

FACSETE – Faculdade de Sete Lagoas
ABO – Associação Brasileira de Odontologia – Santos
Especialização em Implantodontia

David Camurça da Silva

**Tratamento de superfície em implantes dentários: uma revisão de
literatura**

Santos – SP

2022

David Camurça da Silva

Tratamento de superfície em implantes dentários: uma revisão de literatura

Monografia apresentada à FACSETE – Faculdade de Sete Lagoas, como requisito para obtenção do Título de Especialista em Implantodontia, sob orientação do Prof. Ms. Eduardo Guimarães Moreira Mangolin.

Santos – SP

2022

Silva, David Camurça

Tratamento de superfície em implantes dentários: uma revisão de literatura. David Camurça da Silva, 2022.

46 fls.

Referências Bibliográficas p. 42

Monografia apresentada para conclusão de curso de Especialização em Implantodontia **FACSETE – FACULDADE SETE LAGOAS**, 2022.

Orientador: Prof. Ms. Eduardo Guimarães Moreira Mangolin

Palavras chave: Tratamento de superfície; implante dentário; design; material do implante.

David Camurça da Silva

**Tratamento de superfície em implantes dentários: uma revisão de
literatura**

Esta monografia foi julgada e aprovada para obtenção do Título de Especialista
em Implantodontia pela **FACSETE – FACULDADE SETE LAGOAS**

Santos, 14 de outubro de 2022.

Prof. Dr. Eduardo Guimarães Moreira Mangolin

Prof. Dr. Presidente da Banca

Prof. Dr. Convidado

Dedico este trabalho a minha mãe
que sempre me apoiou em tudo que
eu almejei em minha vida, desde
puxões de orelha, a me ensinar que
o mundo não tem limites para quem
sonha, onde ela estiver, está feliz
por mim pois eu chequei até o fim
desta etapa e a deixarei orgulhosa
do que sou e do que me tornei,
tenho orgulho em ser seu filho
“Izabel” e ao meu amado filho Ravi
que se tornou o sol da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que me guiou para que eu continuasse sempre no caminho, pois somente ele sabe o quanto sofri, com incertezas e momentos no qual duvidei de mim mesmo, sempre dando o meu melhor.

A Faculdade ABO, pela oportunidade que me propiciou na realização do presente curso de especialização, me proporcionando um ambiente farto de conhecimento e aprendizagem, com profissionais extremamente qualificados e incentivadores.

Aos meus amigos de trabalho que sempre admiram essa longa batalha lutando contra o cansaço e nunca deixando meu foco cair.

Aos meus colegas de turma, em especial aos meus amigos que lutaram pelo mesmo sonho passando por dificuldades, apoiando sempre um ao outro, pois o que se criou foi algo além de um círculo de amizade e sim uma grande história, vocês estarão sempre em meu coração, “Claudio e Jessica”.

A todos os meus grandes professores por me proporcionar e compartilhar o conhecimento, algo que nos forma, cuida de nosso caráter nos educa, faz com que sejamos mais humanos e que não ajamos apenas pelo racional, mas sim pelo coração pelo amor da profissão e pelo amor ao próximo. A palavra professor ou mestre talvez seja apenas uma extensão de outras duas palavras como pai ou mãe, pois sempre cuidaram de um aluno como um filho e isso faz com que eu agradeça a cada um eternamente

A minha família que me deu total apoio durante toda essa trajetória e caminhada, que por muitas vezes me viu longe afastado durante todo o processo de estudo.

A minha esposa “Ohana”, pois, viveu desse sonho comigo todos os dias, compartilhou e se tornou uma base para mim, meus desejos, minhas alegrias e frustrações, jamais importava o que, ela sempre esteve em meu lado, nessa

longa jornada eu a conheci na faculdade jamais imaginei que o amor pela profissão nos uniria em marido e mulher, hoje me sinto completo pois meu sonho é o seu e você é o meu, te amo.

Agradeço o grande coração no qual conheci também nessa jornada minha grande amiga e amada sogra “Elisabete” no qual seu coração me lembra muito o de minha mãe e que sempre coloca as outras pessoas antes de si mesmo, nunca almejando algo em troca, pessoas assim são tão raras de se ver como uma estrela cadente.

Em especial, meus pais “Izabel” e “José” que me deram a maior oportunidade que a vida podia me dar, que era ser o filho de vocês, sinto um enorme orgulho pois tudo o que sou devo a vocês, ao caráter ao amor no qual recebi, aos incentivos as broncas, as oportunidades que me proporcionaram, tudo que foi feito para que um dia eu chega-se onde cheguei, hoje estou aqui e nesse momento uma música faz todo sentido “ I wish you were here” , “eu gostaria que você estivesse aqui” como sei que está sempre comigo, hoje esse certificado é seu!

RESUMO

A superfície do implante interfere no sucesso da osseointegração, de modo que diferentes tratamentos dessas superfícies estão disponíveis para execução. O objetivo desse trabalho foi realizar uma revisão de literatura sobre possibilidades de tratamento nas superfícies implantares. Verificou-se que a superfície implantar é tratada com o objetivo de favorecer o sucesso e durabilidade da reabilitação, almejando as maiores taxas de integração entre implante e osso alveolar. Com tratamentos em escala macro, micro e nano, através de usinagem, jateamento, foto-tratamento, condicionamento ácido, adição e subtração de componentes químicos, busca-se favorecer adesão biomecânica e aumentar rugosidade superficial para maior migração e adesão de células ósseas. Muitas informações sobre o tema estão disponíveis na literatura, então o clínico deve orientar a seleção de protocolo que utilizará sempre buscando o melhor resultado terapêutico. Mais trabalhos devem ser realizados para buscar uma superfície de com o máximo de integração óssea, excelentes capacidades biomecânicas e reabilitação satisfatória.

Palavras-chave: Tratamento de superfície; implante dentário; design; material do implante

ABSTRACT

The implant surface interferes with the success of osseointegration, so different treatments of these surfaces are available for execution. The objective of this work was to carry out a literature review on treatment possibilities for implant surfaces. It was verified that the implant surface is treated with the objective of favoring the success and durability of the rehabilitation, aiming at the highest integration rates between implant and alveolar bone. With macro, micro and nano scale treatments, through machining, sandblasting, photo-treatment, acid conditioning, addition and subtraction of chemical components, the aim is to favor biomechanical adhesion and increase surface roughness for greater migration and adhesion of bone cells. Much information on the subject is available in the literature, so the clinician should guide the selection of the protocol that he will use, always seeking the best therapeutic result. More studies should be carried out to seek a surface with maximum bone integration, excellent biomechanical capabilities and satisfactory rehabilitation.

Key-words: Surface treatment; dental implant; implant material; design

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Exemplo de superfície de implante usinada por micrografia eletrônica de varredura (Fonte: Lee <i>et al.</i> , 2019).....	19
Figura 2. Exemplo de superfície de implante macrotextrizada, por micrografia eletrônica de varredura (Fonte: HIMED, 2022).....	20
Figura 3. Exemplo de superfície de implante microtetrizada, por micrografia eletrônica de varredura (Fonte: Al-Zubaidi <i>et al.</i> , 2020).....	21
Figura 4. Exemplo de superfície de implante nanotetrizada, por micrografia eletrônica de varredura (Fonte: Al-Zubaidi <i>et al.</i> , 2020)	22
Figura 5. Exemplo de superfície de implante biomimética, por micrografia eletrônica de varredura (Fonte: Al-Zubaidi <i>et al.</i> , 2020)	22
Figura 6. Exemplo resultado de tratamento de superfície implantar por usinagem, verificada por meio micrografia eletrônica de varredura (Fonte: Lee <i>et al.</i> , 2015)	23
Figura 7. Imagem de microscopia eletrônica de varredura mostrando as irregularidades geradas na superfície dos implantes por laser (7A) e por jateamento de óxido (7B)	24
Figura 8. Imagem de microscopia eletrônica de varredura mostrando as irregularidades geradas na superfície dos implantes por condicionamento ácido (Fonte: Velasco-Ortega <i>et al.</i> , 2020)	26
Figura 9. Imagem de microscopia eletrônica de varredura mostrando as irregularidades consideradas padrão-ouro geradas na superfície de um implante SLA (fonte: Al-Zubaidi <i>et al.</i> , 2020)	27
Figura 10. Micrografia eletrônica de varredura mostrando recobrimento de superfície implantar com fosfato de cálcio biomimético por meio de método de adição (Fonte: Le Guéhennec <i>et al.</i> , 2007)	28
Figura 11. Micrografias eletrônicas de varredura mostrando recobrimento de superfície implantar com hidroxiapatita nanométrica (Fonte: HIMED, 2021)	29
Figura 12. Micrografias eletrônicas de varredura mostrando detalhes de um implante dentário em liga de titânio impresso tridimensionalmente por LBM (Fonte: Yang <i>et al.</i> , 2017)	30
Figura 13. Micrografias eletrônicas de varredura mostrando o resultado de diferentes tratamentos de superfície (Fonte: Ahmed <i>et al.</i> , 2018)	31

ABREVIATURAS E SIGLAS

TSI - Tratamentos de superfície do implante

MEV - Microscopia eletrônica de varredura

UV - Ultra-violeta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 PROPOSIÇÃO	17
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	18
4 DISCUSSÃO	32
5 CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS	

1 INTRODUÇÃO

Desde a proposta de execução de implantes dentários, baseada na premissa de osseointegração entre osso alveolar e uma superfície metálica apropriada, essa opção reabilitadora tem se consagrado como a forma mais adequada para restaurar função e estética de elementos dentários ausentes únicos ou múltiplos. De modo geral, a Odontologia ainda busca a prevenção de danos e/ou condições irrecuperáveis da saúde dentária, de modo a prolongar o tempo de sobrevivência intraoral de todos os dentes (BUTURA *et al.*, 2011; DE ANDRADE NERI *et al.*, 2016; MAURÍCIO *et al.*, 2019). Porém, considerando o panorama geral de edentulismo e presença de elementos inviáveis de preservação, é necessário que se busque um protocolo de reabilitação que permita devolver função mastigatória eficiente, harmonia e estética orofaciais, bem como estabilidade oclusal, favorecendo bem-estar ao paciente com perda de potencial de saúde oral (MELO *et al.*, 2019).

Nesse sentido de oferecer melhores resultados estéticos e biomecânicos, a instalação de implantes associados a próteses implantossuportadas têm ganhado cada vez mais destaque no campo da reabilitação oral. Isso se deve a altas taxas de satisfação dos pacientes com esse modelo reabilitador (BUTURA *et al.*, 2011; PIERALLI *et al.*, 2017; RUPP *et al.*, 2017), melhores resultados funcionais quando comparados às próteses removíveis totais e parciais convencionais (TING *et al.*, 2018), e à atual acessibilidade às técnicas e métodos para sua execução por parte dos profissionais se comparado a cinco décadas atrás. Para tanto, foi necessário

que ocorressem modificações e aprimoramentos dos protocolos reabilitadores por meio de implantes dentários (FREITAS *et al.*, 2020).

Uma das condições essenciais para o sucesso da osseointegração é a condição que o implante deve oferecer às células ósseas para que migrem, se instalem na superfície implantar e haja compatibilidade entre implante e organismo (RIBEIRO *et al.*, 2006). O titânio, por ser um metal de excelentes propriedades mecânicas e alta biocompatibilidade, é comumente utilizado como material padrão-ouro para os implantes dentários. Contudo, cada vez mais preocupa-se com desenvolvimento de materiais que supram as demandas dos profissionais e pacientes, mesmo em relação àqueles já consagrados como o titânio (PIERALLI *et al.*, 2017; RUPP *et al.*, 2017). Por exemplo, mesmo com claras vantagens biológicas e funcionais, os implantes dentários de titânio ainda possuem condições estéticas pouco favoráveis, especialmente na presença de recessões ou defeitos ósseos (SCHÜNEMANN *et al.*, 2019). Uma solução a essa questão foi a proposta de utilização de implantes de zircônia, com estética mais favorável (DE HOLANDA CAVALCANTI PEREIRA *et al.*, 2022). A contextualização é importante para esclarecer o papel de constante desenvolvimento e aprimoramento que os materiais e as técnicas implantodônticas vêm sofrendo ao longo do tempo.

Não obstante ao material de confecção do implante, outras questões são de suma importância para o sucesso da osseointegração, tais como: desenho do implante, técnica de instalação, controle das cargas e até mesmo a condição superficial do implante (LIEVORE DE BRANDÃO *et al.*, 2010; MARENZI *et al.*, 2019). A superfície do implante interfere diretamente no volume ósseo aderido, uma vez que deve ser livre de contaminantes químicos,

devendo apresentar alta pureza de óxido de titânio, ao mesmo tempo que deve possuir rugosidade adequada (GAGGL *et al.*, 2000; BATHOMARCO *et al.*, 2004). Considerando que não é possível a aquisição de uma superfície implantar completamente aderida a tecido ósseo, é fundamental que se garanta a maior área possível de adesão, com pelo menos 80% em mandíbula e 67% para maxila. Por isso, a busca por melhorias que favoreçam maior área de adesão, e especialmente aquelas relacionadas com as características da superfície implantar (WANG *et al.*, 2020), vêm sendo destaque em pesquisas. Assim surgem as modalidades de tratamento das superfícies implantares (TSI).

Por meio de diferentes métodos e processos, a superfície implantar é tratada com o objetivo principal de favorecer o sucesso e durabilidade da reabilitação, alcançando a maior taxa possível de contato e integração entre implante e osso alveolar (MORRA *et al.*, 2003). Os processos podem ser físicos, como a usinagem, o jateamento, e o foto-tratamento; químicos, como o condicionamento ácido superficial; e até mesmo físico-químicos, como na utilização de gás-ozônio (CALVO-GUIRADO *et al.*, 2010). Além dos processos, também pode-se optar pelos métodos de adição ou subtração, em que no primeiro a superfície do implante recebe algum recobrimento, e no segundo parte do material de composição é removido (RUPP *et al.*, 2017). De qualquer modo, a seleção de qual TSI será utilizado na superfície implantar varia conforme o objetivo específico buscado, como no favorecimento de adesão biomecânica pelo aumento da aspereza superficial, ou da adesão bioquímica pelo recobrimento com um material biomimético (GUIMARÃES NETO; BACELAR, 2019; NICOLAS-SILVENTE *et al.*, 2020). As características de superfície implantar são modificadas pelo tratamento para garantirem

resultados mais positivos e duradouros, oferecendo pouco risco à técnica e à condição clínica da reabilitação.

Desse modo, compreende-se o papel fundamental que as características superficiais de implantes possuem na determinação do grau de osseointegração e sucesso da reabilitação implantossuportada, e como os TSI buscam melhorar essas características por diferentes ações controladas (SILVA *et al.*, 2016). Diversos estudos vêm sendo direcionados para o desenvolvimento de novos métodos de TSI, de aprimoramento de métodos vigentes, e até mesmo formas de produção dos implantes que ofereçam características de superfície adequadas e assim não exijam tratamento posteriores (RASOULI *et al.*, 2018). A literatura é rica em relação ao tema, porém faz-se necessário compreender de modo mais detalhado como se fazem relevantes clinicamente os tratamentos, quais os riscos e benefícios associados, e o panorama atual de desenvolvimento. Assim, esse trabalho tem como proposição a execução de coleta e extração de dados sobre o tema “tratamento de superfícies de implantes dentários”, na forma de uma revisão narrativa da literatura.

2 PROPOSIÇÃO

Realizar uma revisão de literatura qualitativa sobre as possibilidades de tratamento que podem ser executados nas superfícies implantares.

De modo a detalhar a proposição desse trabalho, sugere-se a execução dos seguintes itens:

- Identificar as modalidades de tratamento que podem ser executados nas superfícies de implantes dentários;
- Compreender quais objetivos estão relacionados com a execução de técnicas de tratamento de superfícies de implantes dentários;
- Elucidar a existência ou não de benefícios diretos e verificáveis pela realização dessas técnicas de tratamento de superfície
- Buscar informações sobre quais características das superfícies dos implantes dentários são alteradas com a execução das técnicas de tratamento;
- Verificar se existem lacunas na literatura em relação ao tema, e sugerir propostas de estudos futuros.

3 REVISÃO DA LITERATURA

A Odontologia dos oferece condições de modernização e aprimoramento de protocolos de tratamento que favoreçam aos pacientes não somente a recuperação de sua saúde bucal, mas também a prevenção de danos e a promoção de saúde e bem-estar (CARVALHO *et al.*, 2009). Em localidades com alta prevalência de edentulismo, como o Brasil, ainda existe há necessidade de procedimentos que sejam reabilitadores em essência, almejando melhor combinação entre eficácia de reabilitação funcional e efetividade de reabilitação estética, tal como o a instalação de implantes dentários e próteses implantossuportadas permitem (CALVO-GUIRADO *et al.*, 2010). Por meio de uma gama técnicas, cada vez mais situações clínicas passam a ser indicações para instalação de implantes dentários ao mesmo tempo que cada vez menos situações ainda se enquadram como contraindicações relativas ou estritas a essa (RUPP *et al.*, 2017).

Uma das condições essenciais para o sucesso da osseointegração é o tratamento de superfície realizado no implante dentário, com objetivo principal de aumentar ao máximo a área de integração com o osso alveolar e o sucesso da reabilitação implantossuportada (GUIMARÃES NETO; BACELAR, 2019). Tratam-se de modificações das características de superfícies implantares realizadas para garantirem resultados de maior durabilidade e que ofereçam melhores resultados clínicos, com pouco risco ao momento clínico da reabilitação. Tais alterações podem ser de ordem química, física e até mesmo físico-químicas, por diferentes processos (COELHO, 2019). Antes de abordar os tratamentos de superfície propriamente ditos, inclusive os mais recentes (DE

HOLANDA CAVALCANTI PEREIRA *et al.*, 2022), serão apresentadas as superfícies implantares conforme categorização mais comum:

Superfícies usinadas

As usinadas são aquelas que apresentam microrranhuras advindas do processo industrial de produção do implante, não exibindo característica superficial de completa lisura nem de rugosidade adequada. A irregularidade superficial é de suma importância para o sucesso da integração do implante ao osso alveolar, e nessa superfície em particular os valores médios de rugosidade estão entre 0,53 e 0,96 μm (LEE *et al.*, 2019). Exemplo na Figura 1.

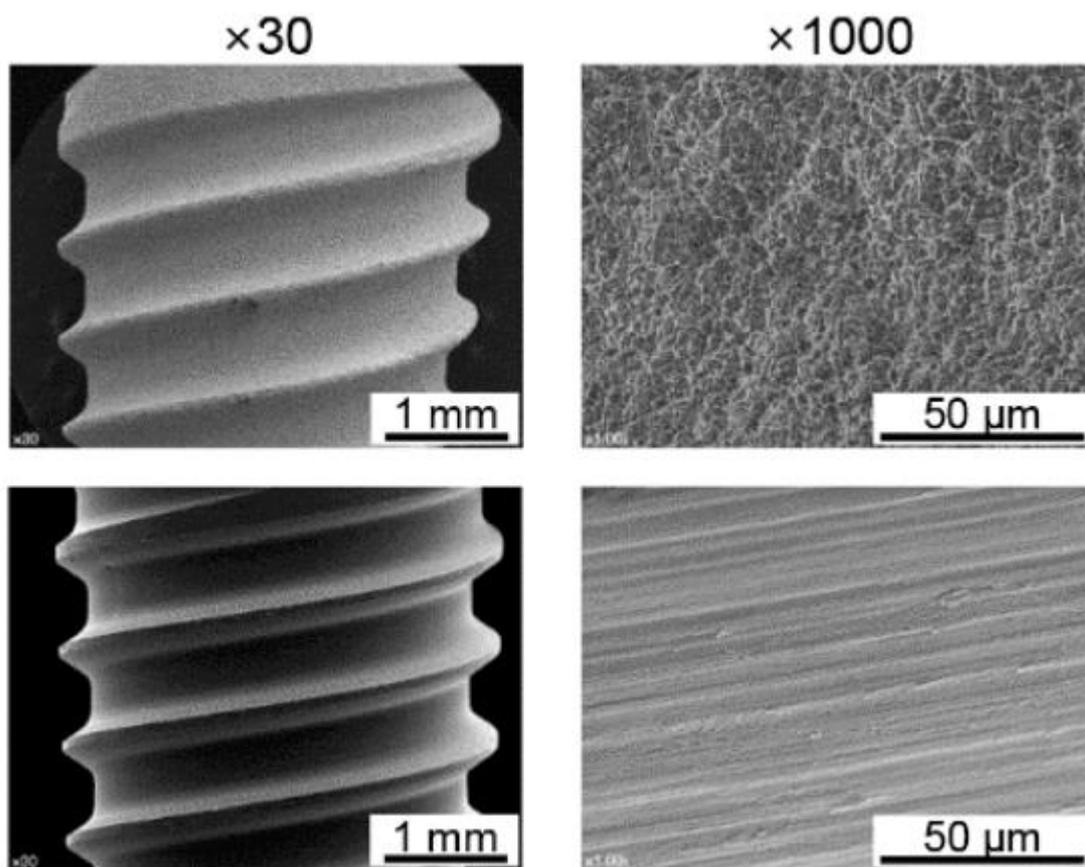


Figura 1. Exemplo de superfície de implante usinada por micrografia eletrônica de varredura (Fonte: Lee *et al.*, 2019).

Superfícies macrotextrizadas

As superfícies macrotextrizadas são aquelas que são produzidas geralmente por adição ou por jateamento, em que é possível verificar macroscopicamente a irregularidade superficial. As espessuras podem variar entre 10-40 μm ou 50-70 μm conforme técnica de execução (sendo o *spray* de plasma a mais comum). Quando utilizado o jateamento, por meio do bombardeamento de diferentes partículas, geralmente óxidos, cria-se uma superfície com ranhuras de tamanho, forma e extensão variáveis. A rugosidade média dessa superfície é de 1,20 a 2,20 μm . Exemplo na figura 2.

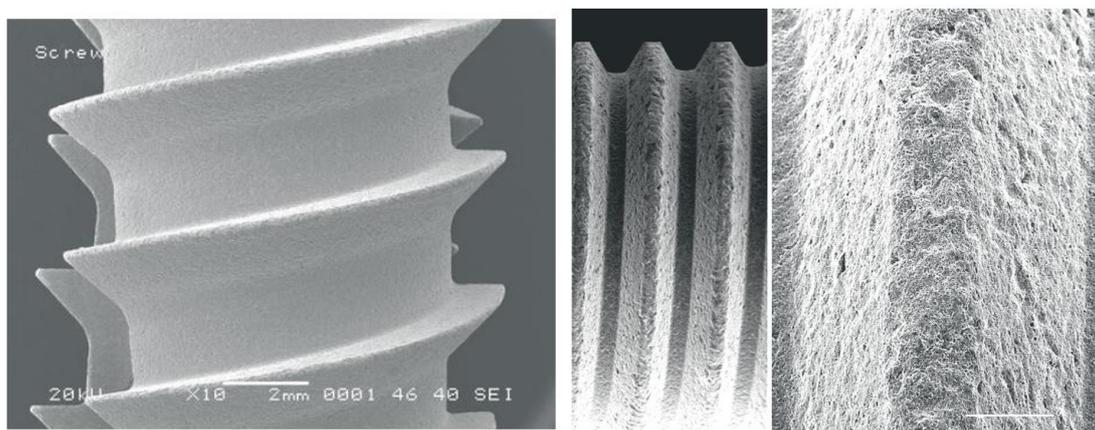


Figura 2. Exemplo de superfície de implante macrotextrizada, por micrografia eletrônica de varredura (Fonte: HIMED, 2022).

Superfícies microtexturizadas

Na microtexturização obtém-se uma irregularização superficial generalizada na superfície, de modo bem distribuído, geralmente por processos químicos como o condicionamento ácido ou físicos de boa dispersão como a foto-ativação a laser, podendo estar associada com uma macrotextrização prévia para obtenção de melhores resultados (AL-ZUBAIDI *et al.*, 2020). Exemplo na figura 3.

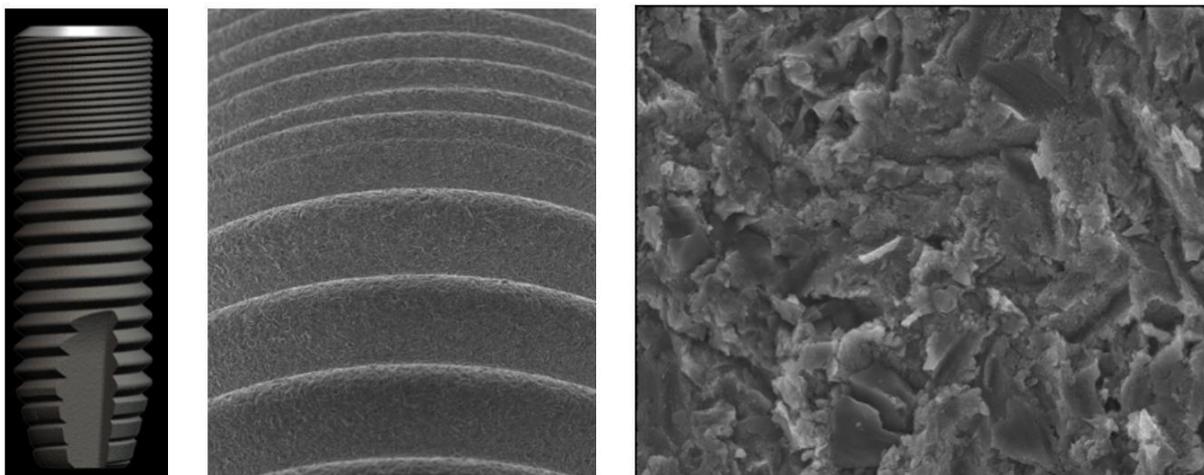


Figura 3. Exemplo de superfície de implante microtexturizada, por micrografia eletrônica de varredura (Fonte: Al-Zubaidi *et al.*, 2020).

Superfícies nanotexturizadas

As superfícies nanotexturizadas exibem uma topografia muito particular, com boa capacidade de molhabilidade e quimiotaxia celular, por meio de uma superfície com rugosidades geradas por corrosão eletroquímica controlada mantendo as funcionalidades biológicas e físico-químicas dos óxidos superficiais. Apresenta porosidade em torno de 1-2 μm , ótima resistência ao desgaste e risco mínimo de liberação de partículas, simultaneamente a uma melhor capacidade de retenção de líquidos e tecido ósseo (LEE *et al.*, 2015). Exemplo na figura 4.

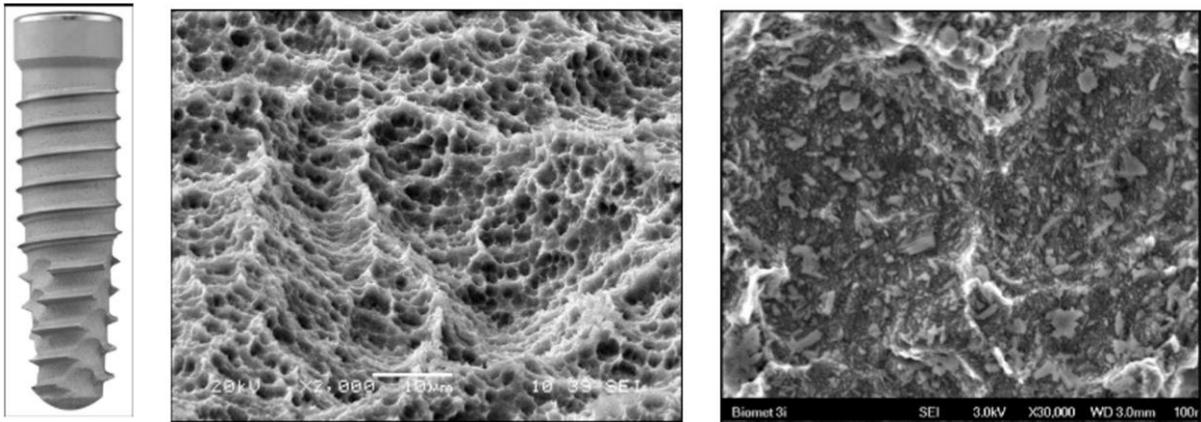


Figura 4. Exemplo de superfície de implante nanotexturizada, por micrografia eletrônica de varredura (Fonte: Al-Zubaidi *et al.*, 2020).

Superfícies biomiméticas

Por fim, as biomiméticas são aquelas que são recobertas por materiais bioativos, que podem funcionar com liberação continuada de moléculas favorecedoras da integração óssea, por simulação de condição tecidual osteogênica e até mesmo osteocondutora (AL-ZUBAIDI *et al.*, 2020). Exemplo na figura 5.

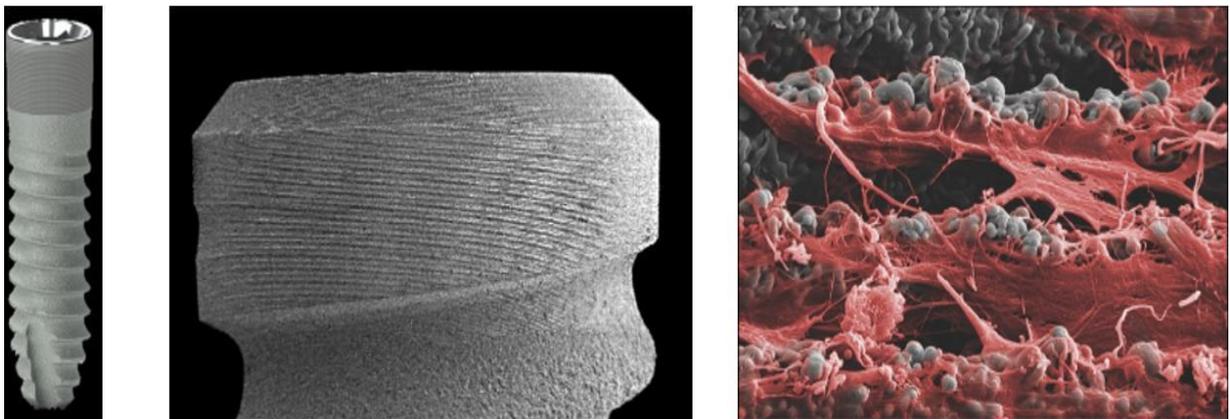


Figura 5. Exemplo de superfície de implante biomimética, por micrografia eletrônica de varredura (Fonte: Al-Zubaidi *et al.*, 2020).

A partir da apresentação das superfícies implantares, é possível discorrer sobre as diversas formas de TSI, com destaque para aqueles confeccionados em liga de titânio, os mais testados e desenvolvidos (LE GUÉHENNEC *et al.*, 2007). Para alteração das características a nível macro, micro e até mesmo nano, propõe-se a execução de processos físicos ou químicos, almejando modular as respostas celulares à superfície implantar e gerar uma resposta satisfatória a nível tecidual (GUIMARÃES NETO; BACELAR, 2019).

Usinagem

Dentre os processos físicos, a usinagem se trata talvez do processo mais simples e mais antigo. Nesse tratamento de superfície implantar são geradas ranhuras pelo próprio processo de fabricação industrial do implante, em que a metalurgia, refinamento e corte da metálica geram irregularidades naturalmente. Com intuito de atuar como tratamento de superfície implantar, esse processo é controlado, de modo a desgastar e gerar condições pré-determinadas de ranhuras. Tendem a ter aspecto superficial menos rugoso e aparentemente regular, porém com visualização clara das irregularidades a nível microscópico (CARVALHO *et al.*, 2009; LEE *et al.*, 2015). Aspecto superficial de uma superfície implantar usinada na figura 6.

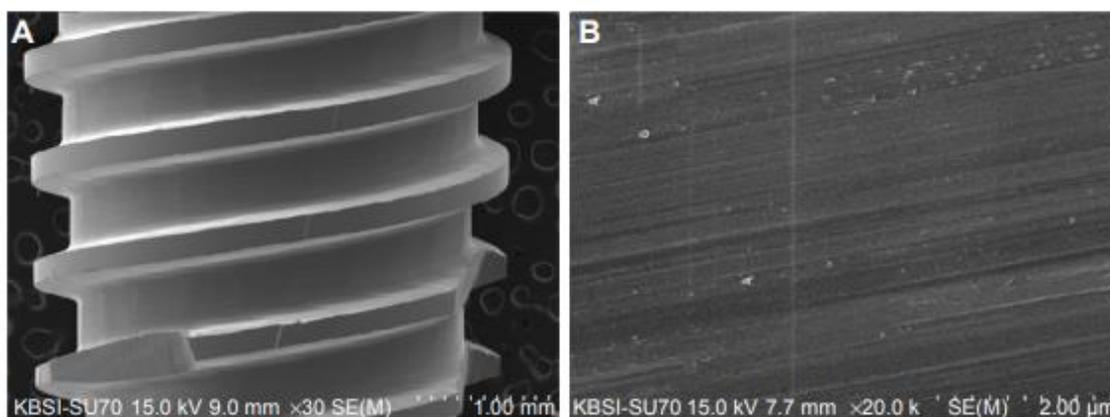


Figura 6. Exemplo resultado de tratamento de superfície implantar por usinagem, verificada por meio micrografia eletrônica de varredura (Fonte: Lee *et al.*, 2015).

Jateamento

O jateamento se trata de um tratamento de superfície abrasivo, no qual fragmentos superficiais são removidos do núcleo do implante. Para esse tratamento, diferentes materiais podem ser utilizados na técnica comumente chamada *sand-blasting*, tais como o óxido de alumínio (Al_2O_3), óxido de titânio (TiO_2) e vidro. O resultado gerado na superfície varia conforme o tamanho da partícula abrasiva utilizada, e a homogeneidade e pressão exercidas durante o tratamento, podendo gerar desde superfícies macrotextrizadas até nanotextrizadas (CARVALHO *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2016). Outros métodos podem ser utilizados com intuito de facilitarem a abrasão, como variação de temperatura, bem como podem ser associados para gerar uma superfície complexa de boas propriedades, como o caso dos implantes *Sand-blasting/Acid-etching* (SLA) que serão abordados mais adiante. Exemplo de superfície obtida por jateamento pode ser verificada na figura 7 (7B).

Foto-tratamento

O foto-tratamento se trata do conjunto de modificações superficiais que podem ser realizados na superfície de um implante baseadas em emissão de luz. Esse processo pode ocorrer por meio da aplicação de *laser*, de luz ultravioleta (UV), de funcionalização por plasma, entre outros. De modo geral, é um método seguro para alterar as características ultra-estruturais do implante dentário, aumentando as capacidades biológicas desse, sem comprometer demasiadamente a topografia e o desenho de superfície. Partindo de um mecanismo complexo de ação, esse tratamento é capaz de alterar a resposta tecidual óssea a nível bioquímico, favorecendo molhabilidade do implante, melhor resposta à fosfatase alcalina, deposição de cálcio e até melhor apresentação química da superfície, com remoção de hidrocarbonetos e eletrofuncionalização (PESCE *et al.*, 2020). Exemplo na figura 7.

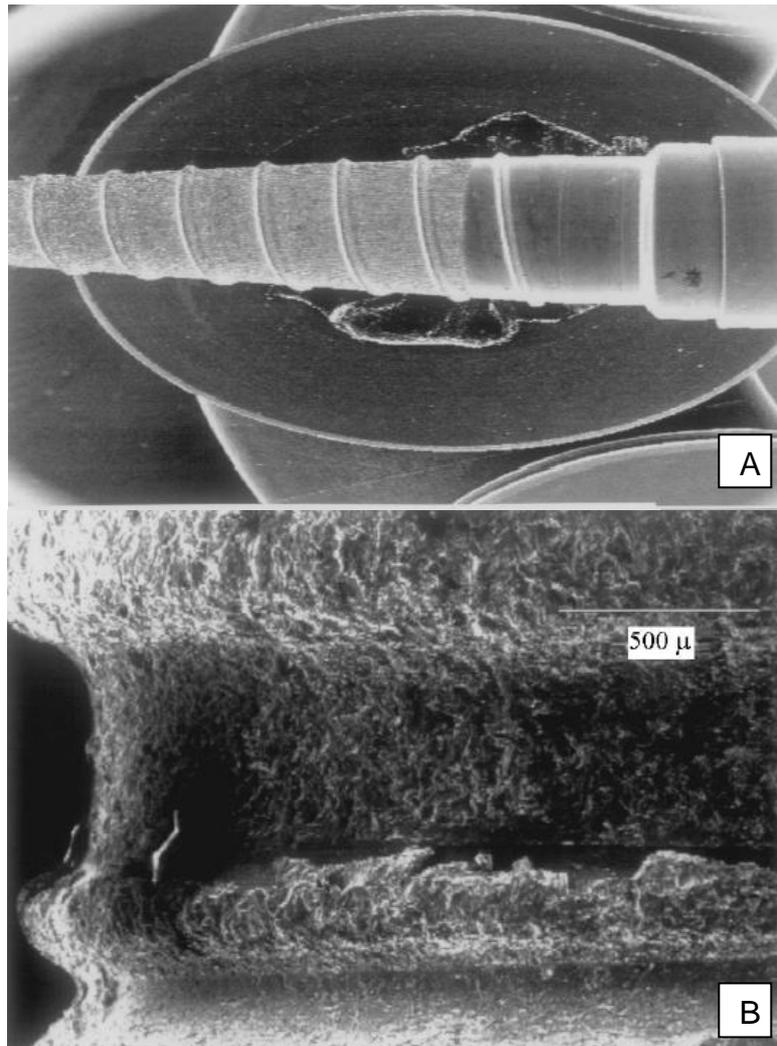


Figura 7. Imagem de microscopia eletrônica de varredura mostrando as irregularidades geradas na superfície dos implantes por laser (7A) e por jateamento de óxido (7B).

Condicionamento ácido

O condicionamento ácido se trata de uma das formas mais comuns de tratamento da superfície dentária, pela qual é realizada uma subtração de estrutura superficial. Nesse tratamento, o implante dentário é submergido em uma ou mais soluções ácidas (como nítrico, sulfúrico ou clorídrico), com variação de protocolos de tempo de exposição, tipo e concentração dos ácidos, e até mesmo a temperatura. A alteração desses parâmetros gera alterações

diretamente relacionadas com as características de superfície obtidas. De qualquer modo, os implantes de titânio, geralmente apresentam boas respostas ao condicionamento ácido, apresentando boa rugosidade superficial e melhoria nas capacidades biológicas, mesmo com a grande amplitude de picos e cavidades que podem ser geradas pelos variados protocolos de condicionamento (NICOLAS-SILVENTE *et al.*, 2020). Exemplo de superfície obtida por condicionamento ácido pode ser verificada na figura 8.

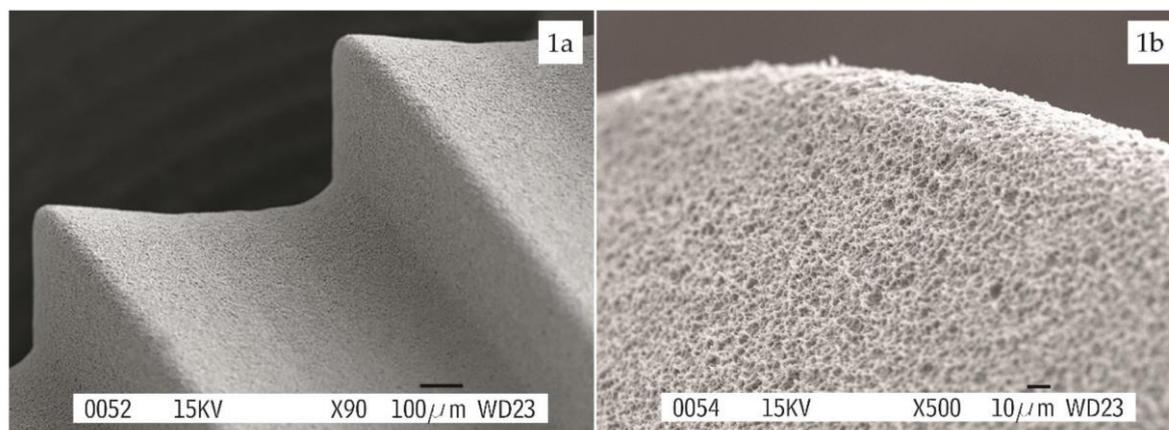


Figura 8. Imagem de microscopia eletrônica de varredura mostrando as irregularidades geradas na superfície dos implantes por condicionamento ácido (Fonte: Velasco-Ortega *et al.*, 2020).

Ainda em relação à superfície obtida pelo condicionamento ácido, é importante destacar que sua associação com o método de jateamento produz os chamados implantes SLA, considerados padrão-ouro em relação à superfície obtida, com excelentes características biológicas, propriedades biomecânicas e taxas de sucesso na osteointegração. Exemplo de implante SLA na figura 9.

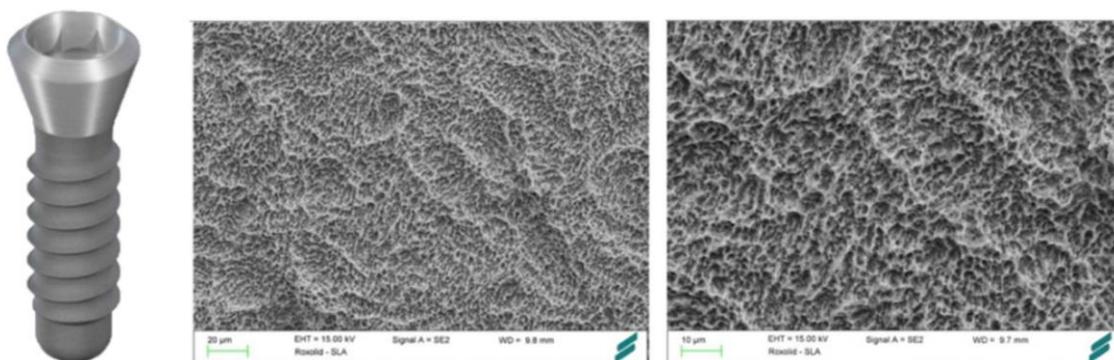


Figura 9. Imagem de microscopia eletrônica de varredura mostrando as irregularidades considerada padrão-ouro geradas na superfície de um implante SLA (fonte: Al-Zubaidi *et al.*, 2020).

Adição ou subtração de compostos químicos

Não se tratam de modalidades específicas de tratamento de implante, mas resultados das técnicas selecionadas. Quando se opta pela execução de tratamentos superficiais que removem substância do núcleo de implante, tal como o jateamento, está sendo realizado um tratamento superficial por subtração. Já no caso da adição, pensa-se o caminho inverso, no qual são incorporados materiais ao núcleo do implante dentário visando aquisição de melhores propriedades (LE GUÉHENNEC *et al.*, 2007; MARIN *et al.*, 2008). Um exemplo de apresentação superficial do método de adição pode ser verificado pela figura 10, em que é representado um recobrimento superficial de fosfato de cálcio biomimético por meio de micrografia eletrônica.

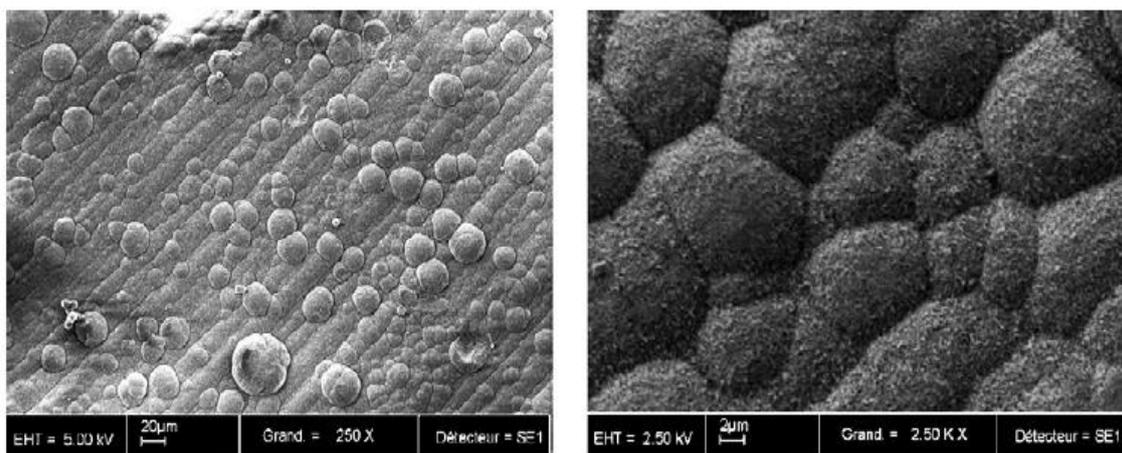


Figura 10. Micrografia eletrônica de varredura mostrando recobrimento de superfície implantar com fosfato de cálcio biomimético por meio de método de adição (Fonte: Le Guéhenec *et al.*, 2007).

Um dos métodos mais estudados atualmente, é o método de adição de hidroxiapatita na superfície implantar por recobrimento. A hidroxiapatita se trata de biocerâmico cálcio-fosfatado de alta biocompatibilidade, que pode ser utilizado para regeneração óssea, e com composição química praticamente idêntica à do osso humano. Dessa forma, o recobrimento da superfície do implante por hidroxiapatita mediado por plasma é um método promissor, já em uso, e com bons resultados *in vitro* e clínicos em relação à performance dos implantes. Por meio de diferentes protocolos de temperatura, corrente e velocidade (*plasma spray*) de incorporação de pó de hidroxiapatita em escala micro ou nanométrica à superfície implantar objetiva gerar a formação de uma camada uniforme, bioativa e em condições de favorecer osseointegração e proliferação óssea com conseguinte aderência biomecânica satisfatória (HUNG *et al.*, 2013). Exemplo de um recobrimento de superfície por nano-hidroxiapatita segue exemplificado na figura 11.

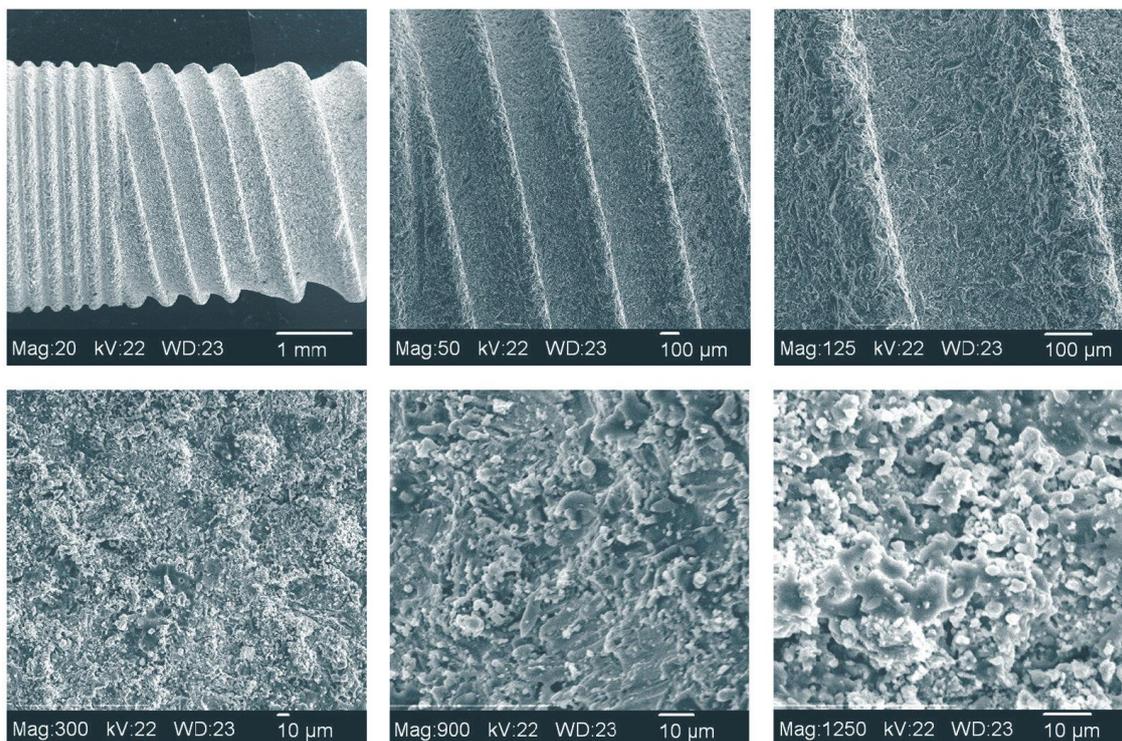


Figura 11. Micrografias eletrônicas de varredura mostrando recobrimento de superfície implantar com hidroxiapatita nanométrica (Fonte: HIMED, 2021).

Implantes impressos

Por fim, uma modalidade de tratamento de superfície do implante, mais relacionada com o modo de confecção e produção a nível industrial, é a impressão tridimensional. Por meio de um modelo computacional, uma arquitetura hierárquica tridimensional é desenvolvida permitindo a execução de um projeto complexo, que permite criação de poros internos, caminhos sinuosos dentro do núcleo do implante, e uma superfície irregular e com ranhuras detalhadamente desenvolvidas. Um dos mecanismos utilizados nessa confecção é o derretimento mediado por *laser* (LBM), que parte de uma matriz usinada regular para materialização do projeto virtual. Trata-se de um processo industrial que permite atingir escalas micrométricas de detalhe, e com excelentes resultados biomecânicos. Segue exemplo na figura 12.

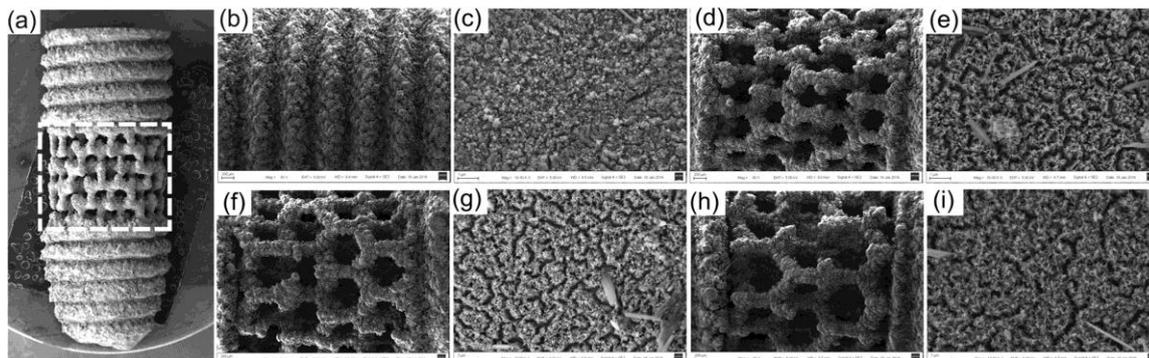


Figura 12. Micrografias eletrônicas de varredura mostrando detalhes de um implante dentário em liga de titânio impresso tridimensionalmente por LBM (Fonte: Yang *et al.*, 2017).

Por fim, fica claro a diversidade de modalidades de tratamento de superfície implantares disponíveis, com variados protocolos de realização e diferentes resultados a nível ultra-estrutural. De modo a exemplificar sucintamente essa ponderação, a figura 13 apresenta algumas diferenças a nível microscópico que podem ser verificadas conforme diferentes tratamentos de superfície são utilizados.

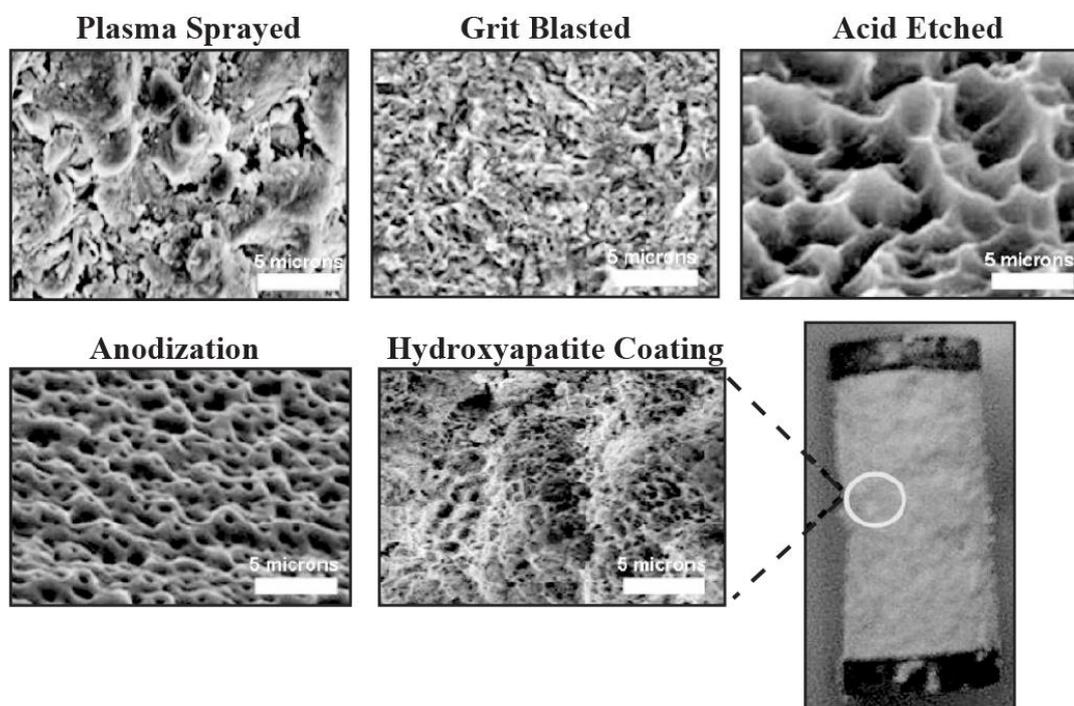


Figura 13. Micrografias eletrônicas de varredura mostrando o resultado de diferentes tratamentos de superfície (Fonte: Ahmed *et al.*, 2018).

4 DISCUSSÃO

O sucesso da reabilitação por meio de implantes dentários depende diretamente da osseointegração, que é a deposição de tecido ósseo na superfície dos implantes. Essa deposição só é possível devido à interação das células do metabolismo ósseo e a superfície implantar. Os biomateriais metálicos tem sido usados há muitos anos nas práticas odontológicas e médicas, devido a sua alta estabilidade de união com os tecidos mineralizados, boa biocompatibilidade e pouca prevalência de reação de corpo estranho e rejeição da peça (SCHWARTZ *et al.*, 1997; TSUKIMURA *et al.*, 2011). Dentre esses biomateriais metálicos, em relação à implantodontia, destaca-se o papel das ligas de titânio, por apresentarem resultados expressivos quanto à adesão óssea e suporte à carga mastigatória, com boas características de fixação entre estrutura metálica e osso alveolar (GUIMARÃES NETO; BACELAR, 2019).

Os primeiros implantes dentários desenvolvidos e utilizados eram desprovidos de qualquer tratamento de superfície (LE GUÉHENNEC *et al.*, 2007). Eram produzidos por meio de usinagem, que resultava em implantes de superfície macroscopicamente lisas e microscopicamente com irregularidades insuficientes para migração celular maximizada (NOVAES *et al.*, 2010). Esse conceito é discutido ainda hoje, tendo em vista que alguns implantes de várias décadas atrás apresentam rugosidades e respostas celulares melhores que implantes já desenvolvidos com TSI (FAVERANI *et al.*, 2010). Mas de todo modo, percebendo uma taxa considerável de perda precoce do implante, falha

de integração implantar, e o potencial de melhorar características do material, buscou-se investigar essas propriedades e desenvolver métodos de TSI (NOVAES *et al.*, 2010). Não restrito às propriedades físico-químicas, buscou-se também aprimorar as propriedades de biocompatibilidade e bioação, melhorando a relação entre osso e superfície implantar e favorecendo maior sucesso biológico do material implantado (LIEVORE DE BRANDÃO *et al.*, 2010).

O trabalho de Carvalho e colaboradores (2010) apresenta uma classificação importante quanto às superfícies dos implantes dentários, o que favorece a compreensão de quais TSI podem ser empregados. Primeiramente, existe a classificação conforme a constituição do implante – dente ligas de titânio, tântalo, ouro, cerâmicas, zircônia, entre outros; e logo em seguida a classificação das superfícies propriamente ditas: usinadas, macrotextrizadas, microtextrizadas, nanotextrizadas e biomiméticas. Essa classificação juntamente do conceito básico de como se dá o TSI demonstra como as modificações superficiais estão associadas à potencialização das propriedades físico-químicas e do favorecimento do sucesso biológico dos implantes dentários (DE HOLANDA CAVALCANTI PEREIRA *et al.*, 2022; GUIMARÃES NETO; BACELAR, 2019; NOVAES *et al.*, 2010; RUPP *et al.*, 2017; TSUKIMURA *et al.*, 2011).

Devido a esse contexto de sucesso biológico, diversos estudos foram realizados de modo a aumentar ainda mais as propriedades funcionais dos implantes dentários, especialmente para identificação de características que pudessem favorecer a osseointegração (LEE; OGAWA, 2012). Com isso, percebeu-se o papel determinante que as propriedades de superfície do

implante possuem no aumento de área de osseointegração e manutenção da fixação implantar, tais como: composição química, aspereza, molhabilidade e topografia (PULEO; NANJI, 1999). Quando alteradas, geram consequências na osteogênese, favorecendo ou prejudicando o relacionamento osso-implante, além de alterar também a capacidade osteocondutora (TSUKIMURA *et al.*, 2011). Conforme Nagem-Filho e colaboradores (2007) relatam em seu estudo, os TSI surgiram conforme percebeu-se que fracassos significativos eram associados a superfícies lisas de implantes, especialmente naqueles com pouca altura óssea alveolar ou baixa densidade óssea.

Guimarães-Neto e Bacelar (2019) trazem em seu estudo alguns dos objetivos por trás da execução dos TSI: redução do tempo de aplicação de carga após a etapa cirúrgica, aceleração da maturação e *turn-over* ósseo, favorecer a possibilidade de aplicação imediata de carga após etapa cirúrgica, aumentar chance de resultados favoráveis à instalação de implantes de regiões de baixa qualidade ou quantidade óssea, obtenção de crescimento ósseo diretamente sobre o implante sem interposição de camadas proteicas, atração de células osteoblásticas e mesenquimais, atração de fibronectinas e maior concentração possível de proteínas de ligação celular. Para alcançar esses objetivos, os autores ainda trazem as considerações dos métodos de tratamentos que podem ser realizados, além dos tipos de processo já comentados, que seriam os de adição e os de subtração.

Independentemente do mecanismo escolhido para execução do TSI, é fundamental que ele consiga alterar favoravelmente a resposta celular. Essa resposta não se restringe às alterações bioquímicas obtidas por meio de recobrimento biomiméticos ou condicionamento químico específico, mas

também de outras características inerentes ao material que está sendo implantado, como cristalinidade, tamanho de partícula e até mesmo apresentação química superficial (NOVAES-JR *et al.*, 2002; LE GUÉHENNEC *et al.*, 2007). Mesmo com os implantes de ligas de titânio, que ainda são o padrão-ouro vigente de material de eleição para os implantes dentários (RUPP *et al.*, 2017), deve-se ser exigente quanto a um tratamento de superfície adequado que induza a formação de um tecido ósseo integrado verdadeiramente, e em uma porcentagem adequada de área, evitando cenários que seriam desfavoráveis ao sucesso implantar, como a formação de um tecido fibroso na interface entre implante e osso alveolar, ou uma baixa superfície de integração entre esses (NICOLAS-SILVENTE *et al.*, 2020).

O trabalho de Tsukimura e colaboradores (2011) apresenta um panorama interessante sobre as propriedades biológicas do titânio, associando a modificação topográfica com funcionalização foto-ativada. Os autores relatam que a possibilidade da tecnologia atual de trabalhar em escala nanométrica, que se dá na faixa do milionésimo do milímetro, permite por si só alterar a característica topográfica do material implantar de modo a permitir maior difusão e interação celular. Além disso, a funcionalização, que também pode ser considerada uma TSI, seria uma modificação química superficial em que são apresentados sítios de ligação através de uma interação física, no caso por uma foto-atividade por luz ultra-violeta (UV), no qual aumenta as taxas de proliferação, maturação e mineralização das células ósseas. Ambos processos de TSI mostraram resultados favoráveis na capacidade da superfície do implante de induzir implantação e desenvolvimento de tecido ósseo viável e integrado, mas o destaque maior foi dado à característica sinérgica dessas,

de modo que, quando utilizadas em conjunto, apresentaram resultados ainda mais favoráveis se comparados com o seu uso isolado.

A seleção pelo método e processo de tratamento das superfícies implantares depende de qual objetivo específico está em foco. No estudo apresentado anteriormente, tratava-se de um ensaio experimental em que se buscava maior ancoragem óssea à superfície do implante. A ancoragem dos implantes se dá principalmente por dois mecanismos de adesão – a bioquímica e a biomecânica (GAGGL *et al.*, 2000). Na adesão biomecânica, incrementos teciduais se ancoram às irregularidades superficiais dos implantes, e nesse sentido a execução de métodos que favoreçam a presença de rugosidades e asperezas, como os processos físicos de jateamento, o método de subtração por ataque ácido, e evitar o processo de usinagem que gera superfícies mais lisas (SILVA *et al.*, 2016).

Por outro lado, considerando a adesão bioquímica, que está relacionada a um maior favorecimento de atração e adesão química de células e proteínas de ligação, deve-se priorizar métodos de adição com recobrimento da superfície com algum material biomimético e/ou osteocondutor. Contudo, é importante ressaltar que os TSI pouco influenciam no tempo de osseointegração, uma vez que essa se trata de uma condição muito mais biológica e diretamente influenciada ao metabolismo celular para definição de tempo necessário para sucesso, de modo que os TSI se caracterizam como processos que afetam o sucesso da integração e a durabilidade do protocolo reabilitador (RASOULI *et al.*, 2018; GUIMARÃES NETO; BACELAR, 2019). Contudo, há consenso na literatura de que o favorecimento de características que aumentem o tempo de sobrevivência dos implantes, mesmo que não

influenciando diretamente na redução do tempo até constatação de sucesso do protocolo reabilitador implantossuportado, ainda é algo desejável e benéfico clinicamente (RASOULI *et al.*, 2018; GUIMARÃES NETO; BACELAR, 2019; NICOLAS-SILVENTE *et al.*, 2020)

Outros estudos oferecem mais informações importante para a compreensão e contextualização da TSI. A revisão de Le Guéhenec e colaboradores (2007) versa sobre a composição química da estrutura superficial dos implantes, bem como sobre a rugosidade superficial desses. De modo bem completo, os autores traçam uma discussão relatando primeiramente a quantidade de implantes dentários disponíveis comercialmente, e como os profissionais devem conhecer as informações sobre os implantes que utilizarão. Fazem questão também de destacar como não existe padronização de métodos para a avaliação da alteração das características estruturais dos implantes, e como deve ser evitado o ensaio empírico, especialmente no grande *gap* em relação à quantidade de ensaios *in vitro* e *in vivo* disponíveis. Finaliza apresentando as tendências mais atuais disponíveis ao tempo da redação da publicação, que eram a rugosidade em escala nanométrica, fosfato de cálcio como biomimético superficial e a incorporação de compostos biologicamente ativos à superfície. De modo geral, mesmo com mais de uma década de publicação, trata-se de um material de qualidade para compreender o desenvolvimento tecnológico dos TSI.

Não é de hoje que a pesquisa em Implantodontia busca o desenvolvimento de materiais e técnicas que permitam uma integração óssea controlada, guiada, e com rápida resposta biológica (PULEO; NANJI, 1999). Porém, o avanço tecnológico, e especialmente a tecnologia vigente, permitiram

que aspectos cada vez mais detalhados e específicos fossem buscados e aprimorados. De forma a confirmar esse paradigma, as melhorias obtidas em relação à micro-estrutura dos implantes dentários, associado à meticulosidade de aplicação da técnica por parte do profissional e corresponsabilidade por parte do paciente no tratamento, são responsáveis por hoje garantir taxa de sucesso do protocolo reabilitador implantossuportado próxima de 100% (NOVAES-JR *et al.*, 2002; FAVERANI *et al.*, 2011). O tratamento de superfícies implantares é uma área de estudo prevalente desde o começo do desenvolvimento da Implantodontia, e trata-se de um tema de pesquisa técnico-científica que permanecerá vigente enquanto a reabilitação implantossuportada existir (KRISHNA *et al.*, 2011). De modo bastante claro, ela evolui, agregando hipóteses tecnológicas, inovadoras, e cada vez mais conectada com as tendências do momento de pesquisa (JAGGESSAR *et al.*, 2017; SOUZA *et al.*, 2019), de modo que, nos dias de hoje, cada vez mais busca-se compreender o detalhamento da superfície em escala nanométrica e sua relação direta com a migração, adesão e proliferação celular de osteoblastos e células mesenquimais (LUKE YEO, 2020).

Não há necessidade de sugerir a execução de novos temas relacionados à TSI, uma vez que fica claro que eles existirão e possuem uma considerável robustez há anos (KURUP *et al.*, 2020; STANFORD, 2008). O importante é que os pesquisadores compreendam a necessidade de equilibrar o volume de estudos conforme a hierarquia esperada de ascensão (*in vitro*, *in vivo*, *ex-vivo*, ensaio clínico), respeitando as bases e evitando inferências inadequadas (FLÜGGE *et al.*, 2018). Essa recomendação serve também aos profissionais que buscam referências e condutas clínicas baseadas em

evidência, para que tenham consciência que técnicas e avanços que obtiveram resultados favoráveis em estudos básico, como os *in vitro* (THAKRAL *et al.*, 2014), não obrigam a indústria e tampouco os próprios profissionais a seguirem tal conduta (ALQUTAIBI; ABOALREJAL, 2018). O volume de informações é favorável, uma vez que diversas lacunas são constantemente preenchidas, porém demandam critério e leitura ponderada, buscando a melhor decisão técnico-teórica que baseará a conduta clínica.

5 CONCLUSÃO

Com essa revisão é possível verificar que a literatura é vasta em relação ao volume de publicações que tratam sobre o tema “tratamento de superfícies de implantes dentários”. Isso se deve principalmente à quantidade de estudos, *in vivo*, *in vitro*, clínicos e revisões que versam sobre o tema. Considerando que é um tema de constante reavaliação, desenvolvimento de métodos e que dificilmente será “esgotado” em relação a novos estudos, não só é esperado como é relevante que haja essa expressiva quantidade de publicações. De modo similar, diversas modalidades de tratamento de superfícies implantares foram identificadas, com diferentes objetivos específicos, porém com foco comum em aprimorar a aplicabilidade clínica, favorecendo sucesso da osseointegração e de obtenção de melhor interface entre osso alveolar e implante dentário.

Dentre os variados métodos e processos pelos quais as modificações ultra-estruturais superficiais dos implantes dentários podem ser obtidas, principalmente aquelas por adição ou subtração, e de origem física, química e até mesmo físico-química. Ressalta-se que a seleção da modalidade de alteração superficial depende de qual objetivo almeja-se, podendo ser a aquisição de uma superfície biomimética, mais rugosa, tratada eletroquimicamente, com maior número de óxidos quimicamente ativos atuando como ligantes e condicionantes celulares, entre outras muitas opções. Porém, de modo geral, mantém-se o constante desejo por aprimorar uma superfície implantar, melhorando alguma relação biomecânica e inferindo melhor resultado clínico.

Benefícios superam com vantagem os riscos ao se abordar os tratamentos de superfícies implantares. Primeiramente por compreender que se trata de um tema de pesquisa diretamente relacionado ao processo de produção, que demanda estudos desde o cenário mais simples, até que seja comprovada sua eficácia e a ausência de efeitos colaterais e fatores de risco para que possam chegar à aplicabilidade clínica. E de forma complementar, por ser nítida a exigência de melhoria por produtos que já se apresentam bons, de modo que não seria viável a perda de características básicas inerentes ao sucesso da instalação de implantes, como a biocompatibilidade e bioatividade, almejando a obtenção de propriedades suplementares às básicas.

Por fim, mais estudos serão realizados, buscando cada vez mais aprimorar as superfícies dos implantes dentários, buscando aumentar a área de integração, a atração de células do metabolismo ósseo e a indução de uma maturação óssea eficaz e duradoura ao redor do implante. E isso será realizado em escala cada vez mais microscópica, específica e detalhada, com utilização de materiais biossintéticos e biomiméticos, porém mantendo a essência biomecânica funcional dos implantes dentários. Caberá ao clínico a seleção crítica das informações que melhor lhe convierem, e selecionar os estudos que de fato podem fundamentar a sua atuação, adoção de protocolos e condutas, e oferecer o melhor tratamento disponível ao seu paciente.

REFERÊNCIAS

1. ALQUTAIBI, A. Y.; ABOALREJAL, A. N. Microgap and Micromotion at the Implant Abutment Interface Cause Marginal Bone Loss Around Dental Implant but More Evidence is Needed. **Journal of Evidence-Based Dental Practice**, [s. l.], v. 18, n. 2, p. 171–172, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2018.03.009>.
2. AL-ZUBAIDI, S. M.; MADFA, A. A.; MUFADHAL, A. A.; ALDAWLA, M. A.; HAMEED, O. S.; YUE, X. G. Improvements in Clinical Durability From Functional Biomimetic Metallic Dental Implants. **Frontiers in Materials**, [s. l.], v. 7, n. May, 2020.
3. BATHOMARCO, R. V.; SOLORZANO, G.; ELIAS, C. N.; PRIOLI, R. Atomic force microscopy analysis of different surface treatments of Ti dental implant surfaces. **Applied Surface Science**, [s. l.], v. 233, n. 1–4, p. 29–34, 2004.
4. BUTURA, C. C.; GALINDO, D. F.; JENSEN, O. T. Mandibular All-On-Four Therapy Using Angled Implants: A Three-Year Clinical Study of 857 Implants in 219 Jaws. **Dental Clinics of NA**, [s. l.], v. 55, n. 4, p. 795–811, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cden.2011.07.015>.
5. CALVO-GUIRADO, J. L.; ORTIZ-RUIZ, A. J.; NEGRI, B.; LÓPEZ-MARÍ, L.; RODRIGUEZ-BARBA, C.; SCHLOTTIG, F. Histological and histomorphometric evaluation of immediate implant placement on a dog model with a new implant surface treatment. **Clinical Oral Implants Research**, [s. l.], v. 21, n. 3, p. 308–315, 2010.
6. CARVALHO, B. M. de; PELLIZZER, E. P.; MORAES, S. L. D. de; FALCÓN-ANTENUCCI, R. M.; JÚNIOR, J. S. F. Tratamentos de superfície nos implantes dentários Surface treatments in dental implants. **Rev. Cir. Traumatol**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 123–130, 2009.
7. COELHO, I. P. TÉCNICA PROTOCOLO ALL-ON-FOUR. [s. l.], p. 1–34, 2019.
8. DE ANDRADE NERI, J. F.; TUNES, R. S.; BARRETO, M. A.; LEAL JR., M. D. S.; BRITO DE OLIVEIRA, C. A.; TUNES, U. D. R. Doença Peri-Implantar Em Paciente Com Diabetes Mellitus Tipo 2: Relato De Caso. **Revista Bahiana de Odontologia**, [s. l.], v. 7, n. 4, 2016.
9. DE HOLANDA CAVALCANTI PEREIRA, A. K.; DE OLIVEIRA LIMIRIO, J. P. J.; CAVALCANTI DO EGITO VASCONCELOS, B.; PELLIZZER, E. P.; DANTAS DE MORAES, S. L. Mechanical behavior of titanium and zirconia abutments at the implant-abutment interface: A systematic review. **Journal of Prosthetic Dentistry**, [s. l.], p. 1–7, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2022.01.006>.
10. FAVERANI, L. P.; RAMALHO-FERREIRA, G.; GAETTI-JARDIM, E. C.;

OKAMOTO, R. Implantes Osseointegrados: Evolução E Sucesso. **Salusvita, Bauru**, v. 30, n. 1, p. 47-58, [s. l.], p. 47–58, 2011.

11. FLÜGGE, T.; VAN DER MEER, W. J.; GONZALEZ, B. G.; VACH, K.; WISMEIJER, D.; WANG, P. The accuracy of different dental impression techniques for implant-supported dental prostheses: A systematic review and meta-analysis. **Clinical Oral Implants Research**, [s. l.], v. 29, n. March, p. 374–392, 2018.

12. FREITAS, D. F. de; FREIRE, J. C. P.; MELO, W. O. de S.; JÚNIOR, E. C. F.; COSTA, B. P.; FILHO, A. L. N. F.; LIMA, S. A. N. de; PEREIRA, J. V.; DIAS, E.; RIBEIRO. Tratamento all-on-four em implantodontia: conceito e atualizações. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 2020, p. 1–12, 2020.

13. GAGGL, A.; SCHULTES, G.; MÜLLER, W. D.; KÄRCHER, H. Scanning electron microscopical analysis of laser-treated titanium implant surfaces-a comparative study. **Biomaterials**, [s. l.], v. 21, n. 10, p. 1067–1073, 2000.

14. GUIMARÃES NETO, U.; BACELAR, S. Implantes Dentários Com Superfície Tratada: Revisão De Literatura. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, [s. l.], p. 69–83, 2019.

15. JAGGESSAR, A.; SHAHALI, H.; MATHEW, A.; YARLAGADDA, P. K. D. V. Bio-mimicking nano and micro-structured surface fabrication for antibacterial properties in medical implants. **Journal of Nanobiotechnology**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 1–20, 2017.

16. KRISHNA, A. R.; KISHORE, G.; NAGARAJA, U.; MOHAMMED, S.; RAVI, K. R.; SEKHAR, R. Surface Roughness of Implants: A Review. **Trends in Biomaterials and Artificial Organs**, [s. l.], v. 25, n. 3, p. 112–118, 2011.

17. KURUP, A.; DHATRAK, P.; KHASNIS, N. Surface modification techniques of titanium and titanium alloys for biomedical dental applications: A review. **Materials Today: Proceedings**, [s. l.], v. 39, n. xxxx, p. 84–90, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.163>.

18. LE GUÉHENNEC, L.; SOUEIDAN, A.; LAYROLLE, P.; AMOURIQ, Y. Surface treatments of titanium dental implants for rapid osseointegration. **Dental Materials**, [s. l.], v. 23, n. 7, p. 844–854, 2007.

19. LEE, J. H.; OGAWA, T. The biological aging of titanium implants. **Implant Dentistry**, [s. l.], v. 21, n. 5, p. 415–421, 2012.

20. LEE, J. K.; CHOI, D. S.; JANG, I.; CHOI, W. Y. Improved osseointegration of dental titanium implants by tio2 nanotube arrays with recombinant human bone morphogenetic protein-2: A pilot in vivo study. **International Journal of Nanomedicine**, [s. l.], v. 10, p. 1145–1154, 2015.

21. LEE, J. B.; JO, Y. H.; CHOI, J. Y.; SEOL, Y. J.; LEE, Y. M.; KU, Y.; RHYU, I. C.; YEO, I. S. L. The effect of ultraviolet photofunctionalization on a titanium

dental implant with machined surface: An in vitro and in vivo study. **Materials**, [s. l.], v. 12, n. 13, 2019.

22. LIEVORE DE BRANDÃO, M.; BATISTA DEGLI ESPOSTI, T.; DÉCIO BISOGNIN, E.; DAVID HARARI, N.; MACIEL VIDIGAL JR, G.; BALTAZAR CONZ, M. Superfície dos implantes osseointegrados X resposta biológica Dental implants surface X biological response: a literature review. **Caderno Científico REVISTA IMPLANTNEWS**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 95–101, 2010.

23. LUKE YEO, I. S. Modifications of dental implant surfaces at the microand nano-level for enhanced osseointegration. **Materials**, [s. l.], v. 13, n. 1, p. 89, 2020.

24. MARENZI, G.; IMPERO, F.; SCHERILLO, F.; SAMMARTINO, J. C.; SQUILLACE, A.; SPAGNUOLO, G. Effect of different surface treatments on titanium dental implant micro-morphology. **Materials**, [s. l.], v. 12, n. 5, 2019.

25. MARIN, C.; GRANATO, R.; SUZUKI, M.; GIL, J. N.; COELHO, P. G. Teste de remoção ao torque e caracterização de superfície entre implantes com adição de biocerâmica absorvível e duplo ataque ácido. **ImplantNews**, [s. l.], v. 5, n. 4, p. 427–432, 2008.

26. MAURÍCIO, J. M.; MIRANDA, T. S.; ALMEIDA, M. L.; SILVA, H. D.; FIGUEIREDO, L. C.; DUARTE, P. M. An umbrella review on the effects of diabetes on implant failure and peri-implant diseases. **Brazilian Oral Research**, [s. l.], v. 33, p. 1–10, 2019.

27. MELO, A. R.; GOMES, C. E. V.; CAMPOS, F. A. M. Relation Between Diabetes Mellitus and the Protein of Integration of Dental Implants. **Brazilian journal of implantology and health sciences**, [s. l.], v. 1, n. 5, p. 101–118, 2019.

28. MORRA, M.; CASSINELLI, C. C.; BRUZZONE, B. G.; CARPI, A.; SANTI, G. Di; GIARDINO, R.; FINI, M. Surface Chemistry Effects of Topographic Modification of Titanium Dental Implant Surfaces: Surface Analysis. **The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants**, [s. l.], v. 18, n. 1, 2003.

29. NAGEM FILHO, H. Influência da textura superficial dos implantes. **Revista Odonto Ciência–Fac. Odonto/PUCRS**, [s. l.], v. 22, n. 5, 2007.

30. NICOLAS-SILVENTE, A. I.; VELASCO-ORTEGA, E.; ORTIZ-GARCIA, I.; MONSALVE-GUIL, L.; GIL, J.; JIMENEZ-GUERRA, A. Influence of the Titanium Implant Surface Treatment on the Surface Roughness and Chemical Composition. **Materials**, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 1–13, 2020.

31. NOVAES-JR, A. B.; SOUZA, S. L. S.; OLIVEIRA, P. T. de; SOUZA, A. M. M. S. Histomorphometric analysis of the bone-implant contact obtained with 4 different implant surface treatments placed side by side in the dog mandible. **Implant Dentistry**, [s. l.], v. 11, n. 4, p. 394, 2002.

32. NOVAES, A. B.; DE SOUZA, S. L. S.; DE BARROS, R. R. M.; PEREIRA, K. K. Y.; IEZZI, G.; PIATTELLI, A. Influence of implant surfaces on osseointegration. **Brazilian Dental Journal**, [s. l.], v. 21, n. 6, p. 471–481, 2010.
33. PESCE, P.; MENINI, M.; SANTORI, G.; GIOVANNI, E. De; BAGNASCO, F.; CANULLO, L. Photo and Plasma Activation of Dental Implant Titanium Surfaces . A Systematic Review with Meta-Analysis of Pre-Clinical Studies. [s. l.], 2020.
34. PIERALLI, S.; KOHAL, R. J.; JUNG, R. E.; VACH, K.; SPIES, B. C. Clinical Outcomes of Zirconia Dental Implants : A Systematic Review. [s. l.], 2017.
35. PULEO, D. A.; NANCI, A. Understanding and controlling the bone-implant interface. **Biomaterials**, [s. l.], v. 20, n. 23–24, p. 2311–2321, 1999.
36. RASOULI, R.; BARHOUM, A.; ULUDAG, H. Biomaterials Science for dental implants : surface coating , patterning. **Biomaterials science**, [s. l.], v. 6, n. 6, p. 1312–1338, 2018.
37. RIBEIRO, F. V.; CASARIN, R. C. V.; JÚNIOR, F. H. N.; SALLUM, E. A.; ANTONIO SALLUM, W.; CASATI, M. Z. EFEITO DO TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE DE IMPLANTES SOBRE O REPARO ÓSSEO - ESTUDO HISTOMÉTRICO EM RATOS. **Periodontia**, [s. l.], v. 16, n. 2, 2006.
38. RUPP, F.; LIANG, L.; GEIS-GERSTORFER, J.; SCHEIDELER, L.; HÜTTIG, F. Surface characteristics of dental implants : A review. **Dental Materials**, [s. l.], v. 34, n. 1, p. 40–57, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2017.09.007>.
39. SCHÜNEMANN, F. H.; GALÁRRAGA-VINUEZA, M. E.; MAGINI, R.; FREDEL, M.; SILVA, F.; SOUZA, J. C. M.; ZHANG, Y.; HENRIQUES, B. Zirconia surface modifications for implant dentistry. **Materials Science and Engineering C**, [s. l.], v. 98, n. July 2018, p. 1294–1305, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.01.062>.
40. SCHWARTZ, Z.; KIESWETTER, K.; DEAN, D. D.; BOYAN, B. D. **Underlying mechanisms at the bone-surface interface during regeneration**. [S. l.: s. n.], 1997.
41. SILVA, F. L. e; RODRIGUES; PAMATO, F.; PEREIRA, S.; PEREIRA, J. R. Tratamento de superfície em implantes dentários : uma revisão de literatura. **Revista da Faculdade de Odontologia-UPF**, [s. l.], v. 21, n. 1, p. 136–142, 2016.
42. SOUZA, J. C. M.; SORDI, M. B.; KANAZAWA, M.; RAVINDRAN, S.; HENRIQUES, B.; SILVA, F. S.; APARICIO, C.; COOPER, L. F. Nano-scale modification of titanium implant surfaces to enhance osseointegration. **Acta Biomaterialia**, [s. l.], v. 94, p. 112–131, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2019.05.045>.
43. STANFORD, C. M. Surface modifications of dental implants. **Australian**

Dental Journal, [s. l.], v. 53, n. SUPPL. 1, 2008.

44. THAKRAL, G. K.; THAKRAL, R.; SHARMA, N.; SETH, J.; VASHISHT, P. Nanosurface-the future of implants. **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, [s. l.], v. 8, n. 5, p. 7–10, 2014.

45. TING, M.; CRAIG, J.; BALKIN, B. E.; SUZUKI, J. B. Peri-implantitis: A comprehensive overview of systematic reviews. **Journal of Oral Implantology**, [s. l.], v. 44, n. 3, p. 225–247, 2018.

46. TSUKIMURA, N.; YAMADA, M.; IWASA, F.; MINAMIKAWA, H.; ATT, W.; UENO, T.; SARUWATARI, L.; AITA, H.; CHIOU, W. A.; OGAWA, T. Synergistic effects of UV photofunctionalization and micro-nano hybrid topography on the biological properties of titanium. **Biomaterials**, [s. l.], v. 32, n. 19, p. 4358–4368, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biomaterials.2011.03.001>.

47. WANG, Q.; ZHOU, P.; LIU, S.; ATTARILAR, S.; MA, R. L. W.; ZHONG, Y.; WANG, L. Multi-scale surface treatments of titanium implants for rapid osseointegration: A review. **Nanomaterials**, [s. l.], v. 10, n. 6, p. 1–27, 2020.