



AVALIAÇÃO DAS DEFORMAÇÕES EM OSSO SINTÉTICO DURANTE UM PROCESSO DE FURAÇÃO

MARIA G. A. FERNANDES^{1,2,3}, ELZA M. M. FONSECA^{1,2}, RENATO M. NATAL^{2,3}

¹Escola Superior de Tecnologia e de Gestão

Instituto Politécnico de Bragança

Campus de Santa Apolónia

5300-253 Bragança, Portugal

²LAETA, INEGI

³Faculdade de Engenharia

Universidade do Porto

Porto, Portugal

(Recibido 22 de junio de 2017, para publicación 7 de octubre de 2017)

Resumo – Face ao crescente aumento da população idosa verificado nos últimos anos, a técnica de furação constitui atualmente um dos procedimentos cirúrgicos mais utilizados na medicina. Tratando-se de uma ação indispensável no tratamento de fraturas ósseas, bem como no alojamento de implantes dentários, é essencial a utilização de parâmetros de furação adequados que permitam garantir a ausência do dano ósseo. O desenvolvimento de metodologias que avaliem e auxiliem o sucesso destes procedimentos tornou-se um desafio para a comunidade científica. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o campo de deformações geradas no tecido ósseo sob um processo de furação, utilizando um material de osso sintético da *Sawbones*[®]. É apresentado um modelo de elementos finitos que através de uma análise dinâmica permite simular o processo de furação. O modelo foi calibrado através de testes experimentais para medição do campo de deformações na superfície do osso sintético da *Sawbones*[®], caracterizado como uma espuma de poliuretano, com propriedades semelhantes às do osso humano cadavérico. O estudo efetuado permitiu a comparação entre os resultados numéricos e experimentais com o objetivo de calibrar o modelo numérico para a utilização futura em processos de furação. Os parâmetros de furação selecionados para o estudo consistem na utilização de três velocidades de rotação diferentes, mantendo constantes os parâmetros relativos à velocidade de avanço, profundidade de furação e broca utilizada. Os resultados permitiram concluir que o aumento da velocidade de rotação provoca um aumento das deformações durante a furação. As zonas mais críticas encontram-se sempre na parede do furo e na vizinhança adjacente. As deformações tendem a aumentar ao longo da furação atingindo os valores máximos no instante em que a ferramenta de corte termina o furo. Os resultados experimentais e numéricos evidenciam a importância de uma seleção adequada de parâmetros de furação na minimização do dano causado pelo próprio processo.

Palavras-chave – Furação, deformação, osso sintético, extensometria, elementos finitos.

1. INTRODUÇÃO

Entre os vários processos de maquinagem, a furação é considerada uma das técnicas mais utilizadas devido à sua ampla aplicação em diversas áreas. Consiste na remoção de material sob a forma de apara helicoidal, com a finalidade de criar ou alargar um orifício. A este processo estão associados dois tipos de força: força axial e binário [1]. A força axial traduz-se no movimento de avanço axial de aproximação da ferramenta à peça. O binário consiste num momento torsor necessário para manter um movimento de rotação, que constitui o movimento principal ou de corte [2]. A qualidade do furo está diretamente ligada com a seleção adequada das condições de corte, nomeadamente a ferramenta de corte (material e geometria) e os parâmetros processuais (velocidade de avanço, velocidade de rotação e a profundidade de corte). Os parâmetros processuais são selecionados tendo em vista o tipo de material a furar. Quando esta técnica é aplicada a sistemas vivos, a seleção das condições de corte adquire uma maior atenção.

O processo de furação no contexto cirúrgico é muitas vezes utilizado no tecido ósseo como parte de um procedimento para fixação de fraturas através do posicionamento de parafusos, placas de fixação, hastes intramedulares e os demais dispositivos destinados ao processo de reintegração óssea [3, 4]. Na medicina dentária este processo também assume um papel importante, nomeadamente na criação de cavidades para implantes dentários [5]. O sucesso destas cirurgias depende da qualidade do processo de furação, sendo o objetivo principal a minimização do dano associado ao tecido ósseo e tecidos circundantes. A crescente utilização deste processo na medicina despertou a atenção da comunidade científica para os possíveis problemas decorrentes da utilização inadequada de determinados parâmetros de furação. As forças aplicadas durante o processo e o atrito gerado entre a ferramenta de corte e o tecido ósseo provocam um inere aumento da temperatura, assim como o aparecimento de microfissuras que diminuem significativamente a resistência do tecido ósseo [6, 7]. A extensão dos danos (térmico e mecânico) está diretamente relacionada com os parâmetros processuais selecionados. Apesar da evolução científica e tecnológica a que se tem assistido nos últimos anos, a falha de implantes e os problemas pós-operatórios associados ao processo de furação permanecem existentes [8, 9]. A maioria dos estudos encontrados na literatura dedicaram-se à medição das temperaturas geradas no tecido ósseo durante a furação, verificando-se uma falta de informação no que diz respeito à análise das deformações. O estudo comparativo de diferentes metodologias que ajudem a prever o comportamento do tecido ósseo quando sujeito a diferentes parâmetros processuais é essencial na previsão do dano e na melhoria deste processo. Atualmente, com o desenvolvimento dos meios computacionais tornou-se possível através da modelação numérica simular o comportamento dinâmico envolvido nos processos de furação. Na área da biomecânica tem-se verificado que o recurso à simulação numérica permite obter um grande número de soluções de forma rápida, reduzindo o número de ensaios experimentais necessários para a otimização dos processos [10, 11]. Além disso, a capacidade em utilizar geometrias complexas ou incorporar leis constitutivas não-lineares para traduzir o comportamento dos materiais constituem as grandes vantagens destes modelos.

O presente estudo teve como principal objetivo recorrer a metodologias experimentais e numéricas para analisar o campo de deformações, durante os processos de furação e observar o respetivo comportamento do tecido ósseo. Experimentalmente realizou-se um conjunto de ensaios em osso sintético (materiais em espuma de poliuretano rígidas) com propriedades similares às do osso cortical humano. A monitorização das deformações ao longo da furação foi realizada através da aplicação de vários extensómetros lineares colados na superfície das espumas de poliuretano. Com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes velocidades de rotação foram selecionados um conjunto de parâmetros constantes (geometria e material da broca, velocidade de avanço e profundidade dos furos) e três velocidades de rotação variáveis (600, 800 e 1200 r.p.m.). A realização dos testes experimentais permitiu a calibração de um modelo numérico dinâmico tridimensional, desenvolvido com base em métodos explícitos de integração. O modelo numérico é constituído por dois componentes principais (broca e bloco) respeitando as dimensões reais e parâmetros envolvidos nos testes experimentais. São ainda utilizados algoritmos de contacto e um critério de falha do material que permitem a remoção dos elementos com o avanço da ferramenta de corte. O modelo numérico desenvolvido permitiu a obtenção do campo de deformações, utilizando uma análise dinâmica não-linear através do programa de elementos finitos ANSYS®.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A análise do comportamento dinâmico envolvido na interação entre a ferramenta de corte e o tecido ósseo durante a furação exige o recurso a metodologias que permitam simular adequadamente o problema. As metodologias utilizadas neste estudo foram baseadas no desenvolvimento de um modelo numérico tridimensional calibrado e validado com resultados obtidos experimentalmente. A comparação direta dos resultados numéricos e experimentais permitiu avaliar as deformações induzidas pelo processo de furação no tecido ósseo.

2.1. Modelo Numérico

A simulação numérica e análise dinâmica do processo de furação foi realizada através de métodos diretos recorrendo a algoritmos explícitos. Assim, desenvolveu-se um modelo tridimensional constituído por

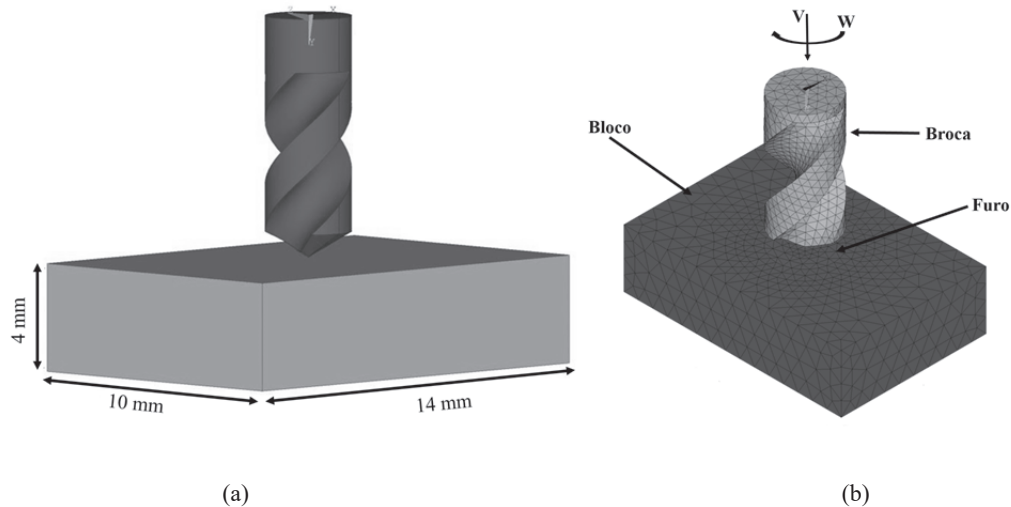


Fig. 1. Modelo de furação: (a) geometria do osso sintético; (b) malha de elementos finitos.

um bloco (representativo do osso sintético) e uma broca, ambos com dimensões reduzidas de forma a diminuir o esforço computacional. O modelo geométrico (bloco e broca) encontra-se representado na Fig. 1(a). O bloco foi construído com forma retangular (10x14x4 mm) e a broca apresenta uma geometria semelhante a uma broca convencional HSS ($\varnothing 4$ mm, ângulo de ponta de 118° e ângulo de hélice de 30°), reproduzindo a geometria da broca utilizada nos ensaios experimentais.

A análise dinâmica foi efetuada recorrendo a um programa de elementos finitos, o programa ANSYS®, com base no método de integração explícito. A modelação do modelo foi efetuada através de elementos sólidos (hexaedros) de 8 nós com os seguintes graus de liberdade em cada nó: translação, velocidade e aceleração nas direções x , y e z . Nesta fase, foram realizados testes de convergência de malha com o objetivo de avaliar a influência do tamanho do elemento sobre os resultados e o tempo de análise. A malha de elementos finitos do modelo é representada na Fig. 1(b), com um total de 20477 elementos finitos. Com base em estudos já realizados [12, 13] optou-se por uma discretização da malha igual na zona do Furo e da Broca (tamanho do elemento 0.5 mm) e no restante modelo do Bloco foi adotada uma malha com menor refinamento (elemento igual a 1 mm).

Para a simulação dinâmica do processo de furação foram incorporadas no modelo numérico condições de fronteira, representativas do processo de furação (velocidade de avanço, rotação e deslocamentos). O modelo de osso sintético foi fixo na face inferior em todas as direções e a broca com movimento ao longo do eixo longitudinal, com velocidade de avanço (V) e velocidade de rotação (W) impostas. Para a avaliação das diferentes velocidades de rotação foram efetuadas três simulações numéricas diferentes com valores de velocidades de 600, 800 e 1200 r.p.m., considerando sempre uma velocidade de avanço constante de 50 mm/min.

A análise do processo de furação aplicado no tecido ósseo sintético requer uma compreensão detalhada das propriedades do material. Neste estudo foram utilizados dois materiais com comportamento distinto. O Bloco e Furo foram assumidos com comportamento de material elástico-plástico, dependente da taxa de deformação e do critério de cedência do material. Este material foi implementado através do modelo de *Cowper-Symonds*, o qual está devidamente descrito e detalhado em artigos publicados pelos autores deste trabalho [10, 12, 13]. A Broca foi assumida como um corpo rígido de forma a reduzir o esforço computacional exigido neste tipo de simulações. Na tabela 1 encontram-se descritas todas as propriedades utilizadas nas simulações numéricas. As propriedades mecânicas do bloco foram obtidas através de ensaios de tração uniaxiais previamente descritos em estudos anteriores realizados pelos autores deste trabalho [12]. As restantes propriedades mecânicas foram retiradas da literatura [14-18].

Nos modelos numéricos com remoção de material, como é o caso do modelo de furação, é importante a definição de um critério de falha que permita a remoção dos elementos com o avanço da broca e desta forma simular a geração do furo durante o processo. Neste estudo utilizou-se o critério de erosão por falha

Tabela 1. Propriedades térmicas e mecânicas utilizadas no modelo numérico.

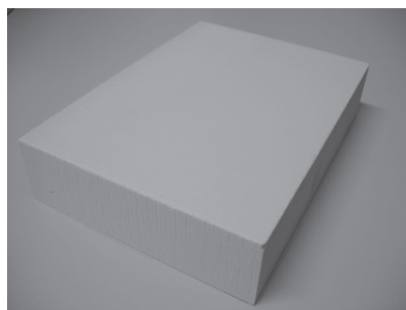
<i>Propriedades</i>	<i>Bloco/Furo</i>	<i>Broca</i>
Massa volúmica (kg/m ³)	800	7850
Módulo de elasticidade (GPa)	0.987	200
Coefficiente de <i>Poisson</i> ν	0.3	0.3
Tensão de cedência inicial (MPa)	22.59	
Módulo tangente (MPa)	0.91	
Parâmetro de endurecimento	0.1	
Constantes de <i>Cowper-Symonds</i>		
	C	2.5
	P	7
Critério de erosão, falha por deformação	0.05	

de deformação, ou seja, os elementos são eliminados da malha quando atingem um limite máximo de deformação estabelecido (tabela 1). Este critério permite simular a separação do material através de algoritmos já definidos e disponíveis no programa de elementos finitos [10]. A utilização deste critério de falha requer a aplicação de um algoritmo de contacto apropriado para a modelação do contacto entre o bloco e a broca. Neste estudo optou-se por um algoritmo de contacto entre superfícies com coeficiente de atrito estático igual a 0.3 [19].

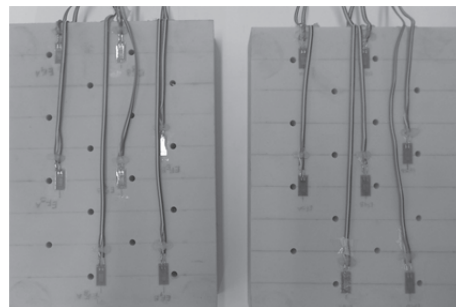
2.2. Modelo Experimental e Validação

A metodologia experimental utilizada permite validar o modelo numérico apresentado. Foi utilizado osso sintético, para simular o processo de furação em tecido ósseo humano, com base em espumas rígidas de poliuretano provenientes da empresa *Sawbones*[®] (Sawbones Pacific Research Laboratories, Vashon Island, WA, USA). Estes materiais apresentam propriedades semelhantes às do tecido ósseo humano (Fig. 2 (a)), exibindo uma variação pequena nas propriedades físicas e boa homogeneidade [18]. Além disso, permite reduzir a probabilidade de discrepância de resultados, quando comparado com a heterogeneidade do osso humano. As espumas selecionadas para este estudo apresentam uma estrutura em célula fechada, cuja percentagem varia entre 96 a 99% e massa volúmica de 0.8 g/cm³. Os dois blocos fornecidos pelo fabricante apresentam dimensões de 13x18x4 cm.

Para medir o estado de deformação à superfície das espumas de poliuretano foram utilizados vários extensómetros lineares (1-LY18-6/120, 120 Ω \pm 0.35%, HBM) com ligação a um sistema de aquisição de dados. As deformações medidas na superfície dos blocos foram sempre a uma distância de 3.5 mm entre o centro da grelha do extensómetro e a margem de cada furo. A Fig. 2 (b) apresenta os blocos instrumentados e as respectivas posições dos extensómetros lineares.



(a)



(b)

Fig. 2. (a) Osso sintético e (b) instrumentação.

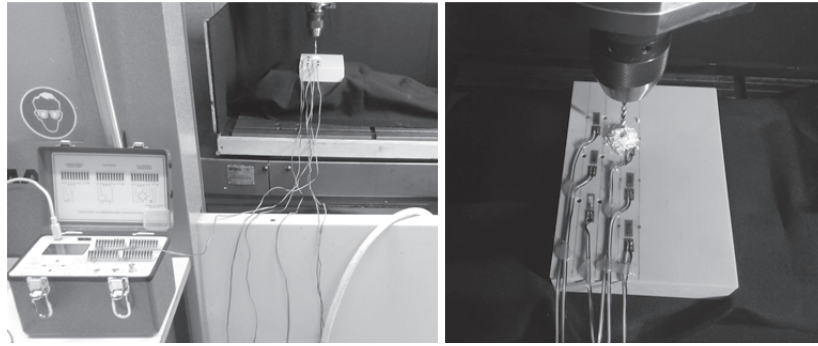


Fig. 3. Montagem experimental utilizada nos ensaios de furação.

Para realizar os ensaios de furação foi utilizada uma máquina CNC (*Computer Numerical Controller*) permitindo uma seleção precisa dos parâmetros (três velocidades de rotação: 600, 800 e 1200 r.p.m., velocidade de avanço constante de 50 mm/min e profundidade dos furos igual a 30 mm). A broca selecionada para efetuar os furos é uma broca HSS com 4 mm de diâmetro, 118° ângulo de ponta e 30° ângulo de hélice. A realização dos furos foi efetuada sem recurso a qualquer sistema de arrefecimento e à temperatura ambiente. A Fig. 3 apresenta a montagem experimental utilizada no estudo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados foi efetuada através da comparação entre os resultados experimentais e numéricos, de forma a obter a calibração do modelo numérico.

3.1. Resultados numéricos

Os resultados obtidos com base no modelo numérico são apresentados em função dos parâmetros de furação selecionados para esta análise. O estudo numérico envolveu um conjunto de simulações com o objetivo de avaliar o campo de deformações durante o processo de furação utilizando as 3 diferentes velocidades de rotação. Na Fig. 4 estão representadas as deformações equivalentes considerando as velocidades

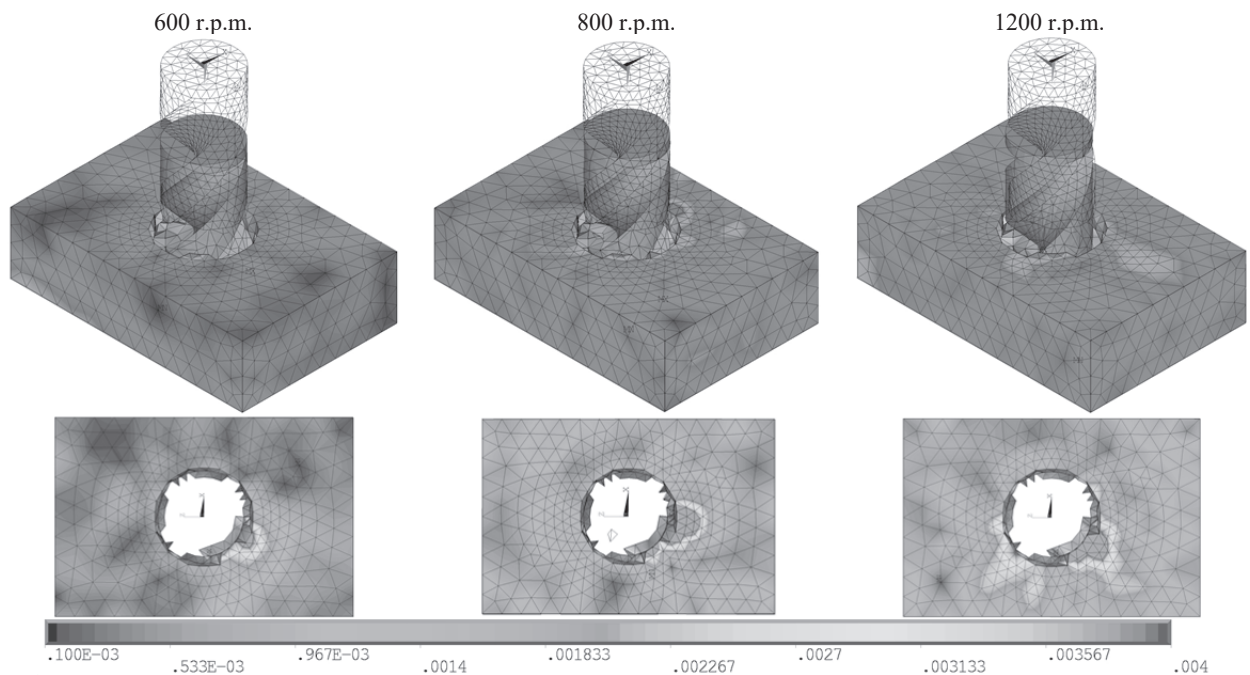


Fig. 4. Deformações equivalentes, função da velocidade de rotação.

de rotação (600, 800 e 1200 r.p.m.), velocidade de avanço de 50 mm/min e 4 mm de profundidade de furação. A deformação plástica equivalente é calculada conforme a Equação 1, função das componentes de deformação e do coeficiente de *Poisson*.

$$\varepsilon_{eq} = \frac{1}{\sqrt{2}(1+\nu)} [(\varepsilon_x - \varepsilon_y)^2 + (\varepsilon_y - \varepsilon_z)^2 + (\varepsilon_z - \varepsilon_x)^2 + \frac{3}{2}(\gamma_{xy}^2 + \gamma_{yz}^2 + \gamma_{xz}^2)]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Os resultados apresentados na Fig. 4 permitem concluir que existe um aumento gradual do campo de deformações à medida que a velocidade de rotação aumenta, considerando a velocidade de avanço constante. Para as 3 simulações, os maiores gradientes de deformação ocorrem nas paredes do furo e nas zonas próximas, diminuindo com o afastamento à zona de furação.

3.2. Resultados experimentais e validação do modelo numérico

A comparação entre os ensaios experimentais e numéricos foi efetuada através dos valores obtidos para a componente normal da deformação. Os registos efetuados pela extensometria permitiram obter valores da deformação normal numa direção. O modelo numérico permitiu obter valores nodais da componente de deformação normal para essa mesma direção Z (ε_{zz}) e posição, também na superfície do bloco, em 4 pontos nodais próximos da área coberta pelo extensómetro.

Nas Figuras 5 e 6 encontram-se representados os valores médios obtidos da componente de deformação normal (para ambos os métodos) com a indicação respetiva do número (n) de registos efetuados, para diferentes instantes de tempo e considerando os 4 mm de profundidade de furação, respetivamente.

Comparando os resultados experimentais com os numéricos destaca-se novamente o efeito da velocidade de rotação. Ao longo da furação (Fig. 5) e para 4 mm na profundidade de furação (Fig. 6) existe um aumento das deformações em função do aumento da velocidade de rotação. Para a velocidade de rotação máxima (1200 r.p.m.) observou-se um aumento da deformação de 41.45% em relação à velocidade mínima (600 r.p.m.). Independentemente do valor da velocidade de rotação utilizada, verifica-se através da Fig. 5, que as deformações na superfície do bloco começam por apresentar valores mais baixos no início da furação e ao longo do tempo vão aumentando, apresentando o valor máximo quando a ferramenta de corte atinge a profundidade pretendida. Este comportamento é perceptível quando analisadas as curvas experimentais considerando a profundidade de 30 mm do furo.

Na Fig. 7 encontram-se três curvas obtidas experimentalmente que demonstram o registo das deformações no tempo total de furação, durante a execução de três furos distintos a velocidades de rotação diferentes (600, 800, 1200 r.p.m.). Considerando a velocidade de avanço igual a 50 mm/min, no final de 36 s

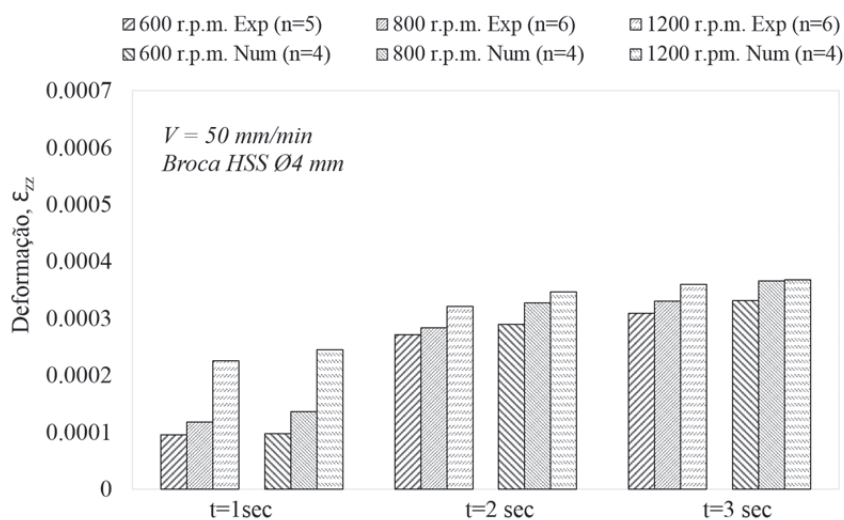


Fig. 5. Deformação normal média ε_{zz} para diferentes instantes de tempo.

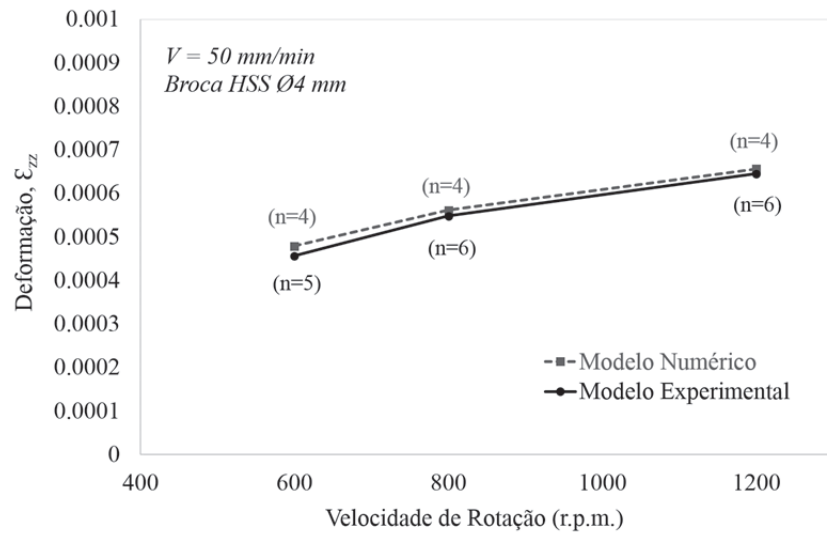


Fig. 6. Deformação normal média ϵ_{zz} obtida para a profundidade de furação de 4 mm.

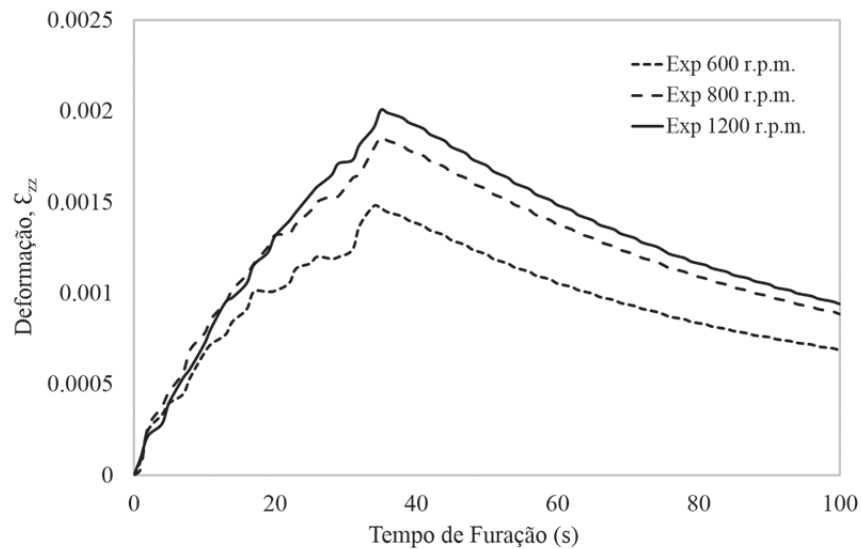


Fig. 7. Variação das deformações, função da velocidade de rotação e tempo total na furação.

a broca atinge os 30 mm de furação. Para as velocidades de rotação em estudo, verifica-se que a partir desse instante de tempo, as deformações começam a diminuir gradualmente até ao instante de tempo total, coincidindo com a retirada da broca e a estabilização dos extensómetros.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado teve como principal objetivo o desenvolvimento de uma metodologia, de base experimental e numérica, para quantificar o efeito da furação em tecido ósseo, utilizando um material sintético com as mesmas características. Nesta análise foram utilizadas diferentes velocidades de rotação, mantendo os restantes parâmetros e geometria da ferramenta de corte constantes. Foram monitorizadas as deformações geradas durante a furação em espumas de poliuretano com propriedades semelhantes às do osso humano. O modelo numérico desenvolvido representa a geometria do bloco e da broca, bem como todos os parâmetros envolvidos no processo de furação. Trata-se de um modelo dinâmico elástico-plástico calibra-

do e validado com os resultados experimentais obtidos. Os resultados obtidos demonstraram que para velocidades de rotação menores há uma redução do campo de deformações gerado no osso sintético. Estes resultados permitiram reforçar que a influência deste parâmetro de furação, tem um papel importante no sucesso de cirurgias que envolvam a furação do tecido ósseo. Além disso, em todas as simulações verificou-se sempre uma maior concentração das deformações junto às paredes do furo e vizinhança, diminuindo com o afastamento desta zona. Por último, também se observou que as deformações registadas aumentam com o avanço da penetração da broca, atingindo o valor máximo quando termina a furação. Após terminar o furo, as deformações diminuem gradualmente. Os resultados de deformação obtidos através do modelo numérico apresentaram boa concordância com os resultados experimentais, permitindo a validação do modelo desenvolvido. Este estudo evidencia a necessidade de uma seleção adequada dos parâmetros de furação e o desenvolvimento de metodologias que permitam garantir o sucesso destes procedimentos cirúrgicos. No entanto, o efeito da temperatura libertada durante o processo de furação poderá contribuir para um ligeiro aumento no campo de deformações no osso sintético. Como trabalhos futuros, os autores sugerem a inclusão do efeito térmico em adição ao modelo numérico agora calibrado, de forma a completar trabalhos experimentais já realizados, da determinação de temperaturas no interior do bloco e na ferramenta, durante o processo de furação.

REFERÊNCIAS

- [1] Mac Avelia, T., Salahi, M., Olsen, M., Crookshank, M., Schemitsch, E.H., Ghasempoor, A., Janabi-Sharifi, F., Zdero, R., “Biomechanical measurements of surgical drilling force and torque in human versus artificial femurs”, *Journal of Biomechanical Engineering*, **134**(12), 124503-124511 (2012)
- [2] Knight, W.A., Boothroyd, G., *Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools*, Third Edition, CRC Taylor & Francis (2005)
- [3] Fernandes, M.G.A., Fonseca, E.M.M., Barbosa, M.P., Natal, R.M., “Análise biomecânica das fraturas diafisárias do fémur (Tipo B) utilizando uma haste intramedular”, *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica*, **19**(1), 41-48 (2015)
- [4] Fernandes, I., Fonseca, E.M.M., Natal, R.M., “Prótese de Joelho sob Carga Assimétrica”, *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica*, **21**(1), 53-62 (2017)
- [5] Sampaio, C.S.T., Fonseca, E.M.M., Cerqueira, R., Ferreira, N., “Avaliação térmica provocada pela furação no tecido ósseo”, *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica*, **20**(1), 49-59 (2016)
- [6] Hillery, M.T., Shuaib, I., “Temperature effects in the drilling of human and bovine bone”, *Journal of Materials Processing Technology*, 92-93, 302-308 (1999)
- [7] O'Brien, F.J., Taylor, D., Lee, T.C., “The effects of bone microstructure on the initiation and growth of microcracks”, *Journal of Orthopaedic Research*, **23**(2), 475-480 (2005)
- [8] Piattelli, A., Piattelli, M., Mangano, C., Scarano, A., “A histologic evaluation of eight cases of failed dental implants is bone overheating the most probable cause?”, *Biomaterials*, **19**(7-9), 683-690 (1998)
- [9] Augustin, G., Davila, S., Mihoci, K., Udiljak, T., Vedrina, D.S., Antabak, A., “Thermal osteonecrosis and bone drilling parameters revisited”, *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, **128**(1), 71-77 (2008)
- [10] Azevedo, L.D., Fernandes, M.G.A., Fonseca, E.M.M., Natal, R.M., “Análise de Tensões em Materiais Sólidos de Espumas de Poliuretano Rígidas Sob Furação”, *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica*, **20**(2), 35-43 (2016)
- [11] Fonseca, E.M.M., Barreira, L.M.S., “Metodologia numérica e experimental na avaliação da resistência femoral”, *Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica*, **17**(1), 81-88 (2013)
- [12] Fernandes, M.G., Natal, R., Fonseca, E.M.M., “Three-dimensional dynamic finite element and experimental models for drilling processes”, *Journal of Materials: Design and Applications*, 1-9 (2015)
- [13] Fernandes, M.G., Natal, R., Fonseca, E.M.M., “Thermo-mechanical stresses distribution on bone drilling: Numerical and experimental procedures”, *Journal of Materials: Design and Applications*, 1-10 (2017)
- [14] Fonseca, E.M., Magalhães, K., Fernandes, M.G.A., Barbosa, M.P., Sousa, G., “Numerical Model of Thermal Necrosis due a Dental Drilling Process”, In: II International Conference on Biodental Engineering, Natal Jorge et al (Eds), Taylor & Francis Group, London, CRC Press 2013, 69-73 (2014)

- [15] Huang, C., Lui, Y.C., Chen, Y.C., “Temperature rise of alveolar bone during dental implant drilling using the finite element simulation”, *Life Science Journal*, 7, 68-72 (2010)
- [16] Ranu, HS., “The thermal properties of human cortical bone: an in vitro study”, *Eng Med*, 16, 175-176 (1987)
- [17] Li, Z., Kindig, M.W., Kerrigan, J.R., Untaroiu, C.D., Subit, D., Crandall, J.R., Kent, R.W., “Rib fractures under anterior-posterior dynamic loads: Experimental and finite-element study”, *Journal of Biomechanics*, 43(2), 228-234 (2010)
- [18] Sawbones-Worldwide Leaders in Orthopaedic and Medical Models. www.sawbones.com. Accessed 27 May 2017.
- [19] Mellal, A., Wiskot, H.W., Botsis, J., Scherrer, S., Belser, U.C., “Stimulating effect of implant loading on surrounding bone. Comparison of three numerical models and validation by in vivo data”, *Clinical Oral Implants Research*, 15, 239-24 (2004)

STRAIN EVALUATION IN SYNTHETIC BONE DURING A DRILLING PROCESS

Abstract – Given the growing increase of the ageing population in the recent years, the drilling technique is nowadays one of the most surgical procedures used in medicine. As an essential method in the treatment of bone fractures, as well as, in the dental implants placement, it has become essential to use the appropriate drilling parameters, ensuring the absence of bone damage. The development of methodologies that allow to evaluate and to help on the success of these procedures has become a challenge for the scientific community. The present work aims to evaluate the strain field generated in the bone tissue under a drilling process using a synthetic bone material from Sawbones®. A finite element model is presented and allows to simulate the drilling process. The model was calibrated through experimental tests to measure the strain field on the synthetic bone surface of Sawbones®, characterized as a polyurethane foam with similar properties to the human cadaveric bone. This study allowed the comparison between numerical and experimental results in order to calibrate the numerical model, as a future tool to be used in drilling process. The drilling parameters selected for this study consist in the use of three different drill speeds, keeping constant the parameters related to the feed speed, drilling depth and drill bit used. The results allowed to conclude that the increase of drill speed leads to an increase of the strain during the drilling. The most critical zones are always in the wall hole and in the vicinity zones. The strains tend to increase along the drilling, reaching the maximum value at the end of the process. Experimental and numerical results show the importance of the appropriate selection of drilling parameters to minimize the damage caused by the process itself.

Keywords – Drilling, Strain, Synthetic bone, Strain gauge, Finite elements.

