

**FACULDADE DE ENFERMAGEM NOVA ESPERANÇA DE MOSSORÓ  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

**JULES DANILO PEREIRA SILVA**

**TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE DOS IMPLANTES DE TITÂNIO:  
UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.**

MOSSORÓ/RN  
2021

**JULES DANILO PEREIRA SILVA**

**TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE DOS IMPLANTES DE TITÂNIO:  
UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Monografia apresentada à Faculdade de  
Enfermagem Nova Esperança de Mossoró  
FACENE/RN como requisito obrigatório  
para obtenção do título de bacharel em  
Odontologia.

ORIENTADOR: Prof. Me. Vasco de  
Lima Pinto

MOSSORÓ/RN  
2021

**JULES DANILO PEREIRA SILVA**

**TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE DOS IMPLANTES DE TITÂNIO:  
UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.**

Monografia apresentada à Faculdade de  
Enfermagem Nova Esperança de Mossoró  
FACENE/RN como requisito obrigatório  
para obtenção do título de bacharel em  
Odontologia.

Aprovado em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

Banca Examinadora

---

Prof. Me. Vasco, de Lima Pinto  
Faculdade de Enfermagem Nova Esperança de Mossoró

---

Prof. Dr. Isaac Jordão de Souza Araújo  
Faculdade de Enfermagem Nova Esperança de Mossoró

---

Prof. Me. Antonio Alex de Lima Silva  
Faculdade de Enfermagem Nova Esperança de Mossoró

Dedico aos meus pais, esposa, irmãos e filhos.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria primeiramente de agradecer a Deus, por ter me abençoado com a vida e meu desenvolvimento até aqui. Sinto que Ele está sempre comigo nos momentos que mais preciso, me ajudando e orientando. E foi Ele, Eloim, que reservou um futuro melhor através desta profissão ao qual concluo através deste trabalho.

Não poderia deixar de mencionar os meus pais, pelo amor, incentivo e ao apoio incondicional. O meu pai, José Julio da Silva, meu herói que sempre me incentivou a procurar um futuro melhor através do estudo e de uma graduação. A minha mãe, Sônia Maira Pereira Silva, uma heroína que me deu apoio e incentivo nas horas difíceis.

A minha esposa, Antônia Janaina de Medeiros Silva, dedico este projeto de pesquisa cuja presença foi essencial para a conclusão deste trabalho. Grato pela sua compreensão com as minhas horas de ausência, onde foi capaz de suportar todos os meus momentos de estresse durante todo o processo de graduação.

Aos meus irmãos, Julliany, Mariany e Moisés, que por todo o apoio e pela ajuda, que muito contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos meus filhos Pedro e Guilherme, que são minha razão de viver me dando outro sentido na vida.

E dedico este trabalho a todos aqueles que me ajudaram de alguma forma no decorrer deste curso de graduação.

“... As escrituras estão diante de ti, sim, e todas as coisas mostram que existe um Deus; sim, até mesmo a terra e tudo que existe sobre a sua face, sim, e seu movimento, sim, e também todos os planetas que se movem em sua ordem regular testemunham que existe um Criador Supremo”

(LIVRO DE MORMON, 2015, p.330)

## RESUMO

A osseointegração é a formação de novos tecidos ósseos na superfície de contato do implante/osso que necessita de interações entre as células do hospedeiro com a superfície do implante. Este fato acontece após a instalação do implante no leito ósseo, com o acúmulo de células osteogênicas na superfície do implante de titânio. Os tratamentos de superfície de implantes vieram para desempenhar o papel de inovação, mostrando um novo relacionamento com a osseointegração. Foi por meio do desenvolvimento de tecnologias e procedimentos em que foi estudado o tratamento da superfície do implante, resultando na melhoria desta interação com a biologia do hospedeiro quando comparado à implantes de superfície lisa. O objetivo deste trabalho foi trazer por meio de uma revisão de literatura, os tratamentos das superfícies dos implantes de titânio, suas interações com a biologia do hospedeiro e como as modificações de superfície alteram a rapidez e a qualidade da osseointegração quando comparado aos implantes sem nenhum tratamento. O presente trabalho foi desenvolvido em forma de revisão de literatura do tipo integrativa qualitativa, utilizando como fonte de pesquisa o Google Acadêmico, PubMed e Scielo. Nestes foram utilizados as palavras chaves 'tratamentos de superfície', 'osseointegração', 'implantes dentários' e 'superfície do implante'. Após a análise dos artigos selecionados, foi realizada uma breve abordagem demonstrando a eficácia dos tratamentos de superfície dos implantes, com o corpo do implante sendo um biomaterial de titânio, topografia de superfície, tratamentos químicos, ataques ácidos e jateamentos que influenciam a adesão do implante ao osso. Estes foram comparados aos implantes sem nenhum tratamento em sua superfície conhecidos como implantes usinados. Os estudos demonstraram que os implantes com superfície tratada e que apresentam rugosidades variadas têm uma maior área de contato entre o implante e o osso. Com isso, os tratamentos de nanotexturização, anodização e os recobrimentos da superfície dos implantes de titânio, ajudam na melhor adaptação e osseointegração, tendo assim melhores resultados e sucesso no tratamento quando comparado aos implantes de superfície lisa. Entretanto, a literatura não apresenta um consenso geral sobre o melhor tratamento de superfície.

**Palavras-chave:** Implantes. Tratamentos de superfície. Osseointegração. Propriedade de superfície.

## ABSTRACT

Osseointegration is the formation of new bone tissue on the implant/bone contact surface that requires interactions between host cells with the implant surface. This fact happens after implant placement in the bone bed, with the accumulation of osteogenic cells on the surface of the titanium implant. Implant surface treatments came to play the role of innovation, showing a new relationship with osseointegration. It was through the development of technologies and procedures that the implant surface treatment was studied, resulting in the improvement of this interaction with the host biology when compared to smooth surface implants. The objective of this work was to bring, through a literature review, the surface treatments of titanium implants, their interactions with the host biology and how surface modifications alter the speed and quality of osseointegration when compared to implants without any treatment. The present work was developed in the form of a qualitative integrative literature review, using Google Academic, PubMed and Scielo as the research source. Keywords 'surface treatments', 'osseointegration', 'dental implants' and 'implant surface' were used. After analyzing the selected articles, a brief approach was carried out demonstrating the effectiveness of the surface treatments of the implants, with the implant body being a titanium biomaterial, surface topography, chemical treatments, acid etching and blasting that influence implant adhesion to bone. These have been compared to implants without any surface treatment known as machined implants. Studies have shown that surface-treated implants that have different roughness have a larger contact area between the implant and the bone. Thus, nanotexturization treatments, anodization and surface coatings of titanium implants help in better adaptation and osseointegration, thus having better results and treatment success when compared to smooth surface implants. Though, the literature does not present a general consensus on the best surface treatment.

**Keywords:** Implants. Surface treatments. Osseointegration. Surface property.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1 Metais utilizados na implantodontia	14
2.2 RESPOSTAS BIOLÓGICAS SOBRE AS SUPERFÍCIES TRATADAS DOS IMPLANTES	14
2.3 INTRODUÇÕES AOS TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE	15
2.4 NANOTEXTURIZAÇÃO	16
2.5 ANODIZAÇÃO	16
2.6 RECOBRIMENTOS DA SUPERFÍCIE DOS IMPLANTES	17
2.6.1 Spray de plasma	17
2.6.2 A nitretação iônica	18
2.7 SOLUÇÕES COM FOSFATO DE CÁLCIO	18
2.8 SUPERFÍCIES BIOMIMÉTICAS	19
3 METODOLOGIA	20
3.1 Tipo de pesquisa	20
3.2 LOCAIS DA PESQUISA	20
3.3 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS	20
3.4 PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5 CONCLUSÕES	33
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>34</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente o grande diferencial na odontologia é devolver o sorriso para aqueles que de alguma maneira perderam o(s) seu(s) elemento(s) dentário(s). A estética do sorriso é de grande valia para o bem-estar físico, mental e social do indivíduo. Com isso, foram desenvolvidos os implantes dentários, para devolver os elementos perdidos, a estética do sorriso e as funções mastigatórias, sendo eles unitários ou múltiplos. Todo esse desenvolvimento resultou em grandes evoluções e mudanças no que diz respeito ao tamanho, forma e fabricação dos implantes ao longo das décadas, conferindo a eles estabilidade, confiança e versatilidade para adaptações, fixação de prótese, suporte e retenção.

Para muitas pessoas e profissionais, os implantes lisos/usinados ou também chamados de implantes convencionais, sem tratamento de superfície, contando apenas com a sua rugosidade natural conseguida através de sua usinagem, são uma realidade. Entendendo os processos de fabricação dos implantes e principalmente os tratamentos de superfície neles adotados, como: a nanotexturização, anodização e os recobrimentos da superfície dos implantes, iremos enfatizar a importância dos tratamentos das superfícies dos implantes de titânio e a efetividade dos mesmos para a osseointegração, que é a união estável e funcional entre o osso e uma superfície de titânio, neste caso, um implante dentário. Este fenômeno ocorre após a inserção do implante de titânio no leito ósseo e a migração das células ósseas para a superfície deste metal; assim, conferindo o processo de osseointegração através da criação de novas camadas ósseas em torno da superfície do implante, comparando-os aos implantes sem tratamento de superfície, visto que para alguns pesquisadores, são necessários mais estudos sobre esse assunto.

O modo de ancoragem dos implantes pode ser dividido em dois grupos, sendo eles de adesão biomecânica ou adesão bioquímica. O tratamento das superfícies dos implantes pretende alcançar uma melhor ancoragem e fixação dos implantes, melhorando a osseointegração. Por sua vez, o que identifica a osseointegração é a criação de novos tecidos ósseos na superfície de contato do osso/implante onde é necessária a interação entre as células do hospedeiro com a da superfície do implante caracterizando uma adesão bioquímica (PALMQUIST et al., 2010).

O aperfeiçoamento dos implantes, de sua superfície e das técnicas cirúrgicas atingiram melhores resultados com a descoberta da osseointegração e com o entendimento sobre a interação da superfície implante/osso. Culminando assim na credibilidade, otimização de

tempo pós-cirúrgico, aumentando e conduzindo a fisiologia para o uso de técnicas variadas, seja de carga imediata ou não (NETO; BARCELAR, 2019).

Inevitavelmente, a busca comercial promove as inovações e técnicas que viabilizem cada vez mais a fixação dos implantes ao osso. Nesse cenário, as mudanças superficiais dos implantes procuram conduzir as células pioneiras do tecido ósseo a se relacionar com a superfície do implante, formando um novo tecido ósseo que é responsável pela durabilidade da reabilitação. Assim, foi verificado através da literatura se os tratamentos de superfície dos implantes de titânio são capazes de melhorar a neoformação de tecido ósseo ao redor dos implantes, se comparado com os implantes usinados sem tratamento de superfície (NETO; BARCELAR, 2019).

Os procedimentos nos tratamentos de superfície dos implantes podem ser divididos em dois grupos, sendo eles: de adição, quando acrescentam algum material em sua superfície; e de subtração, aqueles que são retirados parte de sua superfície mais externa. No grupo da adição, é depositado em sua superfície uma película de recobrimento, sendo usado o mesmo material do implante ou não. Não obstante, no grupo de subtração é removida a camada mais externa por processo de usinagem (GROISMAN et al., 2005; BISPO, 2019).

Através do estudo do tratamento da superfície do implante que houve a melhoria dos resultados clínicos, da longevidade, da ancoragem dos implantes e a interação com a biologia do hospedeiro, se comparado aos implantes de superfície lisa/usinados, sem tratamento em sua superfície (PALMQUIST et al., 2010).

A topografia da superfície dos implantes dentários está ligada às décadas de inovação. E foi a texturização um dos avanços tecnológicos sobre a superfície dos implantes em medidas micro e nanométricas com o manejo igualitário da rugosidade para aperfeiçoar a osseointegração. Classificando a escala micrométrica entre 0,5 e 50 micrômetros e a escala nanométrica entre 1 e 100 nanômetros (SAGHIRI et al., 2016).

É extremamente importante o aspecto da superfície do(s) implante(s) no momento inicial do processo de osseointegração. As alterações das camadas externas do implante sendo macro, micro e nanométricas, interferem diretamente nas interações biomoleculares e celulares nos testes *in vitro* e nos tecidos moles ou duro nos testes *in vivo* (JEMAT et al., 2015).

O objetivados tratamentos de superfícies como a nanotexturização; anodização e os recobrimentos da superfície dos implantes têm como seu princípio básico: diminuir o tempo de espera para se iniciar a função mastigatória pós-cirurgia; agilizar o desenvolvimento e o amadurecimento do tecido ósseo para garantir o carregamento imediato, aumentar a

estabilidade primária, tornar seguro o processo que leva ao sucesso de implantes que são instalados em locais que apresentam um leito ósseo com menor quantidade e qualidade de tecidos, garantir a criação e depósito de tecido ósseo na superfície do implante, aumentar a área de contato plausíveis da osseointegração, obter a interação entre implante/osso sem a intercalação de camadas proteicas amorfas, carrear células osteoblásticas, pré-osteoblásticas e mesenquimais, carrear proteínas de ligação para células osteogênicas e conseguir uma reunião elevada de proteínas de ligação celular na superfície entre implante/osso (ELIAS et al., 2008; NETO; BACELLAR, 2019).

Entretanto outras variações de superfície são conhecidas, com rugosidade moderada por jateamento ou ataque ácido, onde comprovam uma melhor osseointegração comparadas as usinadas. Isso prova; que a osseointegração necessita de alguma rugosidade para que seja realizada a adesão biomecânica, e que o grau dessa rugosidade interfere assertivamente ou negativamente nessa adesão (ALBREKTSSON; WENNERBERG, 2004; NETO; BACELLAR, 2019).

Um implante usinado é travado no leito ósseo por pequenas ranhuras no tecido do hospedeiro através de pequenas roscas na superfície do implante, caracterizando assim uma adesão biomecânica, tendo como sua única base e fonte de sucesso a sua ancoragem biomecânica (ALBREKTSSON; WENNERBERG, 2004; BISPO, 2019; NETO; BACELLAR, 2019).

A adesão biomecânica é diretamente sujeita ao tempo. E isto, é uma fragilidade. Pois existe um tempo indispensável para que aconteça a criação e a penetração do tecido ósseo nas pequenas ranhuras da superfície. O implante com adesão biomecânica é segurado junto ao tecido duro por sua caracteriza atribuída do macrodesign e influenciado através da quantidade de espiras, da distancias entre elas e de seu formato. Em 1980, apregoavam que a rugosidade deveria ser estabelecida entre 50  $\mu\text{m}$  e 100  $\mu\text{m}$  para uma melhor osseointegração, hoje se sabe que as rugosidades menores de 1  $\mu\text{m}$  viabilizava a osseointegração (ALBREKTSSON; WENNERBERG, 2004; BISPO, 2019).

O que conhecemos como estabilidade primária de implante é na verdade a sua ancoragem óssea, que é subordinado de sua estrutura macroscópica, se há presença de espiras não, de sua geometria, entre outros. Variadas alterações nas formas e nas quantidades das espiras do implante, como na microrroscas próximo ao pescoço do implante e macrorroscas a metade do corpo tem se utilizados para frisar a intenção da osseointegração e ressaltar o efeito desejado da biomecânica. Nos implantes usinados demonstravam uma rugosidade de 0,5  $\mu\text{m}$  e 1,0  $\mu\text{m}$ , onde eram considerados como perfeito. Entretanto, hoje

sabemos que as rugosidades acima de 1,5  $\mu\text{m}$  são melhores das que as preconizadas anteriormente (NETO; BACELLAR, 2019).

Sendo assim, seja implantes com ligações biomecânicas ou bioquímicas temos como objetivo deste trabalho de revisão de literatura, trazer os tratamentos das superfícies dos implantes de titânio, suas interações com a biologia do hospedeiro e como as modificações de superfície alteram a rapidez e a qualidade da osseointegração quando comparado aos implantes sem nenhum tratamento.

Através deste trabalho de revisão de literatura do tipo integrativa qualitativa, podemos discernir qual é o melhor tipo de implante a ser adotado em casos clínicos e como eles devem interagir no leito ósseo implantado. Desta maneira, tiramos assim, o melhor de cada tipo de tratamento de superfície conduzindo-o de maneira mais eficaz para o sucesso clínico do caso.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 METAIS UTILIZADOS NA IMPLANTODONTIA

De acordo com os vários metais que poderiam ser utilizados na implantodontia; o Titânio e suas derivações de ligas foram escolhidos por ter características superiores aos demais, como a osseointegração essencialmente, sua propriedade mecânica, sua dureza, por ser um material biocompatível e por mostrar versatilidade a diversos tipos de tratamento de superfície para se obter uma variada gama de rugosidade em sua superfície, como também variada produção do seu corpo protético. Os implantes de titânio puro devem ser preparados e condicionados com banhos ácidos, de outra forma as ligas de titânio (Ti-6Al4V- titânio, alumínio, vanádio), devem ser preparadas com jateamento com areia, causando uma alteração plástica em sua superfície (MARENZI et al.,2019).

O titânio do tipo II ou IV, que são comercialmente puros (Ti - CP), de acordo com suas características mecânicas e biológicas é utilizado para se fabricar os implantes dentários. Já os pilares protéticos também chamados de “abutment” são criados com as ligas de Ti-6Al-4V (titânio, alumínio, vanádio) por terem características melhores em suportar cargas mastigatórias (LAURIA et al., 2019).

O titânio comercialmente puro (Ti CP) é um tipo  $\alpha$  de liga e ti-6Al-4V um tipo de liga  $\alpha+\beta$ . As ligas de titânio  $\beta$  como Ti45Nb (Nióbio), devido à sua microestrutura cúbica de corpo centrado, exibem um módulo de Young menor quando comparado às ligas de ti-6Al-4V, representando assim uma alternativa interessante como material com finalidades ortopédicas. Particularmente, são biomateriais favoráveis em acelerar a remodelação óssea e favorecerem os osteoblastos (BISPO, 2019).

### 2.2 RESPOSTAS BIOLÓGICAS SOBRE AS SUPERFÍCIES TRATADAS DOS IMPLANTES

Para que haja a osseointegração é proposto que as células sanguíneas entrem em interação com a superfície do implante; assim imediatamente, estarão correlacionadas as respostas celulares que induzem a criação de tecido ósseo em torno do implante. Neste contato com o coágulo sanguíneo, proteínas presentes com plaquetas e fibrinogênio,

criam uma teia de fibrina interligada na superfície do óxido de titânio (STEGUES, 2014).

Para tal, as texturas das superfícies dos implantes criam pontes para a interação das células circunvizinha sem projeção a superfície do implante. Logo, os tratamentos de superfície são trazidos para a coligação de células pré-osteogênicas, uma delas é a fibronectina. Nessa interação inicial, marcada pela interação e fixação de plaquetas e fibrinogênio na superfície do implante na qual se dispõem sobre o óxido de titânio; ocorrerá a adesão de células osteogênicas, onde resultara na teia de fibrinas, que após criação da camada de oxido de titânio modificada pelas células sanguíneas terá a adesão de células osteogênicas, com essa criação e deposito de células sobre a superfície, terá início a criação de nova matriz óssea (ZHAO et al., 2005).

### 2.3 INTRODUÇÕES AOS TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE

A qualidade de osseointegração dos implantes de titânio está relacionada a uma camada densa e resistente de óxido na superfície do implante, que é gerada pelo contato do titânio com o ar ou fluidos corpóreos do indivíduo. A espessura e a estabilidade da camada de óxido criada entre o implante e o osso têm um relacionamento essencial com o biomaterial, visto que a corrosão e liberação de íons são indesejadas, podendo atrapalhar a osseointegração (SILVA et al., 2016).

Os atributos conferidos aos implantes de titânio como topografia, carga de superfície, molhabilidade e composição química superficial tem interação com o tecido ósseo, determinando a qualidade e a velocidade da osseointegração. As técnicas de tratamento de superfície dos implantes de titânio têm como objetivo, a interação com o tecido ósseo, para que haja uma união bioquímica apta a acelerar e suportar as fases iniciais de neoformação óssea sobre o implante (ELIAS et al., 2008).

Anteriormente, os primeiros implantes de titânio tinham a características de serem produzidos sem nenhum tipo de tratamento em sua superfície, assim eram fabricados através do processo de usinagem, resultando em uma superfície lisa, dependendo assim; de uma ancoragem mecânica para a fixação do implante. Experimentos mostraram que há diferenças notáveis entre os implantes usinados e implantes que passam por um tratamento de superfície, esses tratamentos trazem melhorias na resposta biológica e na osseointegração (NOVAES et al., 2010).

Os métodos que alteram a superfície dos implantes são variados e existem muitas técnicas diversas. Porém, este trabalho irá abordar os principais tratamentos de superfície que serão descritos a seguir.

## 2.4 NANOTEXTURIZAÇÃO

Este processo de condicionamento do perfil da superfície do implante exige que o implante seja banhado por solução isotônica, conservando as características de estabilidade química superficial, sua reatividade e dando-lhe uma melhor capacidade de aposição óssea nos momentos preliminares da osseointegração. Essa técnica tem mostrado alta hidrofília e molhabilidade, com o aumento da área de contato osso/implante nas quatro primeiras semanas em que o implante é colocado no leito ósseo. E em sua superfície os osteoblastos mostram fosfatase alcalina aumentada, produção de osteocalcina e a presença reguladores osteogênicos (SOUZA et al., 2016).

Essa nanotexturização da superfície pode ser conseguida através jateamento de óxido de alumínio, sílico ou titânio. Tendo que após a texturização, os implantes devem passar por banhos ácidos que são vibrados ultrassonicamente em ácido clorídrico, hidrófluorídrico, nítrico ou sulfúrico. Buscando-se alcançar a textura entre 1,1 $\mu$ m a 2,5 $\mu$ m (SOUZA et al., 2016).

De acordo com Novaes et al (2010), Wennerberg et al. (2013) e Langet al. (2011). Compreendendo a elevada energia superficial, de absorção e molhabilidade, pode-se identificar se o material é hidrofílico ou hidrofóbico, em outras palavras, os implantes com esse tratamento de superfície apresentam uma elevada energia superficial e uma osseointegração mais fortes, melhor absorção de proteínas e melhores interações com os fluidos corpóreos e as células.

## 2.5 ANODIZAÇÃO

Este é um método eletroquímico que basear-se em um circuito elétrico; onde se aplica uma determinada tensão no implante dentário imerso em ânodo, gerando uma oxidação controlada em sua superfície; dando-lhe a espessura desejada. Devido às técnicas de controle da tensão elétrica, podemos criar estruturas tubulares com tamanho de milímetros (SOUZA et al., 2016).

Em superfícies em que já passaram por processo de anodização, recebem uma camada extra de óxidos, derivadas do processo em queo implante é usado como ânodo, impulsionando íons quando recebem carga elétrica sobre o implante conseguindo reações de transferência de carga e íons. Já sobre o campo elétrico guiado o processo de oxidação terminara na espessura especifica de camada de oxido de titânio  $TiO_2$ . Segundo Bispo (2019) “A tribocorrosão (perda de substância em ambiente corrosivo) afeta a superfície do material devido às cargas transmitidas pela função. Todavia, a superfície anodizada minimiza a degradação tribocorrosiva”.

As alterações conseguidas com a oxidação do implante compreendem uma melhor fixação e adequação de células, custando menos tempo para a osseointegração. A superfície resultante consiste em camadas abertas e irregulares. Por causa dessas caracterizas adquiridas pelo tratamento de superfície podemos ter benefícios como: protocolos de carga imediata; instalações de implante e insertos simultâneos; instalação de implantes em alvéolos de exodontias; preservação do nível ósseo e entre outros benefícios (ELIAS et al., 2008).

## 2.6 RECOBRIMENTOS DA SUPERFÍCIE DOS IMPLANTES

Várias técnicas tentam recobrir a superfície do implante com hidroxiapatita, para que haja a interação na osseointegração entre implante/osso. Os elevados níveis de impregnação dos fluídos peri-implantares com o deposito de apatitas encoraja a aditividade e aposição das células circunvizinhas osteogênicas. (NAUJOKAT et al., 2019).

### 2.6.1 Spray de plasma

Essa técnica tem como objetivo depositar uma camada de hidroxiapatita ou de oxido de titânio na superfície do implante. Este tratamento de superfície é composto de três etapas: tratamento alcalino, térmico e imersão química parecida com o plasma sanguíneos (NAVES et al., 2013).

O plasma é referido como um gás caracterizado pela sua ionização de elétrons, íons e pequenas partículas de átomos, moléculas e radicais. Podemos classificá-lo em dois grupos: térmico e não térmico. Pesquisas mostram que nas superfícies de titânio modificada por plasma existem maiores taxas de molhabilidade e maior dispersão

celular pela superfície; assim como; existe um aumento da multiplicação celular, da síntese de proteínas da matriz extracelular e um aumento da diferenciação em células osteoblasticos (NAUJOKAT et al., 2019).

A camada superficial dos implantes com esse tratamento deve chegar a 3µm de espessura. A textura da superfície dependerá do tamanho das partículas pulverizadas sobre o implante, de sua fixação, da pressão e a distância que foram pulverizadas (NAVES et al., 2013).

Tal espessura tem apresentado poros, tensões residuais, fissuras e fraturas por delaminação (processo de separação entre o titânio do implante e sua cobertura, de hidroxiapatita, por exemplo, causada por ondas de choque), principalmente quando da aplicação de carga oclusal (BISPO, 2019).

### **2.6.2 A nitretação iônica**

A nitretação iônica também conhecida como nitretação em descarga luminosa ou nitretação por plasma. Foi desenvolvida por causa das falhas por delaminações da técnica de spray de plasma, essa técnica de superfície vem para fortalecer a resistências à delaminações. Os nitretos aspergidos por plasma de nitrogênio. Portanto essa técnica é provida de baixa temperatura, possibilitando um maior manejo das camadas depositadas, com menor pressão, com baixo tempo, com camadas iguais em trono do implante, melhores características de molhamento, alta resistência mecânica, alta dureza, entre outros (SOUZA et al., 2016).

## **2.7 SOLUÇÕES COM FOSFATO DE CÁLCIO**

Essa técnica basear-se no deposito de camadas heterogêneas de fosfatos metálicos ou polímeros, por meio de solução parecida com plasma sanguíneo e constituída por íons, acarretando a adesão de apatita, sendo apto para aumentar a osseointegração e a osseocondutividade (ALVES et al., 2011).

De acordo com Barros et al. 2018, as camadas de recobrimento da superfície do implante bioativos são intensamente biocompatíveis, com características de criação de tecido ósseo, acelerando a osseointegração entre outras qualidades<sup>21</sup>. Segundo Bispo (2019, p. 6): “[...] acrescentam que as superfícies microtexturizadas promovidas por

jateamento e erosão ácida são predominantes comercialmente, com altas taxas de sucesso (97,0 %) e de sobrevivência (98,8 %), em 10 anos de acompanhamento [...]”.

## 2.8 SUPERFÍCIES BIOMIMÉTICAS

Esse tratamento de superfície foi caracterizado pela precipitação heterogênea de fosfato de cálcio sobre a circunstância de temperatura e pH fisiológica sobre o implante, através de soluções de íons semelhante ao plasma humano com deposição de camadas de apatitas. Na medida em que as moléculas vão sendo se unindo ao material do implante, elas também serão liberadas uniformemente quando houver uma nova criação de tecido ósseo, sendo capaz de aumentar a osseocondutividade e potencializando a formação óssea (KURTZ et al. 2014).

Foi encontrado, um dos principais biomateriais para a reposição e regeneração de tecido ósseo é o fosfato de cálcio. Pois dele tiramos a características que ajudam nas taxas de sucesso como: é um material parecido com a fase mineral do tecido ósseo, biocompatibilidade, bioatividade, taxas de degradação variáveis, osseocondutividade (KURTZ et al. 2014).

Segundo Neto e Bacelar (2019) e Colombo et al. (2012), uma das grandes vantagens deste tratamento de superfície é a possibilidade de que as moléculas biologicamente ativas, sendo mediador osteogênicos, podem depositados como elementos inorgânicos para se criar uma base com características tanto osteoindutora – sendo fator de crescimento – como osteocondutoras– camada de fosfato de cálcio.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 TIPO DE PESQUISA

Este trabalho é estruturado e construído no padrão de revisão literária do tipo integrativa qualitativa, feita através de pesquisas de artigos, teses de mestrado e de doutorado. Sendo selecionados os idiomas em português do Brasil e inglês, sendo critérios de inclusão: artigos clínicos de revisão, como trabalhos que abordassem os tratamentos de superfície dos implantes de titânio onde se relacionava com a nanotexturização; anodização e o recobrimentos da superfície, biomaterial de titânio, topografia de superfície, tratamentos químicos, ataques ácidos, jateamentos e usinagem de implantes, implantes de Branemark. Critérios de exclusão: todos os arquivos antes do ano de 2001, arquivos que não se relacionavam com as superfícies de implantes, aqueles que não se relacionava com a nanotexturização; anodização e o recobrimentos da superfície, biomaterial de titânio, topografia de superfície, tratamentos químicos, ataques ácidos, jateamentos e cujos idiomas não fossem inglês e português e trabalhos que não trata-se de implantes intra oral em maxila e mandíbula.

#### 3.2 LOCAIS DA PESQUISA

Foi realizada pesquisa nas seguintes bases de dados que são: Google Acadêmico, Biblioteca Virtual Scientific Eletronic Library Online (Scielo) e PubMed.

#### 3.3 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS

Foram selecionados artigos científicos, teses e monografias; tendo sido filtrados através dos descritores: implantes dentários; tratamento de superfície; titânio, nanotexturização; anodização e os recobrimentos da superfície dos implantes de titânio. Foi realizada a busca dos trabalhos nas plataformas: Google Acadêmico, Scielo e PubMed.

Os documentos adquiridos pela busca de dados foram filtrados através dos critérios de inclusão, sendo eles: artigos clínicos e de revisão, monografias, teses de mestrado e doutorado que abordassem os tratamentos de superfície dos implantes de

titânio, também foram selecionados trabalhos entre os anos de 2001 a 2021. Sendo os descritores selecionados em língua portuguesa do Brasil: tratamentos de superfície, osseointegração, propriedade de superfície; no idioma em inglês os descritores foram: dental, implant, surface e treatment, dental implantstitanium, anodizationtitanium. Os critérios de exclusão foram: todos os arquivos antes do ano de 2001, arquivos que não se relacionavam com as superfícies de implantes, materiais incompatíveis e titânio, nanotexturização, anodização e os recobrimentos da superfície dos implantes de titânio, e cujos idiomas não fossem inglês e português; documentos que não atendam com a necessidade da revisão literária, em que os implantes não se localizam em maxila ou mandíbula de forma intra-oral.

### 3.4 PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS

Artigos científicos, teses e monografias foram pesquisados através das plataformas Google Acadêmico, Scielo e PubMed. Os documentos foram selecionados de acordo com o escopo desse estudo e em seguida foi realizada a leitura e análise crítica dos resultados.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram achados na pesquisa inicial 44.000 (quarenta e quatro mil) resultados sobre o tema: superfície de implantes; sendo a pesquisa refinada em: tratamento de superfície de implantes, foram achados 30.000 (trinta mil) resultados; refinando entre os anos de 2001 a 2021, foram achados 16.400 (dezesesseis mil e quatrocentos) trabalhos; refinando entre implantes em “maxila e mandíbula”, foram achados 517 (quinhentos e dezessete) trabalhos; refinando a trabalhos com “osseointegração” foram achados 167 (cento e sessenta e sete) trabalhos; dentre os quais foram removidos por se desviarem do assunto proposto por esse trabalho de revisão 90 (noventa) trabalhos, restando 77 (setenta e sete) trabalhos; foram removidos 40 (quarenta) trabalhos que não continham assuntos sobre: nanotexturização; anodização e os recobrimentos de implantes, restando 37 (trinta e sete); foram removidos deste trabalho, 9 (nove) trabalhos que não foram lidos completamente; restando 24 (vinte e quatro) trabalhos lidos e analisados (Tabela 1).

**Tabela 1** – Critério de análise dos trabalhos selecionados.

<b>CRITÉRIOS</b>	<b>QUANTIDADES DE TRABALHOS</b>
<b>Superfície de implantes</b>	44.000
<b>Tratamento de superfície de implantes</b>	30.000
<b>Entre os anos de 2001 a 2021</b>	16.400
<b>Maxila e mandíbula</b>	517
<b>Osseointegração</b>	167
<b>Desviaram do assunto</b>	77
<b>Não continham assuntos sobre: nanotexturização; anodização e os recobrimentos de implantes.</b>	37
<b>Trabalhos não lidos completamente</b>	9
<b>Lidos e analisados</b>	24
<b>Revisão de Literatura selecionadas</b>	9
<b>Estudos In vivo</b>	11
<b>Estudos In vitro</b>	7

Dentre os 24 (vinte e quatro) trabalhos lidos e analisados, nove foram de revisões bibliográficas, onze trabalhos com estudos *in vivo* e sete trabalhos sendo estudos *in vitro*; descritos na tabela abaixo para compor esse trabalho, estando todos entre o período dos anos 2001 a 2021, sendo todos artigos de Revisão Literatura (Quadro1).

**Quadro1** – Trabalhos de Revisão de Literatura selecionados

Título	Plataforma	Referência	Objetivo	Conclusões
Otimização das superfícies dos implantes: plasma de titânio e jateamento com areia condicionado por ácido - estado atual	Scielo	Amarante e Lima, 2001.	Analisar os resultados da literatura publicada sobre superfícies de implantes tratadas com plasma de titânio (TPS) e jateadas com areia e tratadas com ácido (SLA)	Os resultados demonstraram que tanto a rugosidade como o tratamento químico das superfícies podem influenciar bastante a força superficial de cisalhamento (resistência oferecida à remoção). Estas características da superfície do titânio, além de otimizar o procedimento, podem ainda, por exemplo, permitir a colocação dos implantes em função mais precocemente e ampliar a gama de aplicações possíveis para osso alveolar de densidade inferior, ou favorecer sua aplicação em osso regenerado.
A influência do tratamento de superfície das fixações na osseointegração	Google Acadêmico	Bispo, 2019	A proposta foi a de verificar quais tratamentos de superfície dos implantes favorecem a osseointegração.	A alteração superficial dos implantes procura orientar as células precursoras do osso a interagirem na interface osso/implante. A neoformação óssea ao redor dos implantes é responsável pela longevidade da reabilitação

A. Oral implant surfaces: Part 1 – Review focus into topographical chemical properties of different surfaces and in vivo responses to them	Scielo	Albrektsson, e Wennerberg, 2004	Este artigo analisa as propriedades topográficas e químicas de diferentes superfícies de implante oral e respostas in vivo a elas.	Superfícies moderadamente ásperas parecem ter algumas vantagens clínicas sobre superfícies mais lisas ou mais ásperas
Tratamento de superfície de implantes dentários: sbf	Google Acadêmico	ALVES REZENDE, M.C.R. <i>et AL</i> , 2011	As técnicas de recobrimento têm sido propostas com o objetivo de criar união bioquímica capaz de acelerar as fases iniciais de formação do tecido ósseo, aliando as propriedades positivas do titânio e suas ligas à bioatividade dos materiais cerâmicos.	A obtenção do recobrimento com nucleação de apatita ocorre por imersão do substrato em solução sintética que simula o plasma sanguíneo (Simulated Body Fluid).
Avaliação topográfica e in vitro de superfícies de titânio revestidas com vidro bioativo	Scielo	BARROS, V. M. <i>et al.</i> 2018	Avaliar e comparar a rugosidade superficial e a atividade dos osteoblastos em contato com uma nova superfície bioativa e nanoestruturada de titânio	Apesar de sua marcante menor rugosidade, a superfície BGTi37 apresentou comportamento biológico semelhante a uma superfície de titânio microtexturizada e moderadamente rugosa.
<i>In vivo</i> monitoring of the bone healing process around different titanium alloy implant surfaces placed into fresh extraction sockets <i>In vivo</i> monitoring of the bone healing process around different titanium alloy implant surfaces placed into fresh extraction sockets.	Pubmed	COLOMBO, J. S. <i>et al.</i> 2012	O aumento da rugosidade superficial e o revestimento com fosfato tricalcário de implantes de liga de titânio e titânio	Este estudo investigou a influência de três superfícies de implante clinicamente empregadas nos primeiros eventos de cicatrização óssea in vivo.

<p>Relationship between surface properties, roughness, wett ability and morphology of titanium and dental implant removal torque.</p>	<p>Pubmed</p>	<p>ELIAS, C.N.; LIMA, J.H.C.; SANTOS, M.V. 2008</p>	<p>As propriedades biológicas dos implantes dentários foram investigadas por meio de testes in vivo e in vitro. Foram investigados os efeitos da rugosidade superficial, ângulo de contato e morfologia superficial no torque de remoção do implante dentário de titânio.</p>	<p>Verificou-se que: gravura ácida homogeneizou os parâmetros de rugosidade superficial; a superfície anodizada apresentou o menor ângulo de contato; o teste in vivo sugeriu que, em condições semelhantes, o tratamento superficial teve um efeito benéfico sobre a biocompatibilidade do implante medida através do torque de remoção; e o implante dentário anodizado apresentou o maior torque de remoção.</p>
<p>Review of current medical literature on difficulties facing implantoplasty.</p>	<p>Pubmed</p>	<p>FIGUEIRA, K. S. 2019</p>	<p>“Existem complicações mecânicas e ou biológicas devido à implantoplastia?”</p>	<p>Com base em todas as evidências clínicas e in vivo pré-clínicas atualmente disponíveis, mas limitadas, a implantoplastia não parece estar associada a nenhuma complicação mecânica ou biológica notável a curto ou médio prazo.</p>
<p>Surface characterization and clinical review of two commercially available implants.</p>	<p>Pubmed</p>	<p>GALLI, S.<i>et al</i> 2013</p>	<p>Caracterizar topograficamente e quimicamente as superfícies de 2 implantes</p>	<p>Os implantes comercialmente disponíveis examinados apresentaram uma superfície moderadamente áspera, com microporosidade homogênea. Nanofeaturas foram detectadas na superfície de ambos os implantes.</p>
<p>Tipos de superfícies de implantes. <i>In: Sobrape.</i> (Org.). Periodontia e Implantodontia - Atuação clínica baseada em evidências científicas</p>	<p>Google Acadêmico</p>	<p>GROISMAN, M.; VIDIGAL, G. M. Jr 2005</p>	<p>Analisar a eficiência da técnica de osseodensificação em implantes dentários, para isso para que ele para o necessário descrever a técnica proposta por Huwais</p>	<p>A osseodensificação corresponde bem aos procedimentos iniciais quanto aos implantes dentários, apresentando resultados assim satisfatórios e mais eficazes do que qualquer outra técnica</p>

Surface modification and their effects on titanium dental implants.	Pubmed	JEMAT, A. <i>et al.</i> 2015	A importância de cada tratamento e seus efeitos serão discutidos detalhadamente, a fim de comparar sua eficácia na promoção da osseointegração.	No geral, estudos publicados indicaram que uma superfície com álrico e uma aplicação de revestimento em implante de titânio puro comercial era mais preferível na produção da boa rugosidade superficial.
Advances in zirconia toughened alumina biomaterials for total joint replacement	Pubmed	KURTZ, S. M. <i>et al.</i> 2014	Este artigo é fornecer uma visão geral atualizada dos componentes de alumina endurecida (ZTA) endurecidos por zircônia,	Os componentes ZTA potencialmente oferecem reduzir ou eliminar as limitações atuais no desempenho
Influence of nanoporous titanium niobium alloy surfaces produced via hydrogen peroxide oxidative etching on the osteogenic differentiation of human mesenchymal stromal cells.	Pubmed	LAURIA, I. <i>et al.</i> 2019	As ligas de nióbio de titânio apresentam uma rigidez menor em comparação com o Ti6Al4V, o "padrão ouro" para implantes ósseos de suporte de carga.	Tratamento superficial proposto poderia potencialmente ajudar a estimular o comportamento de osseointegração da vantajosa.
Effect of different surface treatment on titanium dental implant micro-morphology.	Pubmed	MARENZI, G.; IMPERO, F.; SCHERILLO, F. 2019	Implantes dentários de titânio são hoje amplamente utilizados com osseointegração principalmente dependente das propriedades da superfície do implante.	As superfícies de implante examinadas apresentaram diferentes níveis de rugosidade em relação ao tratamento superficial aplicado. As superfícies com ácidas foram caracterizadas pela presença de vales mais profundos e picos mais altos do que as superfícies de areia.

<p>Influência da textura superficial dos implantes.</p>	<p>Pubmed</p>	<p>NAGEM FILHO, H. <i>et al.</i> 2007</p>	<p>Graças aos diferentes tipos de tratamentos tornou-se possível obter várias formas de caracterização da superfície facilitando a compreensão dos padrões de formação óssea, comportamento das células e até mesmo prever o tipo cicatricial que será obtido a partir da conformação dos tecidos adjacentes às superfícies dos implantes.</p>	<p>Superfícies de implantes tratadas com plasma de titânio (TPS), jateadas com areia e tratadas com ácido (SLA) os resultados demonstraram que tanto a rugosidade como o tratamento químico das superfícies pode influenciar bastante a força superficial de cisalhamento (resistência oferecida à remoção). Estas características da superfície do titânio, além de otimizar o procedimento, podem ainda, por exemplo, permitir a colocação dos implantes em função mais precocemente e ampliar a gama de aplicações possíveis para osso alveolar de densidade inferior ou favorecer sua aplicação em osso regenerado</p>
<p>Surface conditioning with cold argon plasma and its effect on the osseointegration of dental implants in miniature pigs.</p>	<p>Pubmed</p>	<p>NAUJOKAT, H. 2019</p>	<p>Este estudo in vivo avalia o impacto do condicionamento da superfície plasmática na cicatrização precoce da ferida e na osseointegração.</p>	<p>O aumento dos parâmetros para a osseointegração neste estudo in vivo merece uma investigação mais aprofundada em ensaios clínicos prospectivos.</p>
<p>Effect of Macro geometry on the surface Topography of Dental Implants.</p>	<p>Pubmed</p>	<p>NAVES, M. M. <i>et al.</i> 2015</p>	<p>Trabalho analisou os efeitos sobre os parâmetros de rugosidade superficial do mesmo tratamento aplicados pelo mesmo fabricante a implantes com diferentes macrodestruções.</p>	<p>Discos planos submetidos ao mesmo tratamento superficial que os implantes dentários reproduziram apenas a topografia superficial das regiões planas dos implantes.</p>

<p>IMPLANTES DENTÁRIOS COM SUPERFÍCIE TRATADA: REVISÃO DE LITERATURA</p>	<p>Google Acadêmico</p>	<p>NETO, U. G. G.; BACELAR, S. M. A. 2019</p>	<p>Este estudo objetiva revisar os diferentes tipos de superfícies dos implantes dentários correlacionando-os com taxa de osseointegração, a composição química e a rugosidade da superfície de titânio.</p>	<p>Os resultados demonstraram que tanto a rugosidade como o tratamento químico das superfícies podem influenciar bastante a força superficial de cisalhamento (resistência oferecida à remoção).</p>
<p>Influence of implant surfaces on osseointegration.</p>	<p>Pubmed</p>	<p>NOVAES, A. B. <i>et al.</i> 2010</p>	<p>Este artigo revisa a literatura sobre superfícies de implantes dentários avaliando estudos <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i> para mostrar a perspectiva atual do desenvolvimento do implante</p>	<p>A revisão compreende resultados quantitativos e qualitativos na análise da interface osso-implante utilizando topografias de superfície micro e nano implante.</p>
<p>Titanium oral implants: surface characteristics, interface biology and clinical outcome.</p>	<p>Pubmed</p>	<p>PALMQUISTA, <i>et al.</i> 2010</p>	<p>Implantes de titânio ancorados em ossos revolucionaram a saúde bucal. As propriedades superficiais dos implantes de titânio oral desempenham papéis decisivos para interações moleculares, resposta celular e regeneração óssea.</p>	<p>As estratégias para o desenvolvimento da próxima geração de modificações materiais da superfície para tecido comprometido provavelmente incluem propriedades programadas por tempo e funcionalmente, modulação farmacológica e incorporação de componentes celulares.</p>
<p>Influence of implant surfaces on osseointegrated the role of angiogenesis in implant dentistry part I: Review of titanium alloys, surface characteristics and treatments.</p>	<p>Pubmed</p>	<p>SAGHIRI, M.A. <i>et al.</i> 2016</p>	<p>A presente revisão avaliou o efeito das ligas de titânio e suas características superficiais, incluindo: topografia superficial (macro, micro e nano), wettability/energia superficial, hidrofiliabilidade superficial ou hidrofobiabilidade,</p>	<p>Ensaio clínico e estudos <i>in vivo</i> delineando os mecanismos dos implantes dentários, e suas características ou tratamentos superficiais, a ação nos processos de angiogênese está defasada.</p>

Tratamento de superfície em implantes dentários: uma revisão de literatura.	Google Acadêmico	SILVA, F. L. <i>et al</i> 2016	Expor os tipos de tratamento de superfície de implantes dentários, bem como as interações celulares relacionadas a esses materiais e como isso afeta a velocidade e a qualidade da osseointegração	Demonstrem que os implantes com superfície rugosa apresentam maior área de contato entre o tecido ósseo e a porção externa dos implantes, a literatura não apresenta um consenso quanto ao melhor tipo de tratamento de superfície.
Tratamento de superfícies de implantes osseointegráveis em titânio: Revisão da Literatura..	Google Acadêmico	STEGUES E.M.S. 2014	Os diferentes tipos de superfícies dos implantes dentários correlacionando-os com taxa de osseointegração, a composição química e a rugosidade da superfície	Observou-se que os implantes com rugosidade superficial possuem maior estabilidade primária e modificam os mecanismos de interação das células com sua superfície em relação aos com superfície lisa
High surface energy enhances cell response to titanium substrate microstructure.	Google Acadêmico	ZHAO, G. <i>et al.</i>	Estudos que examinam a resposta do osteoblasto a químicas de superfície controladas indicam que as superfícies hidrofílicas são osteogênicas,	Aumento da formação óssea observada nas superfícies de Ti modificadas in vivo deve-se, em parte, a efeitos estimulantes de alta energia

Baseado nos achados da pesquisa, ainda não existe um senso comum na literatura que possa definir qual tratamento de superfície é melhor de maneira geral para a osseointegração, mas os tratamentos de superfície ainda demonstram melhores resultados do que os implantes sem tratamento de superfície. Entretanto, é sabido que: a geometria do implante deve abranger o máximo de contato entre a superfície do implante ao osso e que o tratamento de superfície irá aumentar a interação celular com a superfície do implante, dando-lhe uma melhor estabilidade primária e consequentemente melhores resultados na osseointegração (SILVA et al., 2016).

Para o autor Bispo (2019), os primeiros implantes a serem desenvolvidos tinham uma rugosidade natural de 0,4 a 0,7  $\mu\text{m}$  (micrômetros) conseguida através da usinagem de sua superfície. Esta rugosidade natural fazia com que as taxas de sucesso em pacientes com algum tipo de alteração sistêmica ou com osso de baixa densidade, sendo do tipo III e IV caísse para apenas 80% de sucesso.

Relacionando os baixos índices de sucesso dos implantes usinados, Neto e Bacelar (2019); em sua pesquisa, passaram a relacionar os trabalhos publicados com os

insucessos significativos dos implantes com superfície lisa. O trabalho demonstrou que se comparado os implantes lisos com os de superfície tratada, a superfície tratada terá uma área de contato maior, possibilitando maiores possibilidades de interação com o osso e as células, assim, sendo importantes os acontecimentos celulares e moleculares para a osseointegração.

Podemos realizar uma divisão de características dos implantes de titânio em sua linha de progresso em relação ao tempo. Sendo de Primeira Geração aqueles que foram confeccionados através do modo de usinagem e com sua superfície lisa. Já os de Segunda Geração, foram desenvolvidos para que suas características obtivessem maiores taxas de osseointegração em pacientes com alguma alteração sistêmica ou de baixa densidade óssea, tendo como objetivo principal mimetizar a natureza, trazendo aproximadamente uma superfície bem próxima ao tecido ósseo natural, tendo em vista que o coágulo pudesse interagir com o óxido de titânio formado na interface osso/implante, viabilizando uma molhabilidade padronizada alcançando uma nova formação óssea, alcançando através das alterações de cunho geométrico e superfícies rugosas. Os da Terceira Geração preconizam que suas superfícies sejam moderadamente rugosas entre 1 a 2 $\mu$ m micrometros, com isto necessitaria que fossem “seletivas” para as células osteogênicas ou osteoprogenitoras buscando a resposta favorável e objetivando a osseointegração através do ataque ácido, jateamento e a anodização. Por último, os implantes da Quarta Geração, que representam os tratamentos com o cunho em nível nanométrico; sendo eles: Adição de hidroxiapatita, fluoretos, estrôncio e associações de tratamentos: como ataque ácido e anodização; para que possa haver funções específicas nas partículas que foram preparadas (BISPO, 2019) (Quadro 2).

**Quadro2** - Características dos implantes de titânio em sua linha de progresso em relação ao tempo

<b>Geração</b>	<b>Período</b>	<b>Modo de confecção</b>	<b>Superfície</b>	<b>Intuito do melhoramento</b>
<b>I</b>	1965	Usinagem	Lisa	-
<b>II</b>	1970	Usinagem + modificação	Rugosa 2 $\mu$ m	Alterações de cunho geométrico e superfícies rugosas
<b>III</b>	1980 – 2009	Obtida industrialmente	Moderadamente rugosas (variando entre 1 a 2 $\mu$ m)	Superfícies “seletivas” para células osteogênicas ou osteoprogenitoras. Inovação das superfícies através do ataque ácido, jateamento e a anodização.

IV	2010	Obtida industrialmente	Nanotecnologia	Adição de hidroxiapatita, fluoretos, estrôncio e associações de tratamentos: como ataque ácido e anodização,
----	------	------------------------	----------------	--

Os estudos realizados pelos autores Moraes et al. (2018), Novaes (2010), Moretti (2012), Galli (2013), Thakral (2014), Naves (2015), Schlee (2015) afirmam que cada tratamento de superfície propicia uma reação específica de topografia de superfície, de rugosidade, de molhamento, de dureza, estimulando diversas respostas biológicas aos diversos tipos de tratamento de superfície dos implantes. É proposto por Chrcanovic et al. (2016) que a osseointegração é de vital importância para o sucesso do tratamento com implantes dentários, seja ele múltiplo ou unitário. Além disso, Chrcanovic acrescenta que a quantidade de osso insuficiente é mais um fator que colabora para o insucesso do implante dentário. O pesquisador Elias (2013) ainda cita que há outros fatores para o insucesso do implante que são caracterizados pelos pacientes tais como fatores locais e sistêmicos, sendo do implante a superfície, desenho, carga e as condições iatrogênicas.

Existe um consenso entre dois autores Cesar (2016) e Lorenzani (2016), que em suas publicações contribuem que o uso de materiais como a zircônia, a hidroxiapatita, nióbio e o titânio que são materiais biocompatíveis; podem sim, ajudar no decorrer da osseointegração. À vista disso, os autores acreditam que o implante pode ter suas superfícies tratadas com o fim de melhorar a osseointegração.

Gupta et al. (2010), Sohn et al. (2010), Bueno et al. (2011) e Pereira e Costa (2018) concordam que a rugosidade adquirida pelas superfícies tratadas dos implantes auxilia e possibilita a osseointegração, com uma maior e melhor ligação das moléculas de fibrina, assim tendo um aumento na adesão celular.

Assim, verifica-se que o aumento da área de contato do implante ao osso por meio de sua superfície tratada, viabiliza uma maior interação com o osso e com as células, já que as pesquisas/estudos validam e demonstram a importância do tratamento da superfície para a osseointegração e dos acontecimentos celulares e moleculares no momento da cicatrização imediata pós-cirúrgico (FIGUEIRA, 2019).

Segundo Silva et al. (2016), os principais resultados esperados são de maneira geral, comprovar que o intuito dos tratamentos de superfície dos implantes de titânio é melhorar a osseointegração; diminuir o tempo de cicatrização, permitir a aplicação de forças mastigatórias, garantir maior conforto ao paciente, diminuir o tempo do paciente

em atendimento e otimizar o tempo do cirurgião dentista. Tendo a ideia que mesmo os implantes tratados ou não, terão o processo de osseointegração; porém, alcançando resultados diferentes. Colaborando com esse entendimento, Amarante e Lima (2001); referem-se ao implante de superfície polido ou tesaurizado tendo capacidade iguais de osseointegração por serem de titânio; porém, as superfícies tesaurizadas promovem uma condição favorecida por um maior contato osso-implante, aceitando assim, que os implantes se ósseo entreguem mais rapidamente, permitindo que recebam cargas oclusais imediatas e melhorando sua condição pós-cirúrgica sendo instalado em leito ósseo pouco compacto ou osso regenerado.

## 5 CONCLUSÕES

Conclui-se que os implantes que tenham a sua superfície tratada, apresentam melhores resultados do que aqueles implantes que não passaram por algum tratamento. Sem sombra de dúvidas, haverá osseointegração em ambos os implantes, os tratados superficialmente e os não tratados superficialmente. Porém sua eficácia, longevidade, molhamento, tempo de cicatrização, tempo para carga mastigatória, tempo pós-cirúrgico e sua estabilidade primária serão definitivamente afetados caso o implante não apresente nenhum dos tratamentos de superfície mencionados neste trabalho.

Tendo em vista os autores já citados anteriormente, vemos que os tratamentos de superfície dos implantes, sua topografia, rugosidade, seus atributos químicos superficiais e sua biocompatibilidade são de real importância para a formação de um novo tecido ósseo, como para a interação entre o tecido ósseo e o implante. Assim, guiando as células e proteínas para acelerar o tempo da osseointegração, conferindo e capacitando o carregamento antecipado dos implantes, tendo eles maior confiabilidade no sucesso, no maior conforto ao paciente e menor tempo para o profissional se comparado a implantes de superfície lisa.

Sendo que, para cada opção disponível e seu tratamento de superfície dos implantes, têm suas vantagens e desvantagens. Por isto, não há um consenso entre todos os autores com relação a um tratamento que seja de excelência sobre os demais, pois cada caso deverá ser analisado, para que haja um melhor entendimento do caso clínico a fim de se ter um propósito de qual tratamento de superfície será mais bem aplicado.

O assunto que foi abordado é de interesse de todos que pretendem ou já trabalham na área de implantes, como também para estudantes e cirurgiões dentistas; que desejam adquirir conhecimento sobre a interação entre osso e implante, os tratamentos de superfície dos implantes e suas interações com o tecido ósseo.

## REFERÊNCIAS

- ALBREKTSSON, T.; WENNERBERG, A. Oral implant surfaces: Part 1 – Review focus into topographical chemical properties of different surfaces and in vivo responses to them. **J. Prosthodont**, v.17, p. 536 - 546, 2004.
- ALVES REZENDE, M.C.R. *et al.* Tratamento de superfície de implantes dentários: SBF. **Revista Odontologia**, v. 32, n.2, p. 38-43, 2011.
- AMARANTE, E. S.; LIMA, L. A. Otimização das superfícies dos implantes: plasma de titânio e jateamento com areia condicionado por ácido – estado atual. **OdontolBras**, v. 15, n. 2, p. 166-173, 2001.
- BARROS, V. M. *et al.* Avaliação topográfica e in vitro de superfícies de titânio revestidas com vidro bioativo. **Revista Odontológica UNESP**; v. 47, p.230-236, 2018.
- BISPO, L.B. A influência do tratamento de superfície das fixações na osseointegração. **Rev. Odontol. Univ. São Paulo**, v.31, n. 3, p. 61 - 70, 2019.
- COLOMBO, J. S. *et al.* In vivo monitoring of the bone healing process around different titanium alloy implant surfaces placed into fresh extraction sockets In vivo monitoring of the bone healing process around different titanium alloy implant surfaces placed into fresh extraction sockets. **J.Dent.**; v. 40, n. 4, p.338-346, 2012.
- ELIAS, C.N.; LIMA, J.H.C.; SANTOS, M.V. Modificações na superfície dos implantes dentários: da pesquisa básica à aplicação clínica. **ImplantNews**, v. 5, n. 4, p. 467- 76, 2008.
- ELIAS, C.N.; OSHIDA, J.H.C.; LIMAD, M. Relationship between surface properties, roughness, wett ability and morphology of titanium and dental implant removal torque. **J Mech Behav Biomed Mater**; v. 1, n. 3, p. 234-242, 2008.
- FIGUEIRA, K. S. Review of current medical literature on difficulties facing implantoplasty. **Braz. J. Implantology and Health Sciences**, v.1, n.1, p. 2- 17, 2019.
- GALLI, S. *et al.* Surface characterization and clinical review of two commercially available implants. **ImplantDent**; v. 22, n. 5, p. 507 - 518, 2013.
- GROISMAN, M.; VIDIGAL, G. M. Jr. Tipos de superfícies de implantes. *In: Sobrape. (Org.). Periodontia e Implantodontia - Atuação clínica baseada em evidências científicas.* Belo Horizonte: Sobrape, v.14, p.1- 14, 2005.
- JEMAT, A. *et al.* Surface modification and their effects on titanium dental implants. **BioMed Res. Int.**, v. 5, p. 11, 2015.
- KURTZ, S. M. *et al.* Advances in zirconia toughened alumina biomaterials for total joint replacement. **J Mech Behav Biomed Mater**; v.31. p.107-116, 2014.
- LAURIA, I. *et al.* Influence of nanoporous titanium niobium alloy surfaces produced via hydrogen peroxide oxidative etching on the osteogenic differentiation of human

mesenchymal stromal cells. **Mater Sci Eng C Mater Biol Appl** , v. 98, p. 635 - 648, 2019.

MARENZI, G.; IMPERO, F.; SCHERILLO, F. Effect of different surface treatment on titanium dental implant micro-morphology. **Materials**, v. 12, n. 5, p. 1 - 14, 2019.

NAGEM FILHO, H. *et al.* Influência da textura superficial dos implantes. **Rev. OdontoCiênc.**, v. 22, n. 55, p. 82-86, 2007.

NAUJOKAT, H. Surface conditioning with cold argon plasma and its effect on the osseointegration of dental implants in miniature pigs. **Journal of Cranio-maxillo-facial surgery**: official publication of the European Association for Cranio-Maxillo Facial Surgery, v. 47, n.3, p.484-490, 2019.

NAVES, M. M. *et al.* Effect of Macro geometry on the surface Topography of Dental Implants. **Int. J. Oral Maxillofac Implants**; v.30, n.4, p. 789-799, 2015.

NETO, U. G. G.; BACELAR, S. M. A. Implantes dentários com superfície tratada: revisão de literatura. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**. v.1, n.4, p. 69 - 83, 2019.

NOVAES, A. B. *et al.* Influence of implant surfaces on osseointegration. **Brazilian Dental J.**; v. 21, p. 471 - 481, 2010.

PALMQUISTA, *et al.* Titanium oral implants: surface characteristics, interface biology and clinical outcome. **J. R. Soc. Interface**, v. 7, p. 515 - 527, 2010.

SAGHIRI, M. A. *et al.* Influence of implant surfaces on osseointegrated the role of angiogenesis in implant dentistry part I: Review of titanium alloys, surface characteristics and treatments. **Med. Oral Patol. Oral Cir. Bucal**; v.21, n. 4, p. 514 - 525, 2016.

SILVA, F. L. *et al.* Tratamento de superfície em implantes dentários: uma revisão de literatura. **RFO**, v. 21, n. 1, p. 136 - 142, 2016.

SOUZA, J. C.M. *et al.* Superfícies de implantes dentários. *In*: Magini, RS, Benfatti, CA, Souza, J. C. M., editors. **Noções de Implantodontia Cirúrgica**. São Paulo: Artes Médicas; 2016.

STEGUES E.M.S. Tratamento de superfícies de implantes osseointegráveis em titânio: Revisão da Literatura. 2014. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Cirurgia Bucomaxilofacial – Faculdade de Odontologia), **Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 2014.

ZHAO, G. *et al.* High surface energy enhances cell response to titanium substrate microstructure. **J. Biomed Mater**; n. 74, p. 49- 58, 2005.