

FACULDADE SETE LAGOAS – FACSETE

RENATO PANEGACI DOS SANTOS

TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES NOS IMPLANTES DENTÁRIOS

São Paulo

2020

RENATO PANEGACI DOS SANTOS

TRATAMENTO DE SUPERFÍCIES NOS IMPLANTES DENTÁRIOS

Monografia apresentada a Faculdade Sete Lagoas (FACSETE) como requisito para obtenção do título de especialista em Implantodontia.

Orientador Prof.: Eduardo Mangolin

SÃO PAULO
2020



Monografia intitulada "TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE DOS IMPLANTES DENTÁRIOS "
de autoria do aluno **Renato Panegaci dos Santos**

Aprovada em 20/03/2019 pela banca constituída dos seguintes
professores:

Prof. Dr. José Antonio Vieira Tinoco

Prof. Dr. Pedro Vinha

Prof. Dr. Marcelo Rial

São Paulo, 20 de Março de 2019.

Faculdade Sete Lagoas - FACSETE
R. Ítalo Pontelo, 50 - 35.700-170 - Sete Lagoas, MG
Telefone (31) 3773 3268
www.facsete.edu.br

DEDICATÓRIA

Primeiramente dedico a Deus pelas oportunidades e trajetórias que coloca no meu caminho, as experiências boas sempre comemoradas e as ruins agradeço pelo aprendizado

A razão de todo meu esforço que é minha família amo muito vocês, Nathália, Arthur e Helena.

Aos meus pais pelo amor investido

AGRADECIMENTOS

Aos professores e colegas de turma, obrigado pelos dois anos de convivência,
aprendi com cada um de vocês.

Ao meu orientador Eduardo Mangolin

RESUMO

O processo de osseointegração dos implantes dentários, assim como seu sucesso clínico a longo prazo, pode ser modificado por diversos fatores, dentre eles, pela qualidade e morfologia da superfície dos implantes. Atualmente há uma diversidade de implantes dentários que podem ser classificados de acordo com a sua composição e com o tratamento da sua superfície. Sendo assim, o propósito do presente trabalho foi realizar uma revisão de literatura para avaliar a biocompatibilidade dos implantes dentários mediante os diferentes tratamentos de superfície. Após realizada essa revisão de literatura pode-se concluir que há uma variedade de tratamento de superfície disponível para implantes osseointegráveis, as quais atuam melhorando a osseointegração dos mesmos. Esses variam em sua técnica de obtenção, rugosidade, características superficiais físicas e químicas, cada qual com as suas vantagens, desvantagens. Cabendo ao profissional avaliar com cuidado cada caso e indicar aquele que for o mais viável.

Palavras-chave: Implante Dentário. Biomecânica. Osseointegração.

ABSTRACT

The osseointegration process of dental implants, as well as their long-term clinical success, can be modified by several factors, among them, the quality and morphology of the surface of the implants. Currently there are a variety of dental implants that can be classified according to their composition and the treatment of their surface. Thus, the purpose of the present study was to perform a literature review to evaluate the biocompatibility of dental implants through different surface treatments. After the literature review, it can be concluded that there is a variety of surface treatment available for osseointegrable implants, which act to improve their osseointegration. These vary in their obtaining technique, roughness, physical and chemical surface characteristics, each with its advantages, disadvantages. It is up to the professional to carefully evaluate each case and indicate the one that is most feasible.

Key words: Dental Implantation. Biomechanics. Osseointegration.

SUMÁRIO

| | |
|--------------------------------------|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 8 |
| 2 PROPOSIÇÃO..... | 10 |
| 3 REVISÃO DE LITERATURA..... | 11 |
| 3.1 SUPERFÍCIE USINADA..... | 12 |
| 3.2 SUPERFÍCIE MACROTEXTURIZADA..... | 12 |
| 3.3 SUPERFÍCIE MICROTEXTURIZADA..... | 13 |
| 3.4 SUPERFÍCIE NANOTEXTURIZADA..... | 15 |
| 3.5 SUPERFÍCIE BIOMIMÉTICA..... | 16 |
| 4 DISCUSSÃO..... | 18 |
| 5 CONCLUSÃO..... | 20 |
| REFERÊNCIAS..... | 21 |

1 INTRODUÇÃO

Desde a sua invenção até os dias de hoje, os implantes dentários vêm sofrendo alterações na sua constituição, forma, morfologia e dimensão, com intuito de se obter uma biocompatibilidade adequada associada a uma boa resistência (LIU et al., 2001; CIUCCIO, 2011).

Segundo o conceito de osseointegração de Branemark o implante deve manter íntimo contato com o osso para permitir a transferência das forças oclusais para o tecido ósseo neoformado e não apresentar áreas de concentração de tensão (LIU et al., 2001; ALBREKTSSON et al., 2004).

Desse modo, o processo de osseointegração dos implantes dentários, assim como seu sucesso clínico a longo prazo, pode ser modificado por diversos fatores, dentre eles, pela qualidade e morfologia da superfície dos implantes (ELIAS et al., 2001).

Pois, uma biomecânica ideal depende da qualidade da interface osso-implante que vai permitir o implante suportar ou não cargas multidirecionais; do aumento da área de superfície no implante e das modificações no desenho do corpo do mesmo que podem favorecer o aumento na força nessa interface, além de acelerarem o reparo ósseo e potencializarem a estabilidade inicial do implante com uma melhor distribuição das forças (DAVIES, 2003; HSU et al., 2007).

Considerando esses fatores, as empresas de implantes dentários investiram em diferentes tratamentos de superfície com intuito de obter uma

superfície mais adequada e favorável para a ancoragem e osseointegração desses elementos (CIUCCIO, 2011).

Atualmente há uma diversidade de implantes dentários que podem ser classificados de acordo com a sua composição e com o tratamento da sua superfície. Em relação a constituição, eles são divididos em implantes de titânio e implantes constituídos de outros materiais (tântalo, ouro, cerâmicas, zircônia, etc.) (CARVALHO et al., 2009).

No entanto, como os implantes de titânio são os mais utilizados, o presente trabalho tem como intuito avaliar e comparar os implantes de titânio com diferentes tratamentos de superfície quanto à osseointegração e o sucesso clínico a longo prazo.

2 PROPOSIÇÃO

O propósito do presente trabalho foi realizar uma revisão de literatura para avaliar a biocompatibilidade dos implantes dentários mediante os diferentes tratamentos de superfície.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Albrektsson e Wennerberg (2004), apesar do implante originalmente proposto por Branemark (Nobel Biocare), sem qualquer tipo de modificação de superfície e com rugosidade mínima (parâmetro Sa na faixa de 0,5 a 1,0 mm) ter se tornado o modelo de referência para implantes odontológicos osseointegráveis, estudos relacionados aos efeitos de diferentes tratamentos de superfície têm mostrado um aumento na resposta óssea. Incentivando a busca de novos tratamentos de superfície com intuito de promover a osseointegração.

Coelho et al (2009) avaliaram as modificações de textura das superfícies dos implantes disponíveis comercialmente. Desse modo, observaram que essas modificações na superfície dos implantes favorecem a osseointegração, mas ainda faltam informações sobre os benefícios a longo prazo para os tecidos peri-implantares.

Dentre as propriedades da superfície dos implantes, as mais importantes são a topografia, a química, a carga de superfície e molhabilidade. Estas afetam diretamente a adsorção iônica, absorção de proteínas, interação células-superfície e o desenvolvimento tecidual na interface entre o osso e o biomaterial. Conseqüentemente afetam na osseointegração do implante dentário (BUSER et al., 1991; ELIAS et al., 2001).

De acordo com o tratamento da superfície os implantes podem ser classificados em cinco grupos: usinadas, macrotextrizadas, microtetrizadas, nanotetrizadas ou biomiméticas (CARVALHO et al., 2009).

3.1 SUPERFÍCIE USINADA

Os implantes de superfície usinada apresentam microrranhuras superficiais resultantes do processo de corte ou usinagem da peça metálica, apresentando um valor médio de rugosidade de superfície (Ra) entre 0,53 e 0,96 μ m (SYKARAS et al., 2000). Essas ranhuras superficiais direcionam o crescimento das células em somente um sentido (CARVALHO et al., 2006), sendo consideradas importantes para o processo de adesão celular e produção de matriz proteica. (ELIAS et al., 2001).

Elias et al (2008) relataram que o implante usinado permite o processo de mineralização do osso em direção ao implante, mas não possui uma superfície osteoindutora.

3.2 SUPERFÍCIE MACROTEXTURIZADA

Para se obter uma superfície macrotextrizada o implante pode receber dois tipos diferentes de processo, um por adição e outro por subtração. Na texturização por adição utiliza-se o spray de plasma com partículas de titânio (Spray de plasma de titânio - SPT)12-15 ou fosfato de cálcio (Spray de plasma de hidroxiapatita - SPH), com espessuras que variam de 10 a 40 μ m para o SPT e de 50 a 70 μ m para a SPH (KLOKKEVOLD et al., 1997; CORDIOLI et al., 2000).

Na texturização por subtração a superfície do implante é bombardeada por partículas, como silício, óxido de alumínio (Al₂O₃), óxido de titânio (TiO₂) e vidro, criando, por meio abrasão, uma superfície com ranhuras irregulares, que variam de acordo com o tamanho e a forma das partículas e também das condições do jateamento (pressão, distância do bico do jato à superfície do

implante, tempo de jateamento). A rugosidade média (Ra) pode variar entre 1,20 e 2,20 μ m (IVANOFF et al., 2001; CARVALHO et al., 2009).

Carvalho et al (2009) avaliaram as diferentes superfícies de implante citadas na literatura assim como seus efeitos na qualidade da osseointegração, na biomecânica da distribuição de forças e no sucesso em longo prazo, por meio de revisão de literatura. Um total de 267 artigos, e após os critérios de exclusão, foram selecionados 36. Os resultados mostraram que a literatura demonstra que os implantes com superfície rugosa apresentam uma maior área de contato osso-implante e melhores características biomecânicas, sendo os usinados e os macrotextrizados os tipos mais estudados na literatura.

Fojt et al (2010) mostraram que para melhorar o desempenho biológico e a osseointegração do implante, vários tratamentos de superfície são utilizados, dentre eles o jateamento de sílica e o recobrimento com vários materiais, como a hidroxiapatita. Estes tendem a modificar as superfícies de implantes de titânio, levando à melhora das propriedades físicas e químicas da superfície do implante e conseqüente melhoria da osseointegração.

Velasco et al (2016) avaliaram o comportamento de fadiga e fixação de implantes ósseos com diferentes tratamentos de superfícies mais. Os tipos de superfícies comparadas foram: sem tratamento, condicionamento ácido, anodização por faísca e jateamento. Os testes de fadiga foram realizados a 37°C em 160 implantes dentários, e a curva de estresse/falha foi determinada. Os testes de fadiga mostraram que o processo de jateamento melhorou a fadiga. Além disso, a retenção mecânica após 4 e 10 semanas de implantação foi avaliada com testes histométricos, como medida da osseointegração dos implantes. Os resultados demonstraram que o tratamento com jateamento

produziu microperfurações que aceleraram a regeneração do tecido ósseo e aumentaram a retenção mecânica no leito ósseo em períodos curtos de implantação, em comparação com os outros implantes testados. Logo, concluiu-se que o jateamento da superfície produziu uma melhoria no comportamento mecânico (resistência à fadiga) de longa duração e melhorou a osseointegração.

3.3 SUPERFÍCIE MICROTTEXTURIZADA

A microtexturização também envolve um processo por subtração, no qual a superfície recebe um ataque ácido, alcançando uma rugosidade média (Ra) de superfície de $1,30\mu\text{m}$ (SYKARAS et al., 2000).

Marinucci et al (2006) investigaram o efeito da variação da rugosidade superficial de implantes de titânio na proliferação e diferenciação de osteoblastos. Para isso, realizaram um estudo *in vitro* com culturas primárias de osteoblastos derivados do osso mandibular humano, cultivadas em superfícies de titânio. Três superfícies de titânio foram estudadas: titânio usinado, titânio microtexturizado e titânio macrottexturizado (rugosidades médias de 0,5 e 3 micrometros, respectivamente). Os resultados mostraram que os osteoblastos cultivados em titânio usinado espalharam-se mais do que as células cultivadas em titânio texturizado. Com base nos resultados obtidos os autores sugeriram que a rugosidade média de superfície de 3 micrometros (titânio macrottexturizado) é mais adequada do que uma rugosidade superficial média de 0,5 micrometros (titânio microtexturizado), pois, favorece a diferenciação de osteoblastos.

Ciotti et al (2007) afirmaram que implantes que recebem tratamento de superfície por duplo ataque ácido promovem alterações micromorfológicas da sua superfície, aumentando a sua área de contato entre o osso mineralizado e o implante, tornando a superfície rugosa, aumentando assim a resistência ao torque de remoção e favorecendo a deposição óssea.

Ciuccio (2011) avaliou por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV) as características da superfície de 4 diferentes tratamentos: ataque ácido, texturização a laser com 2 fluências e recobrimento por hidroxiapatita. Os resultados obtidos mostraram que todos os tratamentos alteram a superfície, e a tornam mais rugosa; que o tratamento a laser de maior potência leva a uma fragilização da superfície por meio das trincas formadas durante a resolidificação da fase líquida; que comparando os 3 grupos, o implante com tratamento a laser de alta potência foi o que apresentou maiores rugosidades; que o tratamento a laser possui a vantagem de gerar uma estrutura periódica e homogênea, que não é obtida pelos outros tratamentos e que esta estrutura talvez tenha um melhor desempenho na aceleração do processo de osseointegração.

Liang et al (2017) avaliaram a superfície de implantes de titânio microtexturizadas. O tratamento das superfícies foi realizado com diferentes concentrações de ácido fluorídrico (HF) e tempo de exposição (1%, 3 min; 0,5%, 12 min; e 1,5%, 12 min, respectivamente; indicados como grupos HF1, HF2 e HF3). Os resultados mostraram que a adesão celular, proliferação, atividade da fosfatase alcalina e a mineralização foi maior no grupo HF3. Logo, concluiu-se que o grupo HF3 apresentou a melhor biofuncionalidade e osseointegração em comparação com outros grupos.

Rupp et al (2018) avaliaram por meio de uma revisão de literatura a osseointegração dos implantes dentários de diferentes tipos de superfície. E observaram que os tipos mais comercializados devido aos experimentos de sucesso obtidos, foram as superfícies tratadas com adição ou com subtração, macro e microtexturizadas. No entanto, os autores acreditam que mais estudos são necessários para comprovação dos resultados a longo prazo.

3.4 SUPERFÍCIE NANOTEXTURIZADA

Os implantes de superfície nanotexturizada recebem um aumento controlado da camada de óxido de titânio (TiO₂), incluindo alterações nas propriedades específicas na espessura, rugosidade e textura do óxido com poros em torno de 1 a 2µm de diâmetro (SUL, 2003).

Li et al (2014) avaliaram a osseointegração de implantes com superfície nanotexturizada por meio de estudo *in vitro*. Os resultados mostraram que a apatita semelhante ao osso foi formada na superfície dos implantes nanotexturizados, mas não na superfície dos implantes polidos. Além disso, as células cultivadas nas superfícies nanotexturizadas mostraram maior adesão e proliferação celular, comparadas àquelas cultivadas nas superfícies polidas. Com base nesses resultados, pode-se concluir que os implantes nanotexturizados apresentaram melhor bioatividade e biocompatibilidade.

3.5 SUPERFÍCIE BIOMIMÉTICA

Os implantes de superfície biomimética recebem depósitos de camadas de fosfato de cálcio sob condições fisiológicas de temperatura e pH. Uma vez que essas moléculas estão integradas à estrutura do material, elas são

liberadas gradualmente, na medida em que as camadas vão se degradando, o que aumenta o potencial de servirem como um sistema de liberação lento de agentes osteogênicos para o sítio de implantação (LIU et al., 2001).

García-Gareta et al (2017) com o objetivo de melhorarem a bioatividade dos implantes de titânio, formularam a hipótese de que a superfície de Ta e TiAl6V4 pode ser funcionalizada com depósitos biomiméticos. Para análise foram utilizados discos metálicos de Ta e TiAl6V4 com superfícies lisas e rugosas. Em seguida, partículas amorfas de fosfato de cálcio (CaP) foram depositadas nas diferentes superfícies por um método biomimético. Os depósitos de CaP promoveram a fixação inicial, proliferação e diferenciação osteogênica de células-tronco mesenquimais derivadas da medula óssea. Logo, concluiu-se que esse tratamento da superfície dos implantes pode atuar diretamente melhorando seu desempenho clínico.

4 DISCUSSÃO

O processo de osseointegração dos implantes dentários, assim como seu sucesso clínico a longo prazo, pode ser modificado por diversos fatores, dentre eles, pela qualidade e morfologia da superfície dos implantes (ALBREKTSSON; WENNERBERG, 2004; ELIAS et al., 2001).

Atualmente há uma diversidade de implantes dentários que podem ser classificados de acordo com a sua composição e com o tratamento da sua superfície (CARVALHO et al., 2009).

Segundo Coelho et al (2009) os implantes podem apresentar superfícies do tipo usinada, macrotexturizada, microtexturizada, nanotexturizada ou biomiméticas, as quais tem mostrado favorecer a osseointegração.

Quando se trata de superfícies usinadas, Carvalho et al (2006) afirmam que as ranhuras superficiais direcionam o crescimento das células em somente um sentido. No entanto, Elias et al (2004) ressalta que este tipo de superfície não é considerada osteoindutora.

Um outro tipo de tratamento de superfície bastante comum é o jateamento de sílica e o recobrimento com a hidroxiapatita, o qual, segundo Fojt et al (2010), leva à melhoria das propriedades físicas e químicas da superfície do implante e conseqüente melhoria da osseointegração.

Entretanto, Ciuccio (2011) ao comparar diferentes tipos de tratamento de superfície, dentre eles o recobrimento por hidroxiapatita, ataque ácido e texturização a laser, afirmaram ter observado que o tratamento a laser foi o que apresentou maiores rugosidades, e conseqüentemente melhor desempenho na

aceleração do processo de osseointegração. Mas também foi o que demonstrou maior fragilização da superfície.

Marinucci et al (2006) também realizaram um estudo comparativo entre três tipos de tratamento de superfície, titânio usinado, titânio microtexturizado e titânio macrotexturizado e observaram que a superfície de titânio macrotexturizado mostrou ser a mais adequada, pois, favorece a diferenciação de osteoblastos.

Os implantes de superfície nanotexturizada são aqueles que recebem um aumento controlado da camada de óxido de titânio (TiO_2), incluindo alterações nas propriedades específicas na espessura, rugosidade e textura do óxido (SUL, 2003). Este tipo de tratamento apesar de menos investigados, pode apresentar resultados relevantes. Pois, segundo Li et al (2014) as células cultivadas nas superfícies nanotexturizadas mostram maior adesão e proliferação celular quando comparadas às aquelas cultivadas nas superfícies polidas. Desse modo, os autores sugerem que os implantes nanotexturizados apresentam melhor bioatividade e biocompatibilidade.

Apesar da variabilidade de tratamentos de superfície existentes atualmente, segundo Carvalho et al (2009) os implantes com superfície usinada e com superfície macrotexturizada são os tipos mais estudados na literatura. No entanto, um estudo recente afirma que os tipos de implantes mais comercializados são os que apresentam superfícies tratadas com adição ou com subtração, macro e microtexturizadas. No entanto, os autores acreditam que mais estudos são necessários para comprovação dos resultados a longo prazo (RUPP et al., 2018).

5 CONCLUSÃO

Após realizada essa revisão de literatura pode-se concluir que há uma variedade de tratamento de superfície disponível para implantes osseointegráveis, as quais atuam melhorando a osseointegração dos mesmos. Esses variam em sua técnica de obtenção, rugosidade, características superficiais físicas e químicas, cada qual com as suas vantagens, desvantagens. Cabendo ao profissional avaliar com cuidado cada caso e indicar aquele que for o mais viável.

REFERÊNCIAS

ALBREKTSSON, T; WENNERBERG, A. Oral implant surfaces: Part 1 - Review focusing on topographic and chemical properties of different surfaces and in vivo responses to them, *Int. J. Prosthodont.* v.17, p.536, 2004.

BUSER, D.; SCHENK, R. K.; STEINEMANN, S.; FIORELLINI, J. P.; FOX, C. H.; STICH, H. Influence of surface characteristics on bone integration of titanium implants. A histomorphometric study in miniature pigs. *J Biomed Mater Res.* v. 25, p. 889-902, 1991.

CARVALHO, B.M; PELLIZER, E.P; MORAES, S. L. D; FALCÓN-ANTONUCCI, R. M; FERREIRA J.R. Tratamentos de superfície nos implantes dentários, *Rev. Cir. Traumatol. Buco-macilo-fac.* v. 9, p.123, 2009.

CIOTTI, D.L; JOLY, J. C.; SILVA, R. C.; CURY, P. R. Característica morfológica e composição química da superfícies e da microfendas implanteabutment dos implantes de dois estágios. *Implant News*, v.3, n. 4, p. 391-94, 2007.

CIUCCIO, R.L. Caracterização microestrutural de superfícies tratadas de implantes de titânio. *Innov Implant J, Biomater Esthet*, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 8-12, 2011.

COELHO PG, GRANJEIRO JM , ROMANO GE , SUZUKI M , NR SILVA , CARDAROPOLI G , THOMPSON VP , LIMÕES JE . Basic research methods and current trends of dental implant surfaces. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.*v.88, n.2, p.579-96, 2009.

CORDIOLI G, MAJZOUB Z, PIATTELLI A, SCARANO A. Removal torque and histomorphometric investigation of 4 different titanium surfaces: an experimental study in the rabbit tibia. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2000;15:668-74.

DAVIES, J.E. Understanding peri-implant endosseous healing. *Journal of Dental Education*, v.67, n.8, p. 932- 49, 2003.

ELIAS, C. N.; LIMA, J. H. C. Importância da qualidade da superfície dos implantes osseointegráveis na biofixação / Importance of quality of osseointegrated implants surface in biofixacion - *Rev. bras. Implant*; v.7, n.1, p. 21-5, 2001.

ELIAS, C. N.; LIMA, J. H. C.; SANTOS, M. V. Modificações na superfície dos implantes dentários “pesquisa básica ã aplicação clínica. *Revista ImplantNews*. v. 8, n.2, p. 467- 74, 2008.

FOJT, J; MORAVEC, H; JOSKA, L. Nanostructuring of titanium for medical applications, Nanocon Olomouc, Czech Republic.2010.

GARCIA-GARETA, E.; HUA, J.; ORERA, A.; KOHLI, N.; KNOWLES, J.C.; BLUNN, G.W. Biomimetic surface functionalization of clinically relevant metals used as orthopaedic and dental implants. *Biomed Mater*. V.13, n.1, p.015008, 2017.

HSU SH, LIU BS, LIN WH, CHIANG HC, HUANG SC, et al. Characterization and biocompatibility of a titanium dental implant with a laser irradiated and dual-acid etched surface. *Biomed Mater Eng*.v.17, p.53-68, 2007.

IVANOFF CJ, HALLGREN C, WIDMARK G, SENNERBY L, WENNERBERG A. Histologic evaluation of the bone integration of TiO(2) blasted and turned titanium microimplants in humans. *Clin Oral Implants Res*.v.12, p.128-34, 2001.

KLOKKEVOLD PR, NISHIMURA RD, ADACHI M, CAPUTO A. Osseointegration enhanced by chemical etching of the titanium surface. A torque removal study in the rabbit. *Clin Oral Implants Res*.v.8; p.442-7, 1997.

LI, B; LI, Y; LI, J; LI, X; WANG, H; XIN, S; ZHOU, L; LIANG, C; LI, C. Influence of nanostructures on the biological properties of Ti implants after anodic oxidation, *J Mater Sci: Mater Med* v.25, p.199, 2014.

LIANG, J.; XU, S.; SHEN, M.; CHENG, B.; LI, Y.; LIU, X. et al. Osteogenic activity of titanium surfaces with hierarchical micro-/ nano-structures obtained by hydrofluoric acid treatment. *Int J Nanomedicine*. V.16, n.12, p.1317-28, 2017.

LIU Y, LAYROLLE P, DE BRUIJN J, VAN BLITTERSWIJK C, DE GROOT K. Biomimetic coprecipitation of calcium phosphate and bovine serum albumin on titanium alloy. *J Biomed Mater Res*. v.57, p.327-35, 2001.

MARINUCCI, L; BALLONI, S; BECCHETTI, E; BELCASTRO, S; GUERRA, M; LILLI, C; CALVI, C; LOCCI, P. Effect of titanium surface roughness on human osteoblast proliferation and gene expression in vitro, *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* v.21, p.719, 2006.

RUPP F, LIANG L, GEIS-GERSTORFER J, SCHEIDELER L, HÜTTIG F. Surface characteristics of dental implants: A review. *Dent Mater*. v.34, n.1, p.40-57, 2018.

SYKARAS, N.; LACOPINO, A. M.; MARKER, V. A.; TRIPLETT R. G.; Woody RDImplant materials, designs and surface topographies: their effect on osseointegration. A literature review. *Int J. Oral Maxillofacial. Implants*, v.15, p. 675-90, 2000.

SUL, Y. T. Electrochemical growth behavior, surface properties, and enhanced in vivo bone response of TiO₂ nanotubes on microstructured surfaces of blasted, screw-shaped titanium implants, *Int. J. Nanomed*.v. 5, p.87, 2010.

VELASCO, E.; MONSALVE-GUIL, L.; JIMENEZ, A.; ORTIZ, I.; MORENO-MUÑOZ, J.; NUÑEZ-MARQUEZ, E. et al. Importance of the roughness and residual stresses of dental implants on fatigue and osseointegration behavior. In vivo study in rabbits. *J Oral Implantol*. V.42, n.6, p.469-76, 2016.