

ANÁLISE DA TOPOGRAFIA DE IMPLANTES DENTÁRIOS COM SUPERFÍCIES FUNCIONAIS

Barbosa, T. P., Universidade Federal de Uberlândia, tircispb@gmail.com

Pinto, P. H. C., Universidade Federal de Uberlândia, pedro.h.171@hotmail.com

De Mello, J. D. B., Universidade Federal de Uberlândia, ltm-demello@ufu.br

Costa, H. L., Universidade Federal de Uberlândia, ltm-henara@ufu.br

Resumo. Os implantes dentários são submetidos a diferentes biosistemas, de forma que o desempenho biológico destes componentes depende da interação entre o material do implante e o sistema vivo. Três características da superfície dos biomateriais utilizados nos implantes são tidas como relevantes no processo de formação óssea: composição química, energia da superfície e topografia superficial. A rugosidade da superfície possui influência na migração e proliferação celular sendo que muitas avaliações demonstram que implantes com superfície rugosa possuem melhor aposição óssea e contato osso-implante que implantes com superfícies lisas. O objetivo deste estudo foi caracterizar a topografia de superfície de um tipo de implante de titânio disponível comercialmente produzido pelo mesmo fabricante, os quais tiveram a sua superfície modificada por dois métodos diferentes: duplo ataque ácido e um novo método denominado duplo ataque ácido e nano. Para caracterizar a topografia da superfície foi utilizada interferometria laser. Foi proposto também uma nova metodologia de utilização da interferometria a laser para a medição da superfície de implantes dentários com ângulos internos de rosca maiores que 70°.

Palavras chave: implantes dentários, rugosidade, osseointegração, interferometria a laser

1. INTRODUÇÃO

Implantes com superfícies funcionais possuem superfícies modificadas em função de melhorar a osseointegração, o que pode ser feito por alterações de composição química, microestrutura ou topografia superficial. Em particular, a topografia da superfície pode ter um efeito direto na resposta biológica do osso, de forma que muitas avaliações demonstraram que implantes com superfície rugosa possuem melhor aposição óssea e contato osso-implante que implantes com superfícies lisas (Buser *et al.*, 1999).

A maioria dos implantes clínicos disponíveis tentam imitar a estrutura hierárquica dos ossos pela incorporação de alguns tipos de modificações superficiais na escala micro, e mais recentemente, se tem tido uma combinação de características superficiais micro e nano (Wennerberg *et al.*, 2013). Albrektsson e colaboradores foram os pioneiros no conceito de um possível papel do acabamento da superfície sobre a resposta biológica a um implante (Albrektsson *et al.*, 1981). Desde então, têm sido feitos enormes esforços para obter uma visão mais profunda sobre o papel da topografia da superfície para a formação óssea.

A topografia de superfície consiste em forma, ondulação e rugosidade. Implantes dentários do tipo parafuso possuem roscas com vales profundos, o que torna difícil a avaliação da topografia destes componentes por equipamentos convencionais tipo perfilômetros de contato devido ao movimento vertical limitado da ponteira e o raio da ponta do apalpador, que embute erros de medição (Vercaigne *et al.*, 1998). A vantagem dos sistemas óticos de não possuírem contato os tornam atrativos para a pesquisa de biomateriais (não são destrutivos). Em geral, estes dispositivos também são mais rápidos e possuem melhor resolução do que os sistemas mecânicos. Alguns interferômetros comerciais possuem a limitação de não conseguirem medir superfícies com baixa refletividade e ângulos de inclinação elevados (Thomas, 1999).

Os parâmetros de rugosidade são utilizados para descrever numericamente as irregularidades da superfície. Em relação aos parâmetros de rugosidade para a caracterização 3-D, o trabalho de Stout *et al.* (2000) é tido como guia e ganhou aceitação internacional na área de metrologia. Por outro lado, a rugosidade de superfície pode variar de acordo com a localização do implante, logo, em implantes tipo parafuso é necessário a medição da topografia de superfície em três regiões da rosca: flanco, topo e fundo (Wennerberg e Albrektsson, 2000; Naves *et al.*, 2015).

A maioria dos estudos achados na literatura em relação à topografia de superfície de implantes dentários usando diferentes métodos de modificação de superfície ainda é realizado em discos de titânio, ao invés dos próprios implantes, a fim de facilitar a análise metodológica (Rosa *et al.*, 2012). Além disso, muitos estudos fornecem informações limitadas da topografia, em geral apresentando apenas a rugosidade média (Ra ou Sa).

O objetivo deste estudo foi caracterizar a topografia de superfície de um tipo de implante de titânio disponível comercialmente produzido pelo mesmo fabricante, os quais tiveram sua superfície modificada por dois métodos diferentes: duplo ataque ácido e um novo método denominado duplo ataque ácido e nano. As medições foram realizadas, para comparação, em discos planos que receberam o mesmo tratamento de superfície, uma vez que muitos

fabricantes apresentam dados de rugosidade de superfície obtidos apenas por meio da análise de topografia destes discos, ao invés de analisar o implante em si. Os estudos *in vitro* para caracterizar crescimento celular em função de uma superfície também são, em geral, realizados em discos.

2. METODOLOGIA

Este estudo analisou implantes de titânio comercialmente puro (grau 4) denominados Unitite e Unitite Nano (SIN, São Paulo, Brasil), com a mesma macrogeometria, mas que foram submetidos a dois métodos diferentes de modificação da superfície: DAA – duplo ataque ácido e DAA + Nano – duplo ataque ácido seguido de um processo deposição de nanocristais de hidroxiapatita. Para comparação, 3 tipos de discos planos de titânio foram avaliados, com os seguintes tratamentos: DAA, DAA + Nano e usinado com os mesmos avanços e velocidades de corte dos implantes (para verificar se havia alguma região dos implantes que ainda mantinha o acabamento da usinagem prévia, ou seja, não havia sido tratada).

O interferômetro laser que foi utilizado é o modelo Microfocus Expert IV do fabricante UBM que possui resolução lateral de 0,1 μm e resolução vertical de 60 nm. Foi feita a medição de todo o implante dentário com uma área de $x = 0,4 \text{ mm}$ e $y = 9,4 \text{ mm}$. Além disso, os modelos de implantes estudados possuíam uma região lisa na parte inicial da rosca que também foi medida, mas em separado, com uma área de $x = 0,8 \text{ mm}$ e $y = 0,4 \text{ mm}$. Para os discos planos, três regiões com uma área de $x = 0,8 \text{ mm}$ e $y = 0,4 \text{ mm}$ foram medidas aleatoriamente no topo do disco. Foi adquirida uma densidade de pontos de 1000×1000 na direção x e y , respectivamente. Os dados foram tratados no software francês Digital Surf Mountains Map Universal 3.0.11. Devido à complexidade da macrogeometria dos implantes, áreas diferentes foram analisadas para cada implante, como exemplificado na Fig. (1). A partir da medição completa do implante, foram retiradas três regiões específicas para serem analisadas em separado, chamadas: cervical, meio, e região apical (Fig. (1) a).

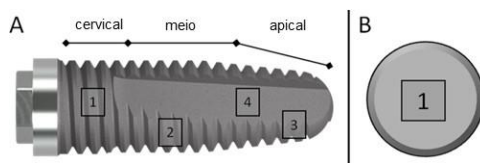


Figura 1. (a) Regiões de análise dos implantes. (b) Região de análise dos discos.

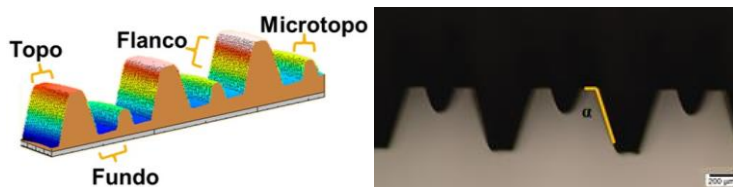


Figura 2. Áreas analisadas da cervical, meio e apical dos implantes dentários e perfil da rosca visto em um microscópio ótico – ângulo externo da rosca do implante em detalhe.

Assim, para cada região (cervical, meio e apical) três topos, flancos, microtopos e vales consecutivos foram analisados separadamente (Fig. (2)), utilizando uma área de $x = 200 \text{ micrometros}$ e $y = 100 \text{ micrometros}$. Após selecionada a área na imagem de interferometria, foi feita a remoção da forma e em sequência a filtragem da ondulação da rugosidade por meio de um filtro Gaussiano de $8 \times 8 \mu\text{m}$. A quantidade total de amostras e avaliações realizadas é mostrada na Tab. (1). A descrição numérica da rugosidade superficial dos implantes em diferentes regiões de rosca, na região lisa e nos discos foi feita com os parâmetros S_a , S_q , S_{tr} e S_{dq} , como sugerido nos estudos de Wennerberg e Albrektsson (2000).

Tabela 1. Quantidade de amostras e avaliações que foram feitas da superfície dos implantes e discos.

Descrição das amostras	Número amostras	Número regiões avaliadas	Total leituras
Unitite (DAA)	3	4 regiões - 3 avaliações por região	36
Unitite nano (DAA + Nano)	3	4 regiões - 3 avaliações por região	36
Disco DAA	1	1 região – 3 avaliações por região	3
Disco DAA + Nano	1	1 região – 3 avaliações por região	3
Disco polido	1	1 região – 3 avaliações por região	3
Total de regiões analisadas			81

Da literatura se sabe que é difícil conseguir realizar a medição da topografia de superfície utilizando o interferômetro laser quando os ângulos de incidência da luz sobre a região estudada são menores que 15° , como é o caso do flanco da rosca de alguns modelos de implantes dentários (Wennerberg e Albrektsson, 2000). Foi feita a medição do ângulo externo do flanco das roscas dos implantes utilizando um microscópio Olympus e o software “Olympus Stream Micro-Imaging”. O valor do ângulo interno da rosca foi obtido pelo cálculo do ângulo complementar. Os valores obtidos dos ângulos internos dos implantes DAA e DAA + Nano obtidos estão entre 72° e 74° .

Uma vez que os ângulos internos da rosca dos implantes medidos estavam próximo de 75° , o ângulo de incidência do feixe de luz com a superfície dos flancos da rosca estava próximo de 15° o que poderia influenciar os valores de rugosidade obtidos pela interferometria. Sugeriu-se então fazer a medição dos flancos da rosca com a mesa XY do dispositivo se movimentando perpendicular ao eixo dos implantes, de forma a diminuir a amplitude de deslocamento do sensor laser durante a geração de cada perfil de rugosidade. Para verificar qual era a influência do ângulo de inclinação do implante em relação ao feixe de luz, o implante foi posicionado na horizontal e também foi posicionado formando um ângulo em relação ao plano da mesa, conforme a Fig. (3).

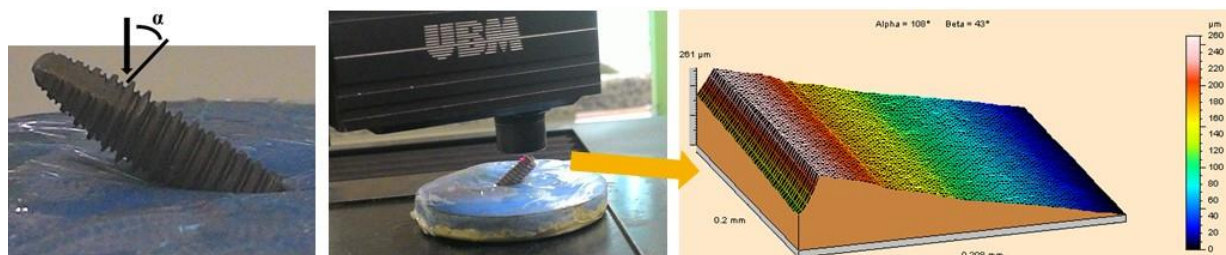


Figura 3. Sugestão de posicionamento do implante com inclinação visando reduzir o ângulo entre o laser do interferômetro e a superfície do flanco da rosca.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos dos parâmetros de rugosidade para os dois implantes fazendo a medição com o implante na horizontal são mostrados na Fig. (4). Fazendo a medição do implante na horizontal, verificou-se que os valores dos parâmetros de rugosidade para os flancos da rosca se distanciaram dos valores obtidos para as demais regiões para os dois tipos de implante, com DAA e com DAA + Nano. O microtopo do implante com DAA possui maior valor de rugosidade média (S_a) que o implante com DAA + Nano. Todos os valores dos parâmetros de rugosidade das várias regiões dos implantes, dos dois modelos de implantes analisados se distanciaram dos valores dos parâmetros de rugosidade do disco usinado, o que indica que o processo de modificação de superfície aplicado nos implantes foi eficiente. Com exceção dos flancos dos implantes, os valores dos parâmetros de rugosidade obtidos para os implantes com DAA e com DAA + Nano são muito semelhantes entre si.

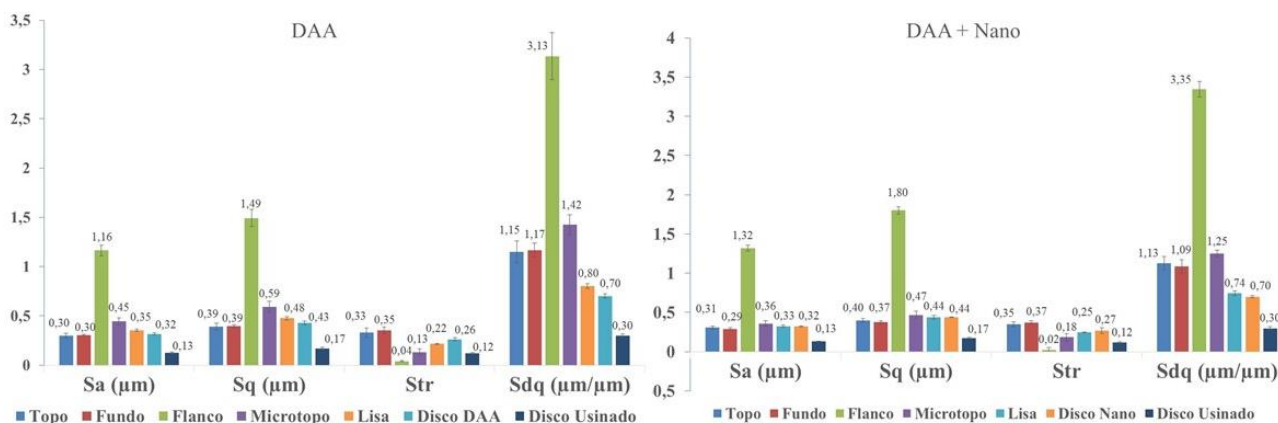


Figura 4. Medição do implante na horizontal – valores dos parâmetros de rugosidade dos implantes com DAA e com DAA + Nano.

O parâmetro espacial Str indica a existência de direcionalidade das irregularidades, sendo que, valores de $Str > 0,5$ indicam a existência de uma textura uniforme em todas as direções, já valores de $Str < 0,3$ indicam forte direcionalidade da textura (anisotropia). Verificou-se que tanto no implante com DAA, como no implante com DAA + Nano, os

menores valores de Str foram obtidos para os flancos e para os microtopos da rosca o que são indícios de que os métodos utilizados de modificação da superfície geram maior direcionalidade da textura superficial nestas regiões.

Após estes resultados se questionou se os flancos dos dois modelos de implantes eram realmente diferentes das demais regiões do implante (topo, microtopo e fundo da rosca). O implante foi então colocado inclinado em relação a base, conforme proposto na metodologia, de forma a se tentar diminuir o efeito do ângulo de incidência do feixe de luz. Os resultados obtidos são mostrados na Fig. (5).

Verificou-se que devido ao fato dos ângulos de rosca dos implantes analisados serem maiores que 70°, os valores dos parâmetros de rugosidade dos flancos do implante foram sobrestimados nas interferometrias feitas com o implante na horizontal. Posicionando o implante inclinado em relação ao feixe de luz permitiu obter valores dos parâmetros de rugosidade mais coerentes para os flancos em relação às outras regiões do implante, conforme mostra a Fig. (5).

O valor de Sa (rugosidade média) dos flancos da rosca dos implantes com DAA e com DAA + Nano, bem como o microtopo do implante DAA + Nano são diferentes da rugosidade dos respectivos discos. Confirmou-se com a medição do implante com inclinação que os flancos e os microtopos da rosca do implante com DAA foram as regiões com os menores valores de Str (maior direcionalidade da textura). No implante com DAA + Nano foram os flancos que apresentaram os menores valores de Str.

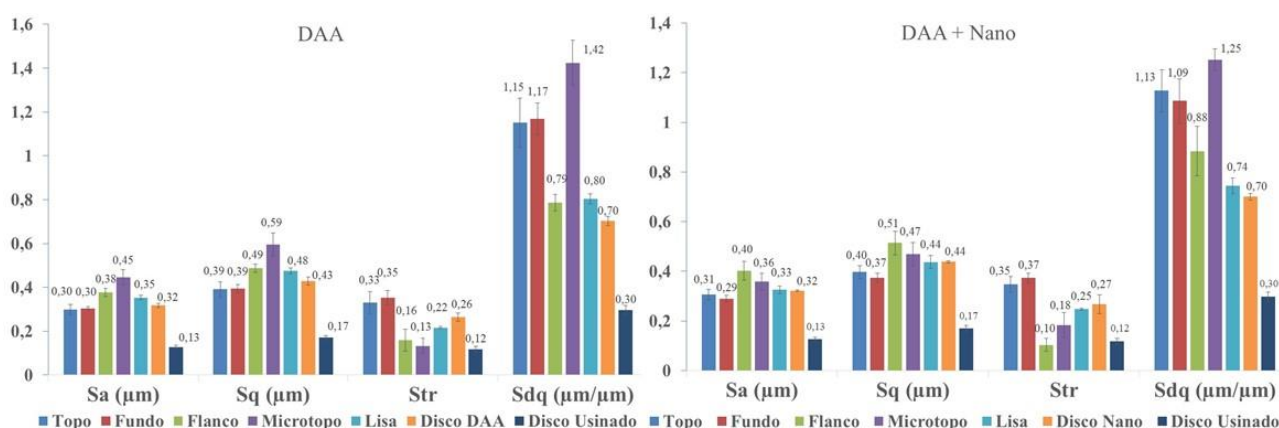


Figura 5. Medição do implante inclinado – valores dos parâmetros de rugosidade dos implantes com DAA e com DAA + Nano.

Com base nos parâmetros de rugosidade obtidos, verificou-se que os valores dos parâmetros de rugosidade, em especial dos flancos e do microtopo da rosca dos implantes estudados, eram diferentes dos valores obtidos para os discos de titânio que foram submetidos aos mesmos tratamentos. Sendo assim, tentou-se estimar a área superficial que cada região do implante representava na área total do corpo do implante realizando a medição do perfil da rosca dos implantes em um microscópio Olympus com o software “Olympus Stream Micro-Imaging”. A Fig. (6) mostra os valores obtidos para cada uma das regiões do implante.

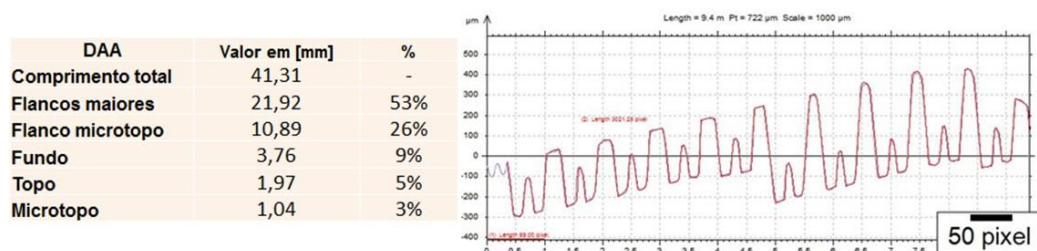


Figura 6. Perfil da rosca dos implantes e estimativa da área superficial (%) representada por cada região da rosca.

Os flancos representam nos implantes analisados cerca de 80% da área superficial do implante (flancos maiores e menores) que estará em contato com o meio vivo. Sendo assim, a topografia de superfície dos discos não podem ser utilizada como referência no estudo dos implantes dentários, uma vez que os valores dos parâmetros de rugosidade dos flancos são muito diferentes dos valores dos discos.

4. CONCLUSÃO

- Os métodos de tratamento com DAA (duplo ataque ácido) e DAA + Nano foram eficientes em promover alterações em todas as regiões da rosca dos implantes estudados.
- O método de posicionar o implante inclinado em relação ao plano de medição do sensor do interferômetro laser permitiu a redução dos erros de medição relacionados à refletividade da luz.
- A topografia de superfície realizada em discos de titânio, submetidos aos mesmos métodos de modificação superficial que os implantes dentários do tipo parafuso não deve ser utilizada como referência no estudo de implantes dentários, visto que os valores dos parâmetros de rugosidade dos flancos, que representam cerca de 80% da área superficial do implante que estará em contato com o meio vivo, são diferentes dos valores medidos nos discos.
- A modificação da superfície pelos métodos DAA e DAA + Nano promoveu uma maior direcionalidade da textura superficial nos flancos dos implantes.

5. REFERÊNCIAS

- Albrektsson, T.; Brånemark, P. I.; Hansson, H. A.; Lindström, J. 1981. "Osseointegrated Titanium Implants: Requirements for Ensuring a Long-Lasting, Direct Bone-to-Implant Anchorage in Man". *Acta Orthopaedica*, v. 52, n. 2, p. 155-170.
- Buser, D.; Nydegger, T.; Oxland, T.; Cochran, D. L.; Schenk, R. K.; Hirt, H. P.; Snétivy, D.; Nolte, L. P. 1999. "Interface shear strength of titanium implants with a sandblasted and acid-etched surface: a biomechanical study in the maxilla of miniature pigs". *J Biomed Mater Res*, v. 45, n. 2, p. 75-83.
- Naves, M.; Menezes, H.; Magalhães, D.; Ferreira, J.; Ribeiro, S.; De Mello, J.; Costa, H. 2015. "Effect of Macrogeometry on the Surface Topography of Dental Implants". *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*.
- Rosa, M. B.; Albrektsson, T.; Francischone, C. E.; Schwartz Filho, H. O.; Wennerberg, A. 2012. "The influence of surface treatment on the implant roughness pattern". *Journal of Applied Oral Science*, v. 20, n. 5, p. 550-555, Sep-Oct ISSN 1678-7757.
- Stout, K. J.; Blunt, L.; Dong, W. P.; Mainsah, E.; Luo, N.; Mathia, T. Development of Methods for the Characterisation of Roughness in Three Dimensions. 1st. Luxembourg: Penton Press, 2000. ISBN 9781857180237.
- Thomas, T. R. Rough Surfaces. 2 Sub. World Scientific Publishing Company, 1999.
- Vercaigne, S.; Wolke, J. G. C.; Naert, I.; Jansen, J. A. 1998. "The effect of titanium plasma-sprayed implants on trabecular bone healing in the goat". *Biomaterials*, v. 19, p. 1093-1099.
- Wennerberg, A.; Albrektsson, T. 2000. "Suggested guidelines for the topographic evaluation of implant surfaces". *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants*, v. 15, p. 331-344.
- Wennerberg, A.; Svanborg, L. M.; Berner, S.; Andersson, M. 2013. "Spontaneously formed nanostructures on titanium surfaces". *Clinical Oral Implants Research*, v. 24, n. 2, p. 203-209, ISSN 1600-0501.

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos a CAPES, FAPEMIG e ao CNPq pelo apoio financeiro e a empresa HD Ensinos Odontológicos pelo fornecimento das amostras.

7. ABSTRACT

Dental implants are subjected to different biosystems, so the biological performance of these components depends on the interaction between the implant material and the living system. Three surface characteristics of biomaterials used in the implants are regarded as relevant in the process of bone formation: chemical composition, surface energy and surface topography. The surface roughness has influence on cell migration and proliferation and many studies show that implants with a rough surface have better bone apposition and bone-implant contact than implants with smooth surfaces. The objective of this study was to characterize the topography of the surface of a type of commercially available titanium implants produced by the same manufacturer, which had its surface modified by two different methods: double etching and a new method called double etching and nano. Laser interferometry was used to characterize the surface topography. It has also been proposed a new method using laser interferometry to measure the surface of dental implants with threaded interior angles larger than 70 °.

8. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

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