

# Análise experimental e numérica de quedas de pressão em canais estenosados

Lopes<sup>1</sup>, Sara; Fernandes<sup>2</sup>, Carla; Pereira<sup>3</sup>, Ana; Pinho<sup>4</sup>, Diana

<sup>1</sup>sara\_lopeslh@hotmail.com, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal.

<sup>2</sup>cveiga@ipb.pt, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal.

<sup>3</sup>apereira@ipb.pt, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal.

<sup>4</sup>diana@ipb.pt, Instituto Politécnico de Bragança, Portugal.

## Introdução

Os estudos relacionados com o escoamento de fluidos em microcanais têm sido alvo de várias investigações, tendo permitido prever que o escoamento sanguíneo é influenciado por várias patologias, como por exemplo, a Aterosclerose.

A aterosclerose consiste num estreitamento das artérias, devido a aglomerados de gordura que se acumulam no seu interior e que pode diminuir o abastecimento de sangue aos tecidos do organismo, nomeadamente órgãos vitais [1], [2].

Neste trabalho foi realizado uma análise experimental e numérica de quedas de pressão em canais estenosados.

Os resultados experimentais e numéricos foram ainda otimizados recorrendo ao método dos mínimos quadrados por forma a encontrar uma expressão que traduza o problema em estudo.

Por fim, com o presente trabalho pretende-se dar algum contributo na área do diagnóstico.

## Quedas de pressão em modelos tridimensionais estenosados

### Determinação experimental

Os modelos dos vasos estudados foram planificados no software SolidWorks e as dimensões obtidas de imagens de tomografia.

O modelo 3D foi imprimido recorrendo ao processo de modelação por deposição e fusão utilizado pela impressora Cube 3D, Figura 1 a).

Seguidamente foram obtidos os modelos em PDMS, os quais foram utilizados para a medição das quedas de pressão, Figura 1 b).

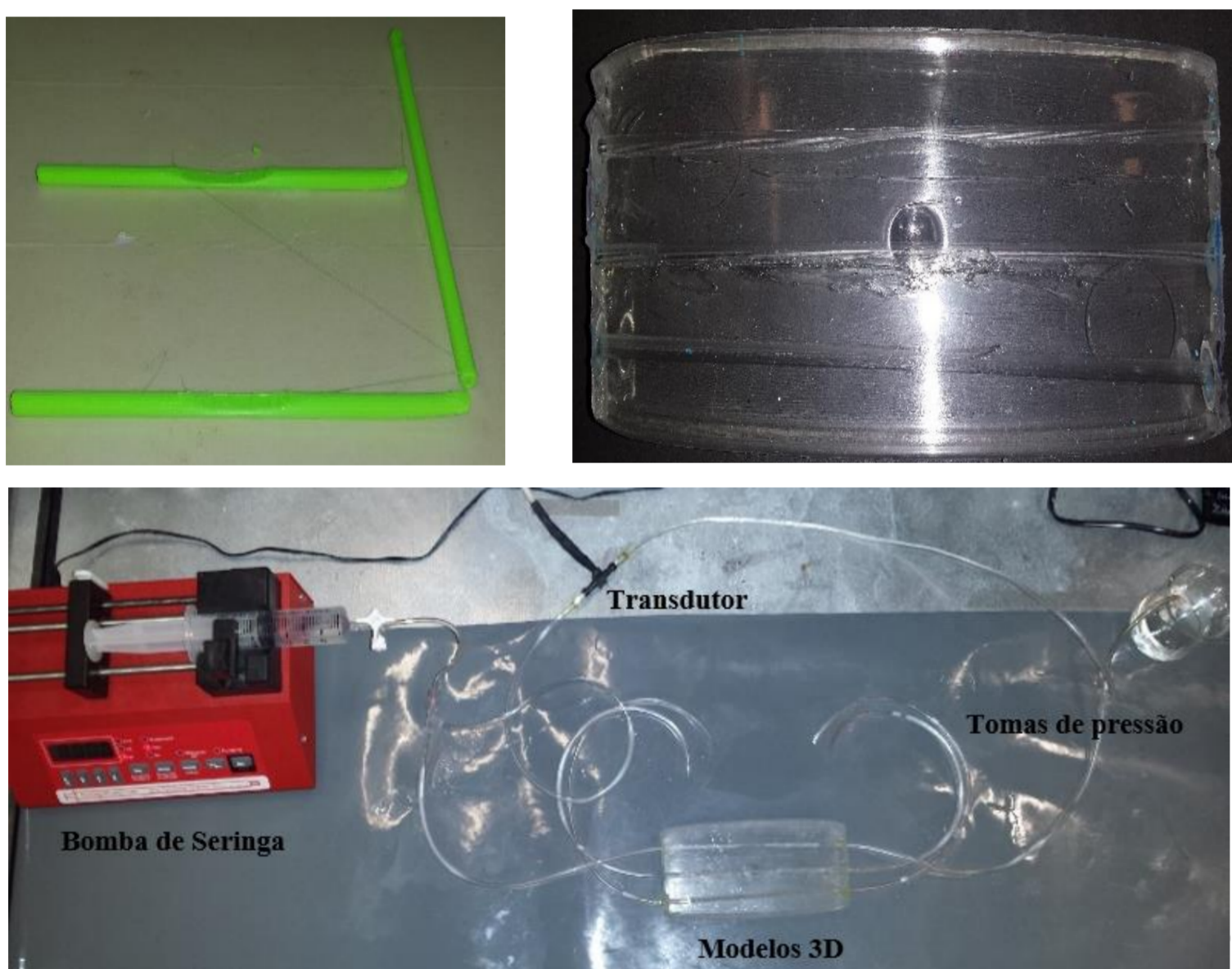


Figura 1 – a) Modelos impressos; b) Modelo em PDMS; c) Circuito utilizado para a medição das quedas de pressão.

Figura 2 representa as quedas de pressão experimentais obtidos para os três modelos.

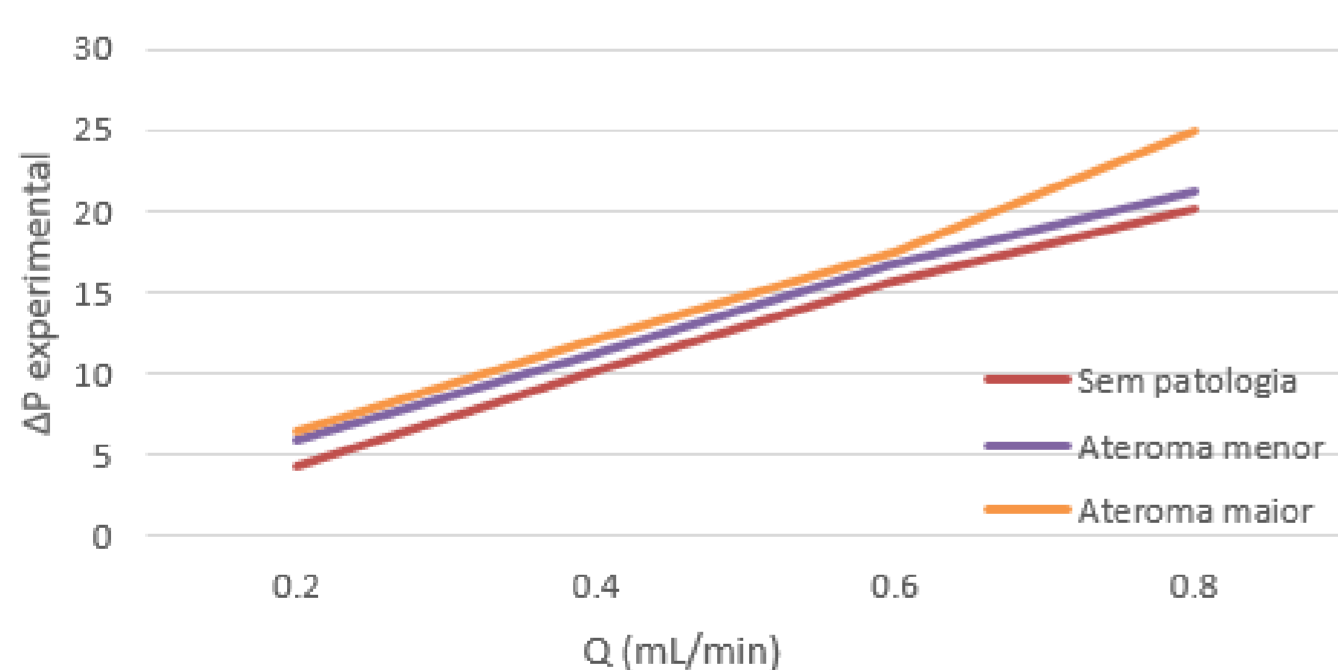


Figura 2 - Representação gráfica da comparação das quedas de pressão experimentais para os vários modelos anatómicos.

A existência de um ateroma num vaso sanguíneo provoca efetivamente um aumento das quedas de pressão no interior do mesmo.

## Conclusão

Na determinação experimental das quedas de pressão, foi possível concluir que a existência de ateromas provoca um aumento da queda de pressão;

Com a simulação numérica foi possível verificar que o escoamento até à zona da patologia era igual para os três, ou seja a pressão diminui linearmente, mas na zona da patologia a queda da pressão aumenta com o aumento da dimensão do ateroma.

A simulação numérica mostrou ser um bom método para descrever o escoamento de fluidos e, a longo prazo, uma ferramenta importante na área da medicina de previsão. Na otimização conclui-se que a melhor estratégia seria usar três dos quatro pontos de cada canal, verificando-se que os resultados obtidos eram semelhantes aos previstos, sendo possível concluir que a função Polinomial é a que melhor traduz o problema em questão.

## Estudo numérico

Foi utilizado o software Fluent para realizar a simulação numérica, com uma malha constituída por elementos quadriláteros com um tamanho reduzido, como é possível verificar na Figura 4. Por último definiu-se as.

### Condições Fronteira:

- Entrada do Canal
- Saída do Canal
- Parede

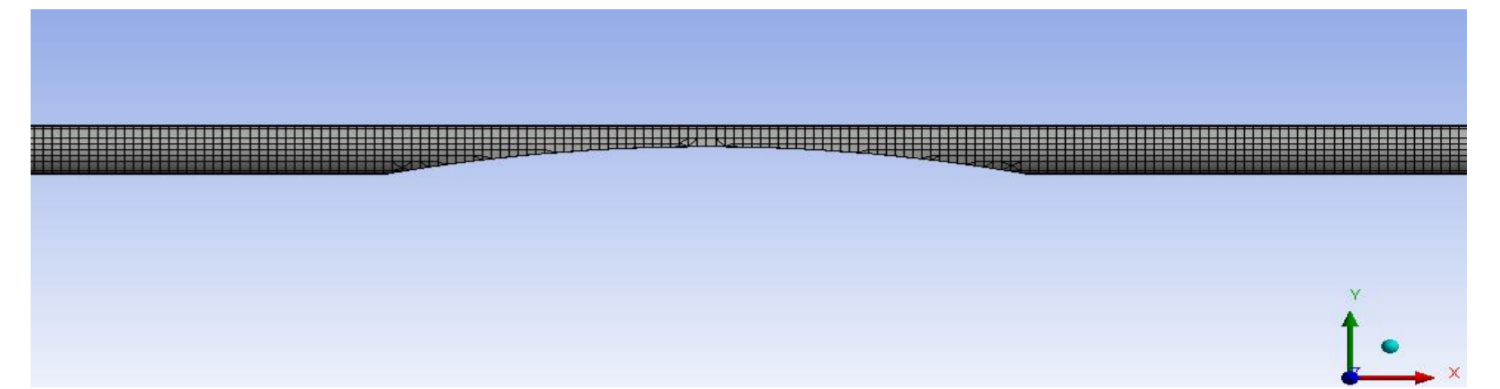


Figura 3 - Geometria do microcanal com a estenose maior

Resultados numéricos para os três canais, para a velocidade 1.164 mm/s.

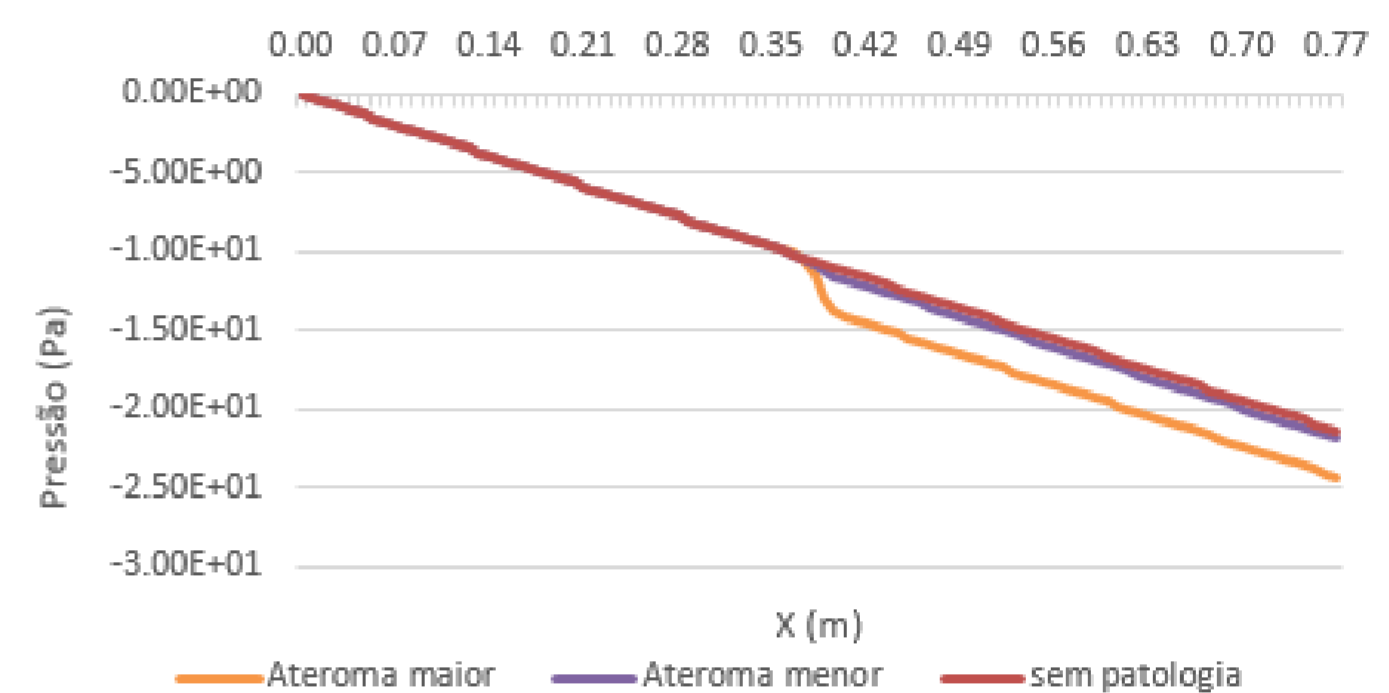


Figura 4 - Gráfico que descreve as quedas de pressão nos três canais em estudo, para a velocidade de 1.164 mm/s.

- Canal sem patologia - pressão diminui ao longo do canal;
- Canais com patologias – pressão diretamente proporcional à dimensão do ateroma.

A Tabela 1 compara os resultados numéricos com os experimentais, sendo possível verificar mais uma vez que a queda de pressão aumenta com o aumento do grau da estenose.

Tabela 1 - Comparação do  $\Delta P$  numérico com o  $\Delta P$  experimental para todas as velocidades utilizadas.

Canal	u (m/s)	$\Delta P$ numérico (Pa)	$\Delta P$ experimental (Pa)
Sem Patologia	0.291	5.332	4.3
	0.582	10.665	10.2
	0.873	15.998	15.8
	1.164	21.331	20.2
Ateroma menor	0.291	5.471	5.9
	0.582	10.941	11.2
	0.873	16.412	16.8
	1.164	21.864	21.3
Ateroma maior	0.291	6.072	6.5
	0.582	12.144	12.2
	0.873	18.217	17.5
	1.164	24.3	24.9

## Otimização

Uma das técnicas mais utilizadas na otimização é o método dos mínimos quadrados, que no MATLAB, é realizado através da função CFTOOL.

Na Tabela 2, 3 e 4 são apresentados o tipo de função, o erro relativo (SSE) e a previsão do valor da função. As colunas a cor representam o valor da função previsto para os valores de x não usados na modelação.

Tabela 2 – Para o canal sem patologia foram utilizados os dados  $x=[0.133803,0.401409,0.532113]$  e  $y=[1.032418597,0.19771422,1.13059331]$ .

		x			
	SSE	0.133803	0.401409	0.532113	0.267606
Polinomial	1.37E-29	1.032737802	0.198264421	1.131254603	0.154492609
Racional	2.06E-17	1.032483086	0.20890856	1.129556745	1.00494043

Tabela 3 - Para o canal com o ateroma menor foram utilizados os seguintes valores:  $x=[0.133803,0.267606,0.532113]$  e  $y=[0.429303877,0.25852912,0.5643413]$ .

		x			
	SSE	0.133803	0.267606	0.532113	0.401409
Polinomial	5.55E-32	0.42921752	0.258405247	0.564144639	0.306263183

Tabela 4 - Para o canal com o ateroma maior utilizaram-se os dados  $x = [0.133803, 0.267606, 0.532113]$  e  $y = [0.428110351, 0.05587039, 0.6]$ .

		x			
	SSE	0.133803	0.267606	0.532113	0.401409
Polinomial	4.09E-32	0.427727223	0.055503247	0.599749107	0.11832807

## Referências

- [1] A. M. Silva, "Aterosclerose: Doença Sistémica com manifestações focais," Sociedade Portuguesa de Cardiologia, [Online]. Available: <http://www.spc.pt/DL/RFR/artigos/85.pdf>. [Acedido em 21 Julho 2015].
- [2] C. V. Macedo, "O que é a Aterosclerose?," Programa Harvard Medical School Portugal, 18 Maio 2011. [Online]. Available: <https://hmsportugal.wordpress.com/2011/05/18/o-que-e-a-aterosclerose/>. [Acedido em 21 Julho 2015]