

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DO PROCESSO DE EXPANSÃO DE UM STENT COMERCIAL COM BALÃO EXPANSÍVEL.

Rogério de Araújo, Sala FEMEC - CIMNE - UFU, rogerau_mat@yahoo.com.br

Tobias Anderson Guimarães - UFTM - asptobias@yahoo.com.br

Sonia A. G. Oliveira, FEMEC - UFU, sgoulart@mecanica.ufu.br

Resumo. Stents cardiovasculares são dispositivos metálicos empregados no tratamento da aterosclerose. Este dispositivo tem como objetivo auxiliar o processo de Angioplastia Coronária Transluminal Percutânea (ACTP), a fim de diminuir a ocorrência da restenose. O Stent coronário utilizado neste trabalho é do tipo balão-expansível. Para se obter uma boa colocação e um melhor acesso a região coronariana estenosada, eles são posicionados sobre um cateter-balão. Neste estudo foi utilizado a hidroconformação de tubos, com uso do módulo de hidroconformação do programa Stampack®. O objetivo deste trabalho foi simular numericamente a expansão de um modelo de Stent comercial. As análises dos resultados mostram a viabilidade do uso do módulo de hidroconformação do programa Stampack® no estudo do comportamento mecânico bem como uma metodologia eficaz na análise computacional de novos modelos de Stents, possibilitando assim prever possíveis falhas dos mesmos antes de serem implantados em seres humanos.

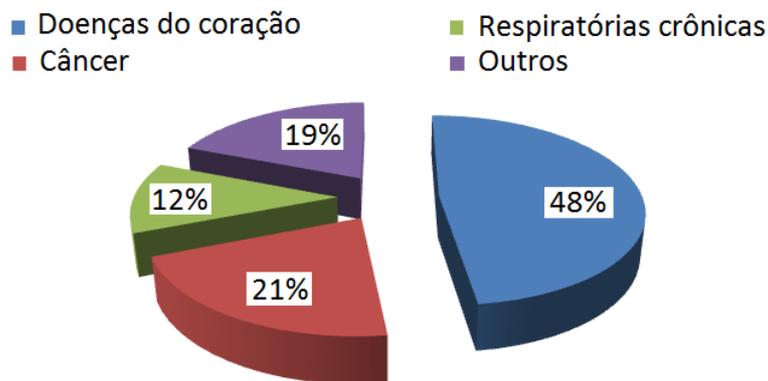
Palavras chave: Stents, angioplastia, hidroconformação, elementos finitos

1. INTRODUÇÃO

De acordo com estimativas da Organização Mundial de Saúde (OMS), o número de mortes no mundo causadas por doenças cardiovasculares terão um aumento anual, passando de 17 milhões de vítimas em 2008 para 25 milhões de vítimas em 2030, vitimando mais pessoas que o Câncer, que corresponderá a aproximadamente 13 milhões em 2030 (Observe Figura 1).

Segundo Serruys e Kutryk (1998) as obstruções arteriais são as principais causadoras de morte em todo mundo. Cerca de 80% das doenças do coração são provocadas por má alimentação, sedentarismo, tabagismo, etc. Ainda de acordo com a Organização Mundial da Saúde, só no Brasil em 2008, as doenças do coração mataram aproximadamente 148.000 pessoas, enquanto o câncer e as doenças respiratórias crônicas mataram aproximadamente 139.000 e 32.000 pessoas, respectivamente (World Health Statistics, 2012).

Causas de mortes no mundo



Fonte: WHS, (2012)

Figura 1: Causas de morte no mundo, segundo a Organização Mundial da Saúde em 2012.

Um dos tratamentos mais utilizados na desobstrução destas vias arteriais é a angioplastia, sendo ela um método minimamente invasivo no qual se introduz uma prótese (Stent) com o auxílio de cateter. Este Stent é introduzido com ajuda de um outro modelo de cateter, com um pequeno balão em sua extremidade. Este balão é inflado no interior da artéria, conduzindo o Stent a uma expansão e assim melhorando o fluxo sanguíneo no local antes obstruído.

Simulação Numérica da Expansão de um Stent Comercial com Auxílio do Balão para Angioplastia

O Stent é uma malha tubular metálica, normalmente confeccionado em aço inoxidável, ligas Níquel-Titânio e uma nova liga de Cobalto-Cromo (Figura 2). Sua função é evitar a tendência natural de fechamento da artéria após a angioplastia, esse fechamento recebe o nome de restenose e sua frequência varia entre 30% e 40% (Caramori et al., 1997).



Figura 2: (a) Modelo de stent comercial; (b) Stent comercial expandido com o balão.

((a) - <http://www.cxvascular.com>; (b) - <http://www.medicalexpo.com> - Ambos acessado em 27/11/2014).

No campo da biomecânica, a simulação numérica é de suma importância para verificar a veracidade dos estudos realizados. No caso do Stent, um dos objetivos da simulação numérica é o estudo de seu comportamento mecânico, podendo assim prever possíveis falhas, antes mesmo de ser implantado em seres humanos e com isto reduzindo custos e possíveis problemas durante o processo de implante e também no comportamento após o implante.

O processo de hidroconformação de tubos é usado para simular a expansão do Stent. Hidroconformação nada mais é que um processo de fabricação que combina esforços de compressão e expansão aplicados por um meio fluido a chapas ou tubos (Batalha et al., 2005). O principal objetivo deste trabalho é simular numericamente a expansão de um modelo de Stent comercial que foi previamente estudado por Araujo (2007). Em seus estudos Araújo (2007) efetuou a expansão deste modelo sem o auxílio do balão para angioplastia e neste trabalho a expansão será efetuada com o auxílio do balão.

2. METODOLOGIA

O parâmetro analisado neste trabalho será a estimativa da pressão necessária para uma expansão inicialmente desejada. A simulação de expansão do Stent foi feita usando o programa Stampack® que é um software de elementos finitos explícito. O modelo tridimensional do Stent foi montado a partir de imagens obtidas na internet, combinando elementos de repetição das células de rigidez e flexibilidade. Com o modelo tridimensional, foi feito os ajustes da malha de elementos finitos para minimizar a influência da malha nos resultados. Com o intuito de diminuir o tempo de processamento, foi ampliado as dimensões do conjunto Stent/balão, em uma escala de 1000:1, após a ampliação as dimensões do Stent passaram a ser de 2.000 mm de diâmetro, 9.224 mm de comprimento e 100 mm espessura. Na Figura 3(a) observa-se o conjunto completo com Stent e balão para angioplastia estudado neste trabalho.

O material utilizado para modelar o Stent foi o Aço Inoxidável 316L, como mostra a Tabela 1. O material do balão foi adotado como elástico linear pois considera-se que este não sofrerá uma deformação plástica, e suas propriedades são também descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Propriedades dos materiais do balão e Stent cardiovascular.

Balão		Stent	
Módulo de Elasticidade	: 0.94 [Gpa]	Módulo de Elasticidade	: 190 [GPa]
Densidade	: 1100 [K/m ³]	Densidade	: 7800 [K/m ³]
Razão de Poisson	: 0.4	Razão de Poisson	: 0.29
	:	Limite Elastico (S _v)	: 310.2 [MPa]

A malha de Elementos Finitos foi gerada automaticamente pelo programa Stampack® com uma densidade de 136.525 elementos para o balão e 4.202 elementos para o Stent. Como ambos os dispositivos (Stent e balão) foram considerados como superfícies, então seus elementos foram gerados como elementos do tipo Casca, triangular e não estruturada, como mostra a Figura 3 (b) e (c)

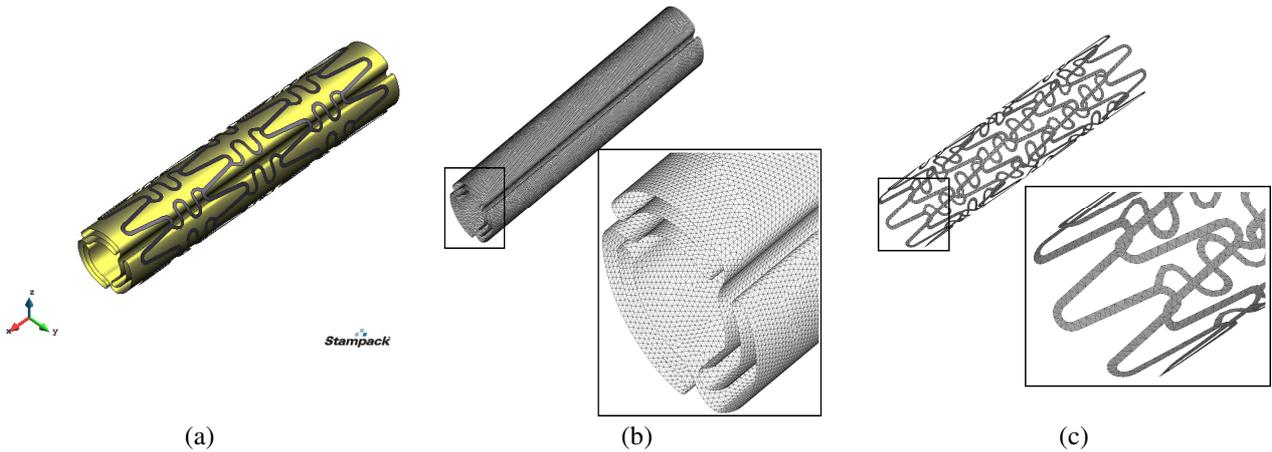


Figura 3: Conjunto Stent e Balão (a); Malha de Elementos Finitos Balão (b); Malha de Elementos Finitos Stent (c).

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após simulação foi determinada que a pressão máxima aplicada a superfície interna do balão, foi de 6 MPa, que representa uma pressão de aproximadamente 6 atm na escala real. Esta pressão provoca uma variação de diâmetro de aproximadamente 295% em relação ao diâmetro inicial. A Figura 4 mostra o Stent depois da expansão.

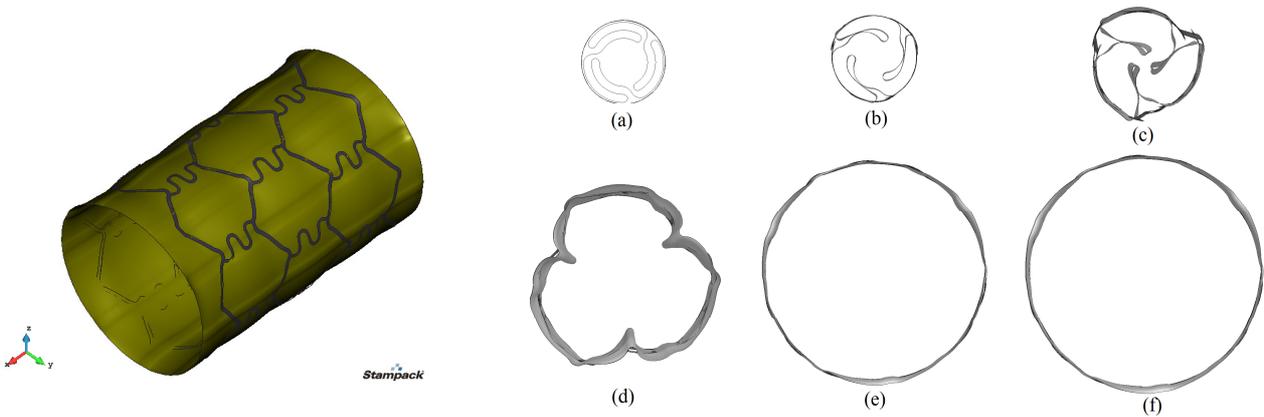


Figura 4: Configuração final do Stent após sua expansão e Etapas de expansão.

O software Stampack® disponibiliza ferramentas que nos possibilita analisar regiões de possíveis falhas, como a diminuição de espessura, que ocorre devido às tensões de tração e as zonas de possíveis enrugamentos, ocorrida devido às tensões de compressão. Para esta simulação foi constatado que para a pressão de 6 MPa o material ainda continua numa zona segura sem riscos de ruptura, isto pode ser observado através do Curva Limite de Conformação (CLC), mostrado na Figura 5. A nuvem de pontos apresentada na Figura 5 (a) representam os nós do modelo de Elementos Finitos junto a CLC. A Figura 5 (b) apresenta as regiões abaixo da CLC, onde de acordo com a posição de cada nó pode se observar se ele sofreu um enrugamento ou qualquer outro comportamento descrito nas regiões do gráfico.

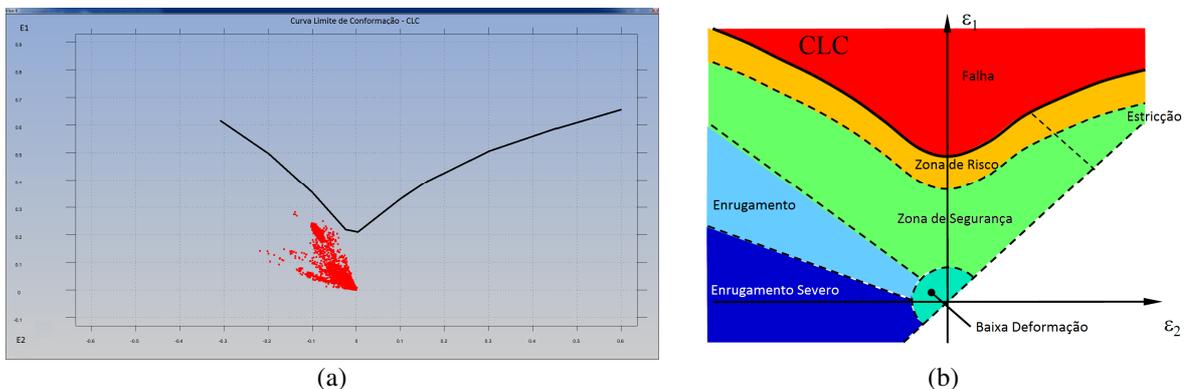
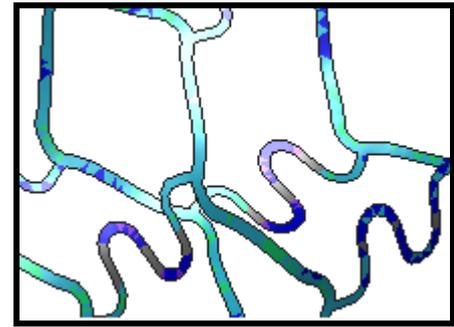
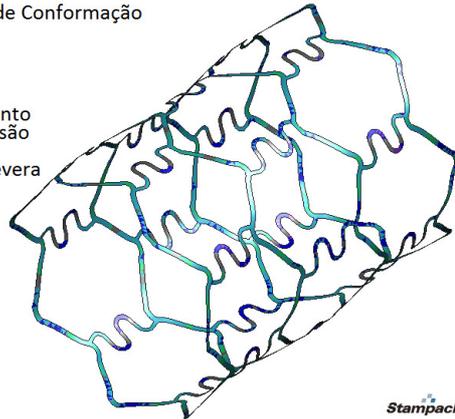


Figura 5: Curva Limite de Conformação (CLC)

Simulação Numérica da Expansão de um Stent Comercial com Auxílio do Balão para Angioplastia

Diagrama Limite de Conformação



Stampack

Figura 6: Diagrama Limite de Conformação

No Diagrama Limite de Conformação pode ser observada que grande parte da estrutura do Stent encontra-se dentro dos parâmetros de segurança, não apresentando nenhuma região dentro da Zona de Risco, Estricção e nem Falha. Contudo cabe ressaltar que estes dados são qualitativos e não quantitativos. Sendo assim o gráfico apresenta apenas as regiões que podem estar sujeitas ao risco, estricção ou até mesmo a falha.

4. CONCLUSÕES

Pode se concluir que os resultados obtidos após o processamento da simulação atendem de maneira satisfatória as especificações exigidas na angioplastia. A pressão obtida foi significativamente menor que a usada atualmente nos processos de expansão de Stents comerciais, que variam em torno de 12 a 14 atm, pressões estas que são medidas levando-se em conta a resistência exercida pela placa de gordura e a artéria, diferente do que foi considerado neste trabalho. Estes resultados, ainda que preliminares, se mostraram promissores. Espera-se que ao final deste projeto obtenha-se uma metodologia que possa apresentar-se como eficaz nos estudos computacionais de novos modelos de Stent e assim conhecermos características mecânicas que nos possibilite prever possíveis falhas dos Stents antes mesmo de serem implantados em seres humanos.

5. REFERÊNCIAS

- Araújo, R., "Simulação Numérica do Processo de Expansão de Stents para Angioplastia por Hidroconformação", Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brazil, 69p. 2008.
- Batalha, G. F.; Abrantes, J. P. and Szabo- Ponce, A., 2005, "Experimental and Numerical Simulation of Tube Hydroforming", Journal of Materials Processing Technology, Vol. 164 – 165, pp. 1140 – 1147.
- Caramori, P. R. A.; Yamamoto, G. I.; Zago, A. J., Reestenose Pós-angioplastia. Fisiopatogenia, Arquivo Brasileiro de Cardiologia, vol. 69 n.2, São Paulo, Agosto 1997.
- <http://www.cxvascular.com/cn-archives/cardiovascular-news-issue-9/drug-eluting-stent-penetration-in-europe> (Acessado em 27 de novembro de 2014).
- http://www.medicalexpo.com/prod/boston-scientific/coronary-stents-platinum-chromium-drug-eluting-applicator-74672-479865.html#product-item_514398 (Acessado em 27 de novembro de 2014).
- Serruys, P.W.; Kutryk, M. J. B., Handbook of Coronary Stents, Ed. Martin Dunitz, 1998.
- World Health Statistics, World Health Organization - 2012.

6. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

O(s) autor(es) é (são) os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.