

AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA NA BROCA E NO OSSO NA FURAÇÃO, MÉTODOS EXPERIMENTAL E CLÍNICO

TEMPERATURE ASSESSMENT ON THE DRILL BIT AND THE BONE, CLINICAL AND EXPERIMENTAL METHODS

C. S. T. Sampaio¹, E. M. M. Fonseca², R. Cerqueira³

¹ Tecnologia Biomédica, Instituto Politécnico de Bragança

² Escola Superior de Tecnologia e de Gestão, Instituto Politécnico de Bragança

³ Rui Cerqueira Médico-Dentista



RESUMO

Este trabalho tem como objetivo avaliar a temperatura gerada no tecido ósseo durante a furação. Foram realizadas visitas a uma clínica para acompanhamento da técnica de implantologia dentária e recolha de imagens termográficas para a leitura da temperatura gerada na broca durante o processo de furação. Simultaneamente foi adotado um procedimento experimental, em quatro blocos de Sawbones com propriedades similares às do osso cortical e trabecular, e diferentes densidades. Os resultados obtidos permitem concluir que um material mais denso atinge maiores valores de temperatura durante um processo de furação, ou seja, a densidade do osso é diretamente proporcional à temperatura. Em relação às temperaturas verificadas na broca, o maior aquecimento é registado na furação de ossos mais densos. Na prática clínica os valores médios de temperatura da broca são inferiores aos realizados na experiência laboratorial, pois o processo ocorre com irrigação de fluidos.

ABSTRACT

This work aims to evaluate the generated temperature in bone tissue during a drilling process. Different clinic visits were carried out to follow-up a dental implantology and collected thermographic images for reading the temperature generated during the drilling. Simultaneously an experimental procedure was adopted with the acquisition of four blocks of Sawbones with similar properties to the trabecular and cortical bone and different densities. The obtained results allow to conclude that a denser material reaches highest values of temperature during a drilling process, namely, bone density is directly proportional to the temperature. In relation to temperatures recorded in the drill, the largest heating is recorded in drilling of denser bones. At the clinic, the average values of temperature are lesser when compared to the drill conducted in laboratory, because the process occurs with fluids irrigation.

1. INTRODUÇÃO

A ciência e a tecnologia aplicadas à saúde têm por objetivo melhorar a qualidade de vida dos seres humanos. Na colocação de implantes dentários as principais variáveis que interferem no processo de furação do osso são: a

velocidade, o material, o diâmetro, o comprimento e a geometria da ponta da broca (Fonseca et al. 2014; Fonseca et al. 2013; Monteiro et al. 2013). Há vários estudos de investigação sobre a forma de evitar efeitos nefastos na estrutura óssea do paciente.

A pesquisa de Hillery apoiou as conclusões anteriores de Lundskog destacando que a necrose pode ser induzida se o osso for exposto mais de 30s a temperaturas superiores a 50°C (Hillery *et al.* 1999). Em geral, a literatura indica que se a temperatura sobe acima de 55°C, num período superior a 1,5 minutos, serão necessárias várias semanas para que um novo processo de regeneração óssea ocorra (Sousa 2009).

No processo de furação coloca-se a questão da necessidade, ou não, de processos de irrigação. Augustin *et al.* (Augustin 2008), em 2008, estudaram a osteonecrose térmica e os parâmetros da furação do osso. O seu estudo tinha como objetivo avaliar a influência dos diferentes parâmetros de furação com o aumento da temperatura do osso. Com este estudo foi possível averiguar que na utilização de irrigação externa foram obtidas temperaturas mais baixas, não atingido a temperatura crítica ($T > 55^{\circ}\text{C}$). Sem irrigação externa, a temperatura para a mesma combinação de parâmetros variou entre 31,4-55,5°C. Quando foi utilizada a broca com um diâmetro de 4.5mm e com velocidades mais elevadas foram registadas temperaturas acima do valor crítico. Quanto maior for a velocidade de avanço menor o aumento da temperatura no osso. Assim, foi-lhes possível concluir que a irrigação externa é o fator mais importante de arrefecimento. O aumento no diâmetro e na velocidade da broca provocaram um aumento na temperatura do osso. Segundo Salgueiredo *et al.* (Salgueiredo 2009), o uso de processos de irrigação podem levar a uma diminuição da temperatura no osso até 4°C.

Este trabalho tem como objetivo avaliar as temperaturas desenvolvidas em tecidos ósseos devido a processos de furação, e a ocorrência ou não de necrose térmica. Foi efetuado o acompanhamento de pacientes durante a colocação de implantes dentários, para a recolha de imagens termográficas. Foram também utilizados métodos experimentais em laboratório com base na termografia e utilização de termopares

durante o processo de furação em materiais ósseos diferentes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Componente Clínica

Os profissionais de saúde dentária que realizam o processo de furação para a colocação de um implante dentário seguem um protocolo na utilização das brocas necessárias. Essas brocas têm um comprimento e diâmetros específicos dependendo do diâmetro e comprimento do implante.

O procedimento utilizado na clínica que colaborou neste estudo segue a seguinte orientação: primeiro é efetuada uma marcação do ponto da perfuração utilizando-se uma broca designada por lança; seguidamente são realizadas algumas perfurações com brocas helicoidais com diferentes diâmetros, dependendo da área da mandíbula/maxila de cada paciente; após a realização do furo é colocado o implante. A velocidade de rotação é de 800 rpm e o local da mandíbula/maxila com furação é irrigado com soro fisiológico à temperatura ambiente.

Durante o estudo clínico foi utilizada uma câmara termográfica para medição da temperatura na broca durante a furação. A Fig. 1 representa um exemplo dessas imagens.

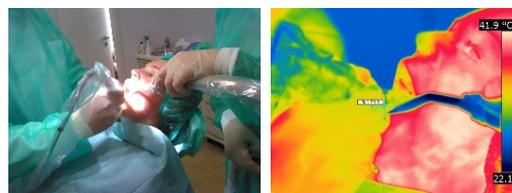


Fig. 1 – Clínica dentária e termografia.

Na Tabela 1 estão representadas as temperaturas obtidas na broca durante o acompanhamento a três pacientes. Da sua análise pode verificar-se que a temperatura na broca nunca foi superior a 33,0°C. Considerando que a temperatura gerada no osso não é superior à temperatura na broca,

Tabela 1: Valores da temperatura da broca em °C.

Paciente 1	Paciente 2	Paciente 3
29,7	28,5	30,9
29,8	30,0	30,7
32,4	30,1	33,0
30,7	29,4	31,2
	30,3	30,0
	31,1	32,5
	31,0	30,4
		32,3
		30,2
		30,7
		31,5

conclui-se que em nenhum caso ocorreu necrose térmica.

2.2 Componente Experimental

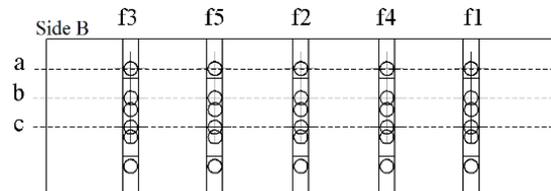
Neste estudo e para a componente experimental em laboratório foram utilizados quatro blocos da Sawbones; um computador, um sistema de aquisição de dados MGC Plus, termopares tipo K, uma câmara de filmar, uma câmara termográfica e uma máquina CNC, programada para a furação dos blocos. As brocas utilizadas pela CNC possuem um ângulo de 118°, uma vez que na literatura é afirmado que as temperaturas mais baixas são geradas por brocas com este valor (Basiaga et al. 2011). Os quatro blocos da Sawbones possuem propriedades similares às do osso (cortical C ou trabecular T) com diferentes densidades (+D e -D), Fig. 2.

**Fig. 2** – Blocos da Sawbones (C+D,C-D,T+D,T-D).

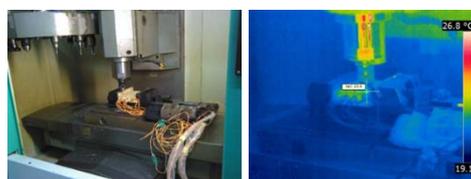
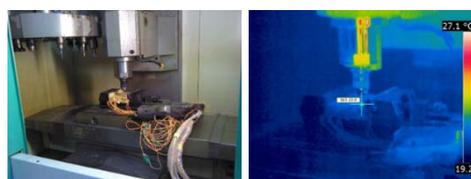
Relativamente às densidades dos materiais, o cortical mais denso possui 800 kg/m³ e o menos denso 80 kg/m³. Quanto ao trabecular, o mais denso possui uma densidade de 320 kg/m³ e o menos denso 120 kg/m³.

Foi elaborado um desenho CAD em SolidWorks, com todas as indicações a serem utilizadas durante o processo de furação na máquina CNC, Fig. 3. Em cada bloco, (Lado B) são efetuadas 5 furações mas para diferentes passagens de brocas.

Na Fig. 3 apresenta-se um desenho esquemático dos lados dos blocos (Lado B) onde a, b e c representam os furos laterais para a colocação de termopares e f1, f2, f3, f4 e f5 representam a ordem da furação durante o processo.

**Fig. 3** – Esquema dos lados dos blocos.

A câmara termográfica possibilitará analisar a temperatura da broca durante o processo de furação e os termopares registrarão os valores da temperatura nos diferentes materiais e em diferentes posições. Nas figuras seguintes é possível visualizar as imagens das furações e termográficas.

**Fig. 4** – Furação no material C+D e termografia.**Fig. 5** – Furação no material C-D e termografia.**Fig. 6** – Furação no material T+D e termografia.**Fig. 7** – Furação no material T-D e termografia.

2.2.1 Análise da temperatura na broca

Com a utilização da câmara termográfica foram registados os valores da temperatura nas brocas à superfície, após a furação, na saída do bloco.

Na Tabela 2, encontram-se o número de amostras, a média e o desvio-padrão dos valores das temperaturas nas diferentes brocas obtidas durante a furação dos diferentes materiais.

Tabela 2: Temperaturas das brocas nas três fases de furação (Lado B), função de (N), $M \pm DP$.

Material	Diâmetro da Broca (mm)		
	ϕ 2	ϕ 3	ϕ 4
	(5)	(5)	(5)
C+D	45,34 \pm 2,18	43,56 \pm 2,71	56,52 \pm 2,32
	(5)	(5)	(5)
C-D	22,44 \pm 0,19	22,58 \pm 0,51	23,24 \pm 0,77
	(5)	(5)	(5)
T+D	25,52 \pm 1,24	26,10 \pm 1,35	28,00 \pm 1,62
	(5)	(5)	(5)
T-D	23,20 \pm 0,65	23,34 \pm 0,98	24,96 \pm 1,10

Nota: N=nº de amostras; M=Média; DP=Desvio-Padrão.

Analisando os valores da média verifica-se que para o material “C+D” a temperatura mais elevada registou-se na utilização da broca com um diâmetro de 4mm, seguindo-se a de 2mm e por último a broca com 3mm. Quanto ao material C-D a broca com um diâmetro de 4mm obteve novamente a temperatura mais alta, contudo a broca com 3mm registou uma temperatura ligeiramente superior à broca com um diâmetro de 2mm. Relativamente ao material T+D, o comportamento foi semelhante ao C-D mas com valores superiores, ou seja, a broca com 4mm obteve uma temperatura superior à broca com 3mm e esta temperatura superior à broca de 2mm. O material T-D também obteve um comportamento similar ao material C-D embora com temperaturas ligeiramente superiores, a broca com 4mm registou a temperatura mais elevada

segundo-se a broca de 3mm e posteriormente a de 2mm.

De uma forma geral, é possível afirmar que a temperatura mais elevada regista-se quando se utiliza uma broca com 4mm.

Observando a Tabela 2 pode-se verificar que quanto mais denso é o material maiores são os valores da temperatura nas brocas. Num material mais denso o esforço durante a furação é superior comparativamente a um material menos denso. Quanto à estrutura do material, esta também está relacionada com a produção ou não de apara, sendo que no caso em questão o material mais denso não possui cavidades pelo que existe maior quantidade de apara em comparação aos materiais trabeculares.

Relativamente ao desvio-padrão, verifica-se que este possui valores mais elevados no material C+D. Observa-se também que comparando os diferentes materiais em relação ao diâmetro da broca os valores do desvio-padrão variam em concordância com a densidade, sendo que possui valores superiores no material “C+D” seguindo-se o material T+D, T-D e por fim o material C-D.

2.2.2 Análise da temperatura no osso

A utilização de termopares possibilitou a leitura e o registo da temperatura gerada no material. Conforme o esquema apresentado na Fig. 3, os termopares foram colocados a diferentes distâncias do furo principal. Nas figuras seguintes apresentam-se os resultados obtidos com os termopares considerando o Lado B do bloco que contempla as 3 passagens de furação.

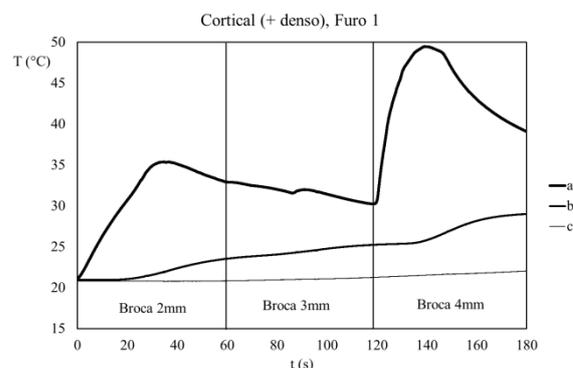


Fig. 8 – Material C+D, Lado B.

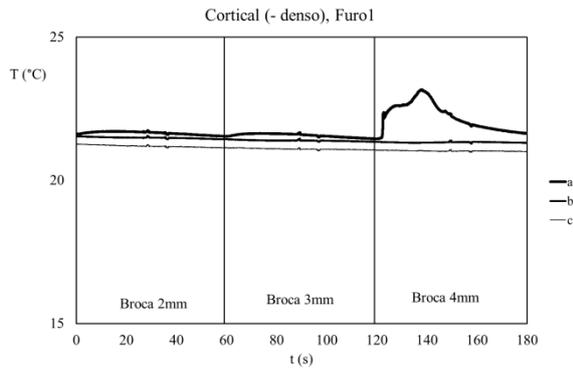


Fig. 9 – Material C-D, Lado B.

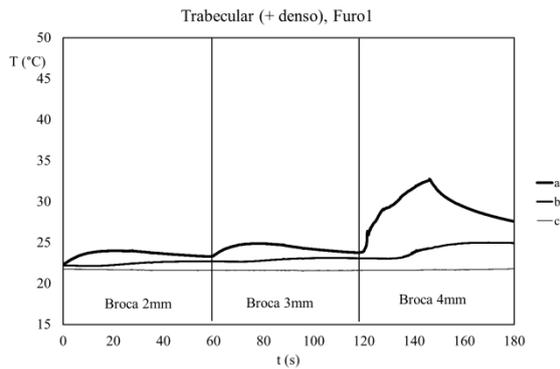


Fig. 10 – Material T+D, Lado B.

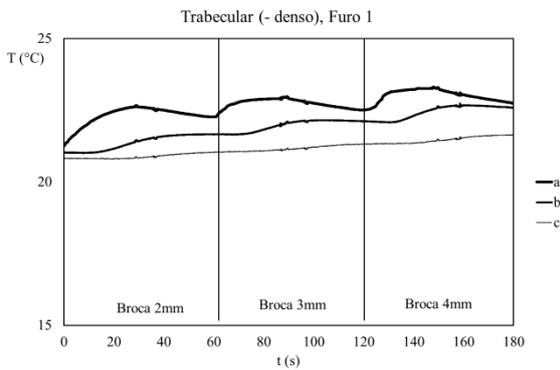


Fig. 11 – Material T-D, Lado B.

Analisando as Fig. 8 a 11 é possível verificar que o material que regista os valores mais elevados de temperatura é o material C+D, seguindo-se o material T+D, T-D e por último o C-D.

É possível observar que, para o material C+D, a temperatura mais elevada foi registada aquando a utilização da broca de 4 mm, seguindo-se a de 2mm e a de 3mm. Para os restantes materiais as maiores temperaturas foram registadas aquando da utilização da broca de 4mm sendo que nestes casos com a utilização das brocas de 2 e 3mm os valores da temperatura são

ligeiramente idênticos. O facto das temperaturas mais elevadas estarem relacionadas com a broca com um maior diâmetro poderá estar relacionado com um aquecimento proporcionado pelas brocas utilizadas anteriormente.

2.2.3 Comparação entre os métodos

Para a comparação entre os dois métodos experimentais utilizados foram obtidos gráficos com o comportamento da temperatura, quer na broca quer no osso, para as diferentes densidades dos materiais. Para proceder ao registo da temperatura na broca foram considerados os valores à saída da broca que foram obtidos com a câmara termográfica. Relativamente à temperatura no osso esta foi obtida com os termopares, efetuando-se a média das temperaturas das posições a, b e c, sendo que a distância máxima é de 5,5 mm (Fig. 3).

Analisando os gráficos referentes aos materiais com maiores densidades, Fig. 12 e Fig. 13, C+D e T+D, com densidades de 800 e 320 kg/m³ respetivamente, verifica-se que possuem um comportamento idêntico.

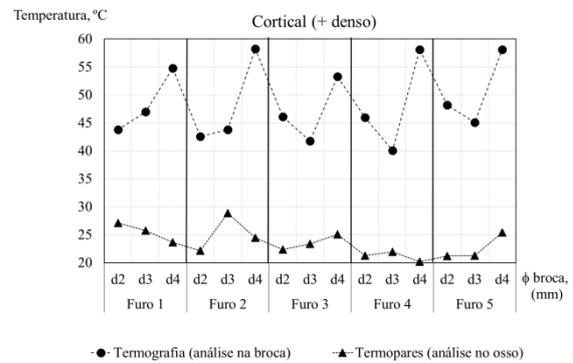


Fig. 12 – Comparação dos métodos para o material C+D.

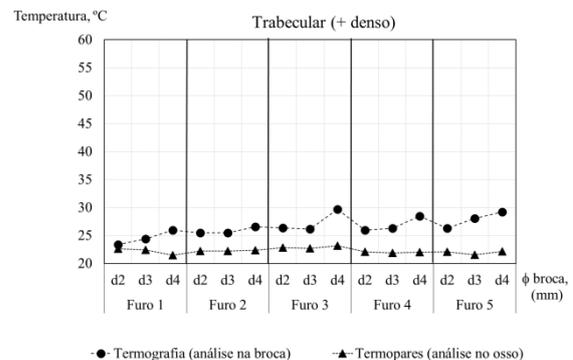


Fig. 13 – Comparação dos métodos para o material T+D.

Contudo no cortical mais denso foram registadas temperaturas superiores comparativamente ao trabecular mais denso.

Relativamente aos materiais com menor densidade, Fig. 14 e Fig. 15, também se verifica um comportamento semelhante. O C-D possui uma densidade de 80 kg/m^3 enquanto o T-D tem uma densidade de 120 kg/m^3 .

Analisando as Fig.12 a 15 verifica-se que a temperatura na broca é quase sempre superior à temperatura no material ósseo. Apenas no caso do material C-D, furo 5 com um diâmetro de 4mm é que tal facto não acontece, provavelmente porque houve erro na leitura dos termopares.

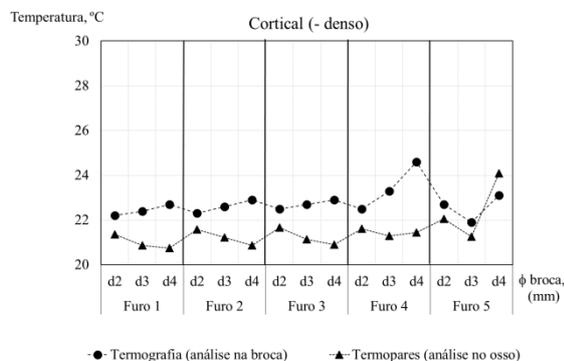


Fig. 14 – Comparação dos métodos para o material C-D.

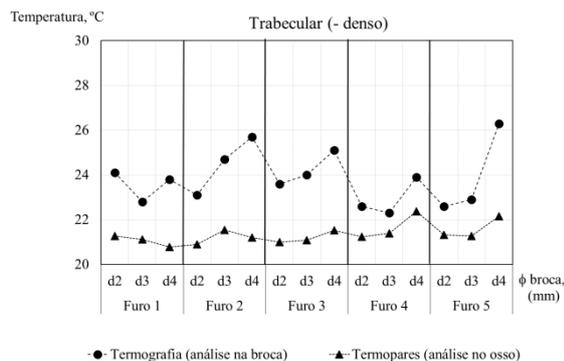


Fig. 15 – Comparação dos métodos para o material T-D.

3. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos na clínica dentária mostram que com o uso de irrigação e a combinação de diferentes parâmetros de furação, não ocorreu necrose térmica uma vez que a temperatura não excedeu os 33°C .

Atendendo à componente experimental é possível concluir que a temperatura na broca aumenta consoante a densidade e a estrutura do material, ou seja, se o material for mais denso a temperatura na broca é mais elevada do que no material menos denso. Se o material possuir cavidades na sua estrutura a temperatura na broca não é tão alta como no material compacto. Relativamente à avaliação da temperatura no material conclui-se que o material C+D possui os maiores valores de temperatura, seguindo-se o material T+D, T-D e por último o C-D.

Comparando os dois métodos utilizados é possível observar que a temperatura na broca é sempre superior à temperatura no material desprezando o erro na leitura dos termopares no material C-D.

Analisando a temperatura das brocas nos casos obtidos na clínica dentária é possível verificar que a temperatura média da broca possui o valor de 30.64°C . O osso é constituído pela parte cortical e trabecular, assim sendo fazendo a média dos valores médios da temperatura nos materiais cortical e trabecular mais densos obtém-se o valor de 37.51°C na componente experimental. Assim, conclui-se que há uma diferença de aproximadamente 7°C entre os valores obtidos na clínica e na componente experimental. Esta diferença deve-se ao facto de na clínica serem utilizados processos de irrigação.

Atendendo aos dados fornecidos pela câmara termográfica e ao tratamento dos resultados obtidos com os termopares pode-se concluir que em nenhum material ocorreu necrose térmica, uma vez que a temperatura no material nunca foi superior a 50°C .

REFERÊNCIAS

- Augustin, G. et al. 2007. Thermal osteonecrosis and bone drilling parameters revisited, Springer.
- Basiaga, M., Paszenda, Z., Szewczenko, J. e Kaczmarek, M. 2011. Numerical and experimental analyses of drills used in

- osteosynthesis, Acta of Bioengineering and Biomechanics, vol. 13.
- Fonseca, E., Magalhães, K., Fernandes, M., Barbosa, M., Sousa, G. 2014. Numerical Model of Thermal Necrosis due a Dental Drilling Process, In Natal Jorge et al (Eds), Biodental Engineering II, Taylor & Francis Group: 69-73.
- Fonseca, E.M.M., Magalhães, K., Fernandes, M.G., Sousa, G., Barbosa, M.P. 2013. The Assessment of the Thermal Necrosis due a Drilling Dental Process With or Without Irrigation, IEEE 3rd Portuguese Meeting in Bioengineering (ENBENG): 157-159.
- Hillery, M.T. et al. 1999. Temperature effects in the drilling of human and bovine bone, Journal of Materials Processing Technology, p. 302-308.
- Monteiro, D.C.A., Fonseca, E.M.M, Barreira, L.M.S., Magalhães, K., 2013. Metodologia para Determinação da Necrose Térmica por Furação num Modelo 3D de uma Mandíbula Humana. In Renato Natal et al (Eds), Actas do 5º Congresso Nacional de Biomecânica: 217-221.
- Salgueiredo, E. et al. 2009. CVD micro/nanocrystalline diamond (MCD/NCD) bilayer coated odontological drill bits, Diamond and Related Materials, p. 264-270.
- Sousa, P.F.B.D. 2009. Estudos de processos térmicos decorrentes da usinagem: aplicação de problemas inversos em furação, Tese de Doutorado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil.