela sociedade moderna, esta patologia do sistema cardiovascular tornou-se numa das maiores causas de morte.

A aterosclerose é caracterizada por lesões nas paredes dos vasos, por depósito de placas de gordura, principalmente colesterol, na camada íntima da artéria e que tem por fase inicial os defeitos no endotélio causados por diversos fatores de risco [1][2]. A placa ateromatosa depositada na parede dos vasos, vai crescendo lentamente, provocando a estenose de um vaso, ou seja, diminuição do fluxo sanguíneo, ou até mesmo obstruir completamente a artéria [1] [2]. Os estudos de escoamentos sanguíneos *in vivo*, e mesmo *in vitro*, levantam por vezes problemas por questões éticas, pelo que ferramentas numéricas têm vindo a ganhar espaço na área da hemodinâmica. Neste trabalho recorreu-se à dinâmica de fluidos computacional para simular escoamentos newtonianos e não-newtonianos em microcanais com estenose simétrica. Para tal foram realizadas simulações recorrendo a um software comercial de volumes finitos (FLUENT) em canais com secção rectangular, apresentando graus de estenose distintos, o que permitiu estudar a influência do grau de contração nas propriedades do escoamento sanguíneo.

### 2 Metodologia

Construíram-se dois canais de secção rectangular com contração simétrica de 25 e 50 % de grau de estenose, representado este o grau de constrangimento existente nos canais.

A discretização dos domínios geométricos foi efetuada recorrendo a elementos hexaédricos, como é possível observar na Fig.1.

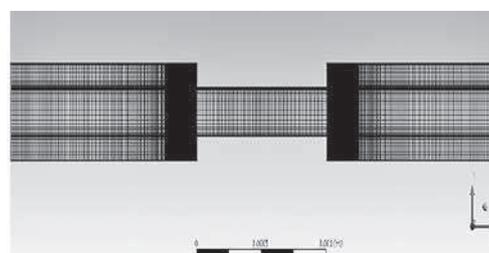


Fig. 1 Malha do microcanal com contração simétrica.

Uma vez que os escoamentos em estudo são laminares foi imposta uma velocidade nula junto às paredes, pelo que a malha nessa região foi alvo de atenção especial, sendo uma malha mais refinada.

### 3 Análise e Discussão de Resultados

As simulações efetuadas na geometria acima foram realizadas admitindo que o sangue pode ser considerado um fluido newtoniano e também tendo em consideração o seu caráter não-newtoniano. Assim, para além de se analisar a influência do grau de estenose nas propriedades

do escoamento, foi ainda possível analisar o impacto das propriedades não-newtonianas do sangue na pressão e velocidade dos escoamentos em estudo.

Para os estudos não-newtonianos realizados nos canais com contração simétrica constatou-se que as propriedades não-newtonianas do sangue, descritas pelo modelo de Carreau, levam a um aumento da queda de pressão.

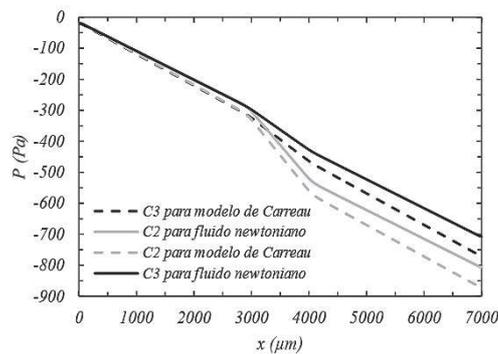


Fig. 2 Pressão para os canais estenosados com contração simétrica e diferentes modelos reológicos.

O perfil de velocidade no plano de simetria para o fluido não-newtoniano (modelo de Carreau), apresenta o comportamento global típico de um escoamento em canal de secção retangular em regime laminar e estado estacionário – velocidade mínima nas paredes e máxima no centro do canal.

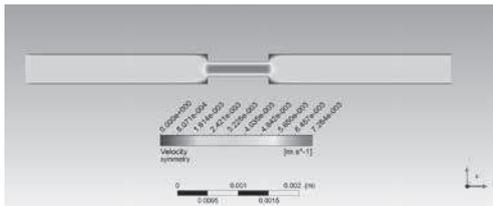


Fig. 3 Perfil de velocidades no plano de simetria para o modelo de Carreau.

Dada a presença do ateroma, a velocidade máxima é alcançada na região em que existe o ateroma, onde a área de secção reta é menor.

#### 4 Conclusões

Comparando o fluido newtoniano com o modelo de Carreau, verificou-se que as quedas de pressão assumem valores mais elevados quando se admite o modelo de Carreau não havendo alterações a nível dos perfis de velocidade.

Verificou-se que a existência do ateroma no microcanal altera os perfis típicos de queda de pressão e velocidade, verificando-se um aumento da queda de pressão e velocidade máxima com o aumento do grau de estenose.

Os resultados aqui apresentados fornecem conhecimentos fundamentais para uma melhor compreensão do fluxo sanguíneo na microcirculação.

#### Referências

- [1] A. e. A. Carvalho, “Desenvolvimento de Placas de Ateroma em Pacientes Diabéticos e hipertensos,” pp. 73-77, 2010.
- [2] D. Caiado, “Modelação Memática do Sistema Cardiovascular,” Universidade do Algarve, Algarve, 2009