



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto
Departamento de Materiais Dentários e Prótese
Programa de Pós-graduação em Reabilitação Oral



THIAGO NAVES QUEIROZ COSTA

**Efeito da tribocorrosão em implantes de ligas de titânio com
tratamento de superfície: Uma revisão sistemática e
metanálise.**

Ribeirão Preto – SP

2021

THIAGO NAVES QUEIROZ COSTA

Efeito da tribocorrosão em implantes de ligas de titânio com tratamento de superfície: Uma revisão sistemática e metanálise

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia - Reabilitação Oral junto ao Departamento de Materiais Dentários e Prótese da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Vinicius Pedrazzi

VERSÃO ORIGINAL

Ribeirão Preto – SP

2021

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

Costa, Thiago Naves Queiroz
Efeito da tribocorrosão em implantes de ligas de titânio com tratamento de superfície: Uma revisão sistemática e metanálise. Ribeirão Preto, 2021.

84p. : il ; 30 cm

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia - Reabilitação Oral junto ao Departamento de Materiais Dentários e Prótese da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de mestre.

Versão original

Orientador: Pedrazzi, Vinicius

1. Tribocorrosão. 2. Implantes Dentais. 3. Tratamento de Superfície. 4. Revisão Sistemática

FOLHA DE APROVAÇÃO

Costa, TNQ. **Efeito da tribocorrosão em implantes de ligas de titânio com tratamento de superfície: Uma revisão sistemática e metanálise**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia - Reabilitação Oral junto ao Departamento de Materiais Dentários e Prótese da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, para obtenção do título de mestre.

Aprovado em __/__/__

BANCA EXAMINADORA

Prof. (a). Dr. (a).: _____

Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. (a). Dr. (a).: _____

Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. (a). Dr. (a).: _____

Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Dedicatoria

À **Deus**, pelo o dom da vida e pelo o Seu amor que dura para sempre. Por estar comigo em todos os momentos, me protegendo e me guiando pelo o caminho da verdade. Ele me abençoa e a sua misericórdia se renova a cada amanhecer e produz em mim uma imensa gratidão. O seu amor incondicional lapida o meu caráter dia após dia e devo tudo que sou a Ti.

“Bendito seja o Senhor, pois ouviu as minhas orações. O Senhor é a minha força e o meu escudo; nele o meu coração confia, e dele recebo ajuda. Meu coração transborda de alegria, e com o meu cântico lhe darei graças.”

Salmos 28:6-7

Aos meus pais, **José Francisco** e **Luciene**, pelo apoio e incentivo de buscar a realização dos meus sonhos. Obrigado por investirem na minha educação, sem o estímulo de vocês não chegaríamos nesse momento. Obrigado por todo amor, carinho e dedicação. Amo vocês! Obrigado pela compreensão e paciência durante esses anos.

“Nenhum mal te atingirá, nem praga alguma chegará à tua casa. Poque aos seus anjos ele mandou que te guarde em todos os caminhos”

90:10:11

Agradecimientos Especiais

Ao meu orientador **Prof. Dr. Vinicius Pedrazzi**, que me deu a oportunidade de trabalhar ao seu lado. Sou grato por compartilhar o seu conhecimento e depositar em mim a sua confiança. Obrigado professor, pelas inúmeras ajudas ao longo desses anos, e também pela compreensão e paciência. Te admiro muito como exemplo de professor, pesquisador e ser humano.

Agradecimientos

Aos meus irmãos, **Igor**, **Thomas** e **Marcus**, obrigado por apoiarem as minhas decisões, por toda ajuda durante o meu percurso e pelo companherismo em todos os momentos. Amo vocês!

Aos meus amigos **Marcus Vinicius** e **Francielly Naves**, por serem grandes amigos e irmãos, obrigado por sempre me incentivar. Admiro vocês!

À **Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo**, na pessoa do diretor Prof. Dr. Paulo Nelson Filho, por permitir a minha formação profissional e aprendizado.

À **Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior)** pela concessão das bolsas.

Ao Chefe do Departamento de Materiais Dentários e Prótese, **Prof. Dr. Ricardo Ribeiro Faria**, obrigada pela dedicação e respeito.

À Coordenadora da Pós-Graduação em Odontologia (Reabilitação Oral) **Profa. Dra. Andréa Cândido Reis**, pelo acolhimento e esforço para tornar o programa sempre melhor e mais respeitado.

À **Profa. Dra. Renata Cristina Silveira Rodrigues Ferracioli** por ser a minha relatora e pela contribuição durante o mestrado.

Aos **Professores** do Departamento de Materiais Dentários e Prótese, da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, pelas contribuições na minha formação acadêmica, respeito e dedicação.

Aos Colaboradores da FCFRP **Maíra** e **Prof. Dr. Osvaldo de Freitas**, pela contribuição técnica para realizar este trabalho.

Aos secretários **Fernanda Talita de Freitas**, **Regiane de C. Tiraço Damasceno** e **Wagner del Gatto**, obrigado pela ajuda e suporte em todas solicitações

Ao **Prof. Dr. Rodrigo Galo**, que desde sua chegada em Ribeirão Preto me acolheu e me ensinou sobre pesquisa e sobre a vida. Gratidão eterna por toda ajuda, motivação, puxão de orelha, dedicação e sobretudo, pela a sua amizade, obrigado por me ouvir e aguentar os meus dramas. Agradeço pela contribuição na elaboração dessa pesquisa.

À **Maria Eliza da Consolação Soares**, por todos os momentos de socorro, e em especial, pelos ensinamentos transmitido. Obrigado pelo o acolhimento e por todo suporte durante o desenvolvimento deste trabalho. Sou grato por sua parceria e sua amizade. Além disso, obrigado pela sua disponibilidade e ombro amigo.

À **Tatiane Cristina Dotta**, pela amizade, convívio, inúmeras ajudas para produção deste trabalho e por todas as dicas e colaboração na minha formação científica e pessoal.

À **Letícia Richard Miranda**, pelo companheirismo e amizade ao longo desses anos desde da graduação, obrigado por todos os momentos de descontração e partilhas de sentimentos. Sou grato à Deus por ter colocado você no meu caminho.

À **Carol Fortes**, pelo companheirismo e amizade ao longo desses anos, obrigado por todos os momentos de descontração e partilhas de sentimentos. Sou grato à Deus por ter colocado você no meu caminho.

Aos amigos da Pós-Graduação, **Victor Barboza da Mata**, **Laís Ranieri Makrakis**, **Letícia Ferreira Montarele**, **Hian Parize**, **Daniel Zuluaga Goyeneche**, **Brenda Gonçalves de Carvalho**, **Murilo Rodrigues de Campos**, **Allan Oliveira da Silva**, **Felipe Mendes**, **Tatiane Dotta**, obrigada pelo companheirismo e apoio.

À **Amanda Almeida** por sua amizade e pelo suporte durante a realização do mestrado.

À **Maria Cecília Gorita**, obrigado por todo incentivo e ajuda desde a graduação. Obrigada por ser esse pessoa maravilhosa que mesmo longe se faz presente e além de tudo, sou grato por todos os ensinamentos durante esse tempo.

À **Ingrid Verissimo**, pelo acolhimento e por todo carinho com ajudas durante esse período. Sou grata pelo apoio, cuidado e amizade.

À minha **família**, pelo o apoio e incentivo ao longo dos anos.

A todos os **amigos, colegas, colaboradores e funcionários** da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto – FORP, pela amizade, companheirismo, ensinamentos e disponibilidade.

Resumo

Costa, TNQ. **Efeito da tribocorrosão em implantes de ligas de titânio com tratamento de superfície: Uma revisão sistemática e metanálise.** [Dissertação]. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto; 2021.

RESUMO

Objetivo: A revisão sistemática e metanálise verifica o tratamento de superfície e a influência na degradação mecânicas e químicas dos materiais utilizados para a implantodontia, visando melhor compreender a correlação dos tratamentos preventivos ao desgastes do material e quais as características que o tratamento deve possuir para evitar essa degradação. **Material e métodos:** Foi realizada busca eletrônica nas bases de dados Web of Science, MEDLINE via PubMed, Virtual Health Library (VHS) e Scopus. A estratégia de busca utilizada foi PECO, tendo como participantes estudos in vitro e laboratorial, exposição implantes odontológicos de liga de titânio com tratamento de superfície, comparação ausência de tratamento de superfície em implantes odontológicos de liga de titânio, resultado interferência da tribocorrosão, com o registro na plataforma Open Science Framework (OSF; osf.io/7jga4). **Resultados:** A busca encontrou um total de 288 artigos, sendo que 22 destes artigos se encontravam em duplicata, permanecendo o número de 266 artigos para leitura de título e resumo. Após a leitura de título e resumo, 241 artigos foram removidos por não atenderem os critérios de elegibilidade para a revisão, sendo mantidos 25 artigos para leitura do texto completo. Durante a leitura completa, observou-se que 15 artigos não atendiam aos critérios de inclusão em sua totalidade sendo que 1 destes artigos não foi possível de ser obtido, chegando ao final da seleção com 10 artigos que se encontravam de acordo com os critérios, o que acabaram sendo utilizados nesta revisão. **Conclusão:** Foi possível observar que os estudos nos quais os tratamentos formaram a camada rutila obtiveram melhores resultados tribológicos e por consequência protegeram melhor o material de degradação mecânica e química. As técnicas com adição por nanotubulos quando analisadas pelos quesito de resistência mecânica precisam ser aprimoradas para que possam ser aplicadas a implantodontia. A metanálise conclui-se que, o tratamento de superfície se mostra eficiente para proteger os metais de desgastes mecânicos e químicos, quando comparados com o materiais que não receberam tratamento de superfície, comprovando sua eficácia.

Palavras-Chave: 1) Tribocorrosão 2) Implantes Dentais 3) Tratamento de Superfície 4) Revisão Sistemática

Abstract

Costa, TNQ. **Effect of tribocorrosion on surface-treated titanium alloy implants: A systematic review and meta-analysis.** [Dissertation]. Ribeirão Preto: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto; 2021.

ABSTRACT

Objective: The systematic review and meta-analysis verifies the surface treatment and the influence on the mechanical and chemical degradation of materials used for implant dentistry, to better understand the correlation of preventive treatments to material wear and what characteristics the treatment must have to avoid this degradation. **Material and methods:** An electronic search was carried out on the Web of Science, MEDLINE via PubMed, Virtual Health Library (VHS), and Scopus databases. The search strategy used was PECO, with in vitro and laboratory studies as participants, exposure to titanium alloy dental implants with surface treatment, comparison of the absence of surface treatment in titanium alloy dental implants, resultant interference of tribocorrosion, with the registration in the Open Science Framework platform (OSF; osf.io/7jga4). **Results:** The search found a total of 288 articles, 22 of which were duplicates, remaining the number of 266 articles for reading the title and abstract. After reading the title and abstract, 241 articles were removed for not meeting the eligibility criteria for the review, being 25 articles left for reading in full. During the full reading, it was observed that 15 articles did not meet the inclusion criteria in their entirety, and 1 of these articles was not obtainable, reaching the end of the selection with 10 articles that met the criteria, which ended up being used in this review. **Conclusion:** It was possible to observe that the studies in which the treatments formed the rutile layer had better tribological results and therefore better protected the material from mechanical and chemical degradation. The techniques with addition by nanotubes, when analyzed in terms of mechanical resistance, need to be improved so that they can be applied to implant dentistry. The meta-analysis concludes that the surface treatment proves to be efficient to protect metals from mechanical and chemical wear, when compared to materials that did not receive surface treatment, proving its effectiveness.

Keywords: 1) Tribocorrosion 2) Dental Implants 3) Surface Treatment 4) Systematic Review

Lísta de Figuras e Fluxogramas

LISTA DE FIGURAS E FLUXOGRAMAS

FIGURAS

- Figura 1-** Forest plot da comparação dos resultados de profundidade de desgaste entre o tratamento de superfície e o não tratamento de superfície para implantes dentários com o menor desgaste **65**
- Figura 2-** Forest plot da comparação dos resultados de profundidade de desgaste entre o tratamento de superfície e o não tratamento de superfície para implantes dentários com o maior desgaste **65**

FLUXOGRAMAS

- Fluxograma 1-** Diagrama de fluxo - Resumir o processo de seleção **59**

Lísta de Tabelas

LISTA DE TABELAS

| | | |
|------------------|---|-----------|
| Tabela 1- | Descrição da estratégia de busca PECO. | 51 |
| Tabela 2- | Buscadores utilizados. | 52 |
| Tabela 3- | Descrição dos trabalhos avaliados para revisão. | 61 |

Sumário

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. <i>Introdução</i> | 41 |
| 2. <i>Proposição</i> | 46 |
| 2.1 Objetivo Geral | 48 |
| 3. <i>Material e Métodos</i> | 50 |
| 3.1 Delineamento do Estudo | 52 |
| 3.2 Protocolo e registro | 52 |
| 3.3 Fontes de informação e estratégia de pesquisa | 52 |
| 3.4 Critérios de elegibilidade | 56 |
| 3.5 Seleção dos estudos | 56 |
| 3.6 Extração de Dados | 56 |
| 3.7 Metanálise | 57 |
| 4. <i>Resultados</i> | 59 |
| 4.1 Seleção dos estudos | 61 |
| 4.2 Descrição dos estudos | 62 |
| 4.3 Resultados metanálise | 66 |
| 5. <i>Discussão</i> | 68 |
| 6. <i>Conclusão</i> | 76 |
| <i>Referências</i> | 80 |

1. Introdução

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a maior produção em implantes dentais são à base de titânio comercialmente puro (Ticp) e a liga de titânio (Ti-6Al-4V)^(1,2), por apresentarem biocompatibilidade ao ambiente biológico, boa resistência em relação a degradação química, propriedades mecânicas favoráveis à implantodontia, como o baixo módulo de elasticidade, alta taxa de resistência a força, favorecendo uma excelente resposta clínica^(1,2).

Contudo, mesmo esses materiais apresentando qualidades em suas propriedades, pode ocorrer a degradação química e/ou mecânica de modo a promover a liberação de íons, que quando em grandes quantidades geram respostas imune e inflamatória, sendo um dos fatores responsáveis pelas falhas dos implantes. Além disso, os referidos materiais possuem características biocompatíveis mas não são bioativos, não apresentando propriedades antibacterianas associadas^(1,2).

Mesmo com altas taxas de sucesso, a implantodontia ainda apresenta relato de fracasso estimada entre 1-20%^(3,4), parte desta porcentagem está associada a degradação por meio da corrosão dos materiais metálicos^(4,14). No objetivo de melhorar as características e de fornecer melhores propriedades aos principais metais aplicados em implantes, os tratamentos de superfície surgiram para permitir a caracterização da superfície com princípios bioativos, aumentando a ósseocondução/indução, melhorando a resistência a degradação química e as demais propriedades mecânicas⁽⁵⁾.

Dessa forma, uma série de estudos sobre a forma de potencializar as propriedades das ligas odontológicas e minimizar características indesejadas, passou-se a utilizar o tratamento de superfície, com o objetivo de melhor compreender o comportamentos dos metais utilizados⁽⁴⁻¹³⁾. O tratamento da superfícies dos materiais tornou-se fundamental à medida que se compreende que os implantes serão submetidos a diferentes magnitudes de força, desde sua inserção até em sua permanência na cavidade bucal.

Dessa maneira, há um grande número de tratamentos de superfície, e observa-se que existe alterações por meio da Oxidação de Micro arc (MAO)^(9,11,7), Oxidação eletrolítica a plasma (PEO)^(4,13), Anodização por Nanotubulos^(6,8), adição de superfície pela técnica sol-gel⁽¹²⁾, adição de superfície a base de Nióbio (Nb)⁽⁵⁾,

adição de cálcio (Ca) e fósforo (P)⁽¹⁰⁾, mas não havendo consenso de qual tratamento proporciona as ligas de titânio características ideais de um material para ser utilizado na implantodontia.

Inicialmente, as forças são aquelas aplicadas durante a inserção dos implantes, por meio da resistência ao tecido ósseo, força que também será exigida para o implante durante o processo de mastigação. Além disso, há o processo de degradação química promovida pelas alterações de pH do meio bucal, temperatura, dentre outras que formarão um sistema no qual o implante estará submetido a forças corrosivas, sendo conhecido como sistema de tribocorrosão⁽⁴⁾. Este sistema é formado a partir dos desgastes provocado pelas forças atuantes sobre o implante e que promove a liberação de íons ao meio⁽⁴⁾.

A tribocorrosão é definida como um fenômeno de degradação das superfícies materiais podendo ser caracterizadas como rachaduras, desgastes, liberação de detritos, corrosão e muitas outras formas de desgastes⁽⁴⁻¹⁵⁾, que ocorre ao material do implante quando submetido à ação combinada do carregamentos mecânico e a corrosão causada pelo ambiente bucal, sendo que no carregamento mecânico o material pode sofrer abrasão, erosão e atrito, o desgaste proporcionado pelo meio bucal são químicos e eletroquímicos, dando a nomenclatura de tribocorrosão a ação combinada dos desgastes mecânico, químico e eletroquímico⁽¹⁵⁾.

Dessa forma, o objetivo dessa revisão sistemática foi comparar os resultados do tratamento de superfície em ligas à base de titânio para implantes dentários. Os estudos observados realizaram diversos tipos de tratamento superficial os quais foram comparados a amostras sem tratamento superficial em testes tribonometricos. Além disso, objetivamos melhor compreender os diferentes tipos de tratamentos superficiais e quais melhorias nas propriedades podem ser obtidas com esses tratamentos com enfoque a demanda tribonometrica do material.

2. Proposição

2. PROPOSIÇÃO

2.1 Objetivo Geral

Avaliar, por meio de uma revisão sistemática e metanálise de artigos sobre tratamento de superfície e a sua influência nos degradação mecânica e química dos materiais utilizados em implantodontia, visando assim melhor compreender esses tratamentos prevenindo desgastes no material e auxiliar o cirurgião dentista na tomada de decisão durante seu tratamento reabilitador.

3. Material e Métodos

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Delineamento do Estudo

Foi realizada busca eletrônica nas bases de dados Web of Science, MEDLINE via PubMed, Virtual Health Library (VHS) e Scopus.. A estratégia utilizada foi PECO (Participantes; exposição; comparação; resultado/desfecho)

Tabela.1 Descrição da estratégia de busca PECO.

| Participantes | Estudos <i>in vitro</i> e laboratorial |
|--------------------|--|
| Exposição | Implantes odontológicos de liga de titânio com tratamento de superfície |
| Comparação | Ausência de tratamento de superfície em implantes odontológicos de liga de titânio |
| Resultado/Desfecho | Interferência da tribocorrosão |

3.2 Protocolo e registro

Esta revisão sistemática foi realizada e registrada na Plataforma Open Science Framework (OSF; osf.io/7iga4).

3.3 Fontes de informação e estratégia de pesquisa

A estratégia de busca incluiu termos relacionados ou que descreveram a exposição e o desfecho. Os termos foram combinados e adaptados para uso nas bases de dados. Além da busca virtual, foi realizada a busca manual nas referências dos estudos incluídos. A literatura cinza foi consultada pelo Google Scholar (<https://scholar.google.com>), Opengrey (www.opengrey.eu) e pelo banco de teses para complementar a pesquisa. Nenhuma restrição foi colocada no idioma e na data de publicação. Foram selecionados trabalhos laboratoriais que tratavam da comparação de tratamento de superfície em metais para implantodontia com o objetivo de verificar se existe melhora das características triboquímicas do material.

Tabela.2 Buscadores utilizados.

| Base de dados | Estratégia de Busca | Resultado da busca (nº 288) |
|---------------------------------|--|-----------------------------|
| <p>MEDLINE (via PubMed)</p> | <p>((Tribocorrosion[Title/Abstract] OR Wear Corrosion Synergisms[Title/Abstract] OR Wear debris[Title/Abstract] OR Mechanically assisted corrosion[Title/Abstract] OR Fretting corrosion[Title/Abstract] OR Fretting in dentistry[Title/Abstract] OR Chemical mechanical degradation[Title/Abstract] OR Degradation[Title/Abstract] OR Tribological[Title/Abstract] OR Corrosive wear[Title/Abstract] OR Wear volume loss[Title/Abstract] OR Biotribocorrosion[Title/Abstract] OR Biotribology[Title/Abstract] OR Degradation[Title/Abstract] OR Corrosion[Title/Abstract] OR Tribo oxidation[Title/Abstract] OR Tribology[Title/Abstract] OR Sliding wear[Title/Abstract] OR Solid particle erosion[Title/Abstract] OR Electrochemical degradation[Title/Abstract] OR Oxidation[Title/Abstract]) AND (Surface Treatment [Title/Abstract] OR Modifications of Microtopography[Title/Abstract] OR Modifications of Nanotopography[Title/Abstract] OR Nanotopography[Title/Abstract] OR Surface coatings[Title/Abstract] OR Surface conditioning[Title/Abstract] OR Surface modification[Title/Abstract] OR Surface changes[Title/Abstract] OR Surface preparation[Title/Abstract]) AND (dental materials[MeSH Terms] OR Prosthodontics[MeSH Terms] OR Dental implants [MeSH Terms]))</p> <p>Observação: Busca por todos os campos</p> | <p>161</p> |

| | | |
|--|--|-----------|
| <p>Web Of Science (via Periodicos CAPES)</p> | <p>(Tribocorrosion OR "Chemical mechanical degradation" OR biotremology OR Tribo oxidation OR Tribology) AND (Surface Treatment OR Surface conditioning OR Surface modification OR Surface changes OR Surface preparation) AND (dental materials OR Prosthodontics) OR Dental implants)</p> <p>Observação: Busca por tópico</p> | <p>87</p> |
| <p>VHL</p> | <p>(Tribocorrosion OR "Chemical mechanical degradation" OR Biotribology OR Tribo oxidation OR Tribology) AND ("Surface Treatment" OR "Surface conditioning" OR "Surface modification" OR "Surface changes" OR "Surface preparation") AND ("dental materials" OR Prosthodontics OR Dental implants)</p> <p>Observação: Busca por título, resumo e assunto</p> | <p>19</p> |

| | | |
|--|---|-----------|
| <p>Scopus (via Periodicos CAPES)</p> | <p>(Tribocorrosion OR "Chemical mechanical degradation" OR Biotribology OR "Tribo oxidation" OR Tribology) AND ("Surface Treatment" OR "Surface conditioning" OR "Surface modification" OR "Surface changes" OR "Surface preparation") AND ("dental materials" OR Prosthodontics OR Dental implants)</p> <p>Observação: Busca por título, resumo e palavras-chave</p> | <p>21</p> |
|--|---|-----------|

3.4 Critérios de elegibilidade

Foram selecionados artigos que apresentavam em sua composição aspectos de desgaste triboquímicos, sendo que para esses testes, somente em estudos *in vitro* e laboratoriais, sendo excluídos artigos que apresentavam como principal fator o tratamento de superfície para beneficiar o crescimento celular ao redor do implante e fatores potencializadores para este fim.

3.5 Seleção dos estudos

Dois revisores (TNQC e TCD) examinaram de forma independente as referências encontradas. As referências recuperadas foram exportadas para o programa EndNote e os documentos duplicados foram removidos. Antes do processo de seleção, a calibração dos revisores foi testada por meio do Teste Kappa de Cohen com 20% dos artigos incluídos e foi considerada satisfatória ($K=0.88$). Em seguida, títulos e resumos de todos os artigos identificados pela estratégia de busca foram avaliados de forma independente pelos mesmos revisores seguindo os critérios de elegibilidade. Posteriormente, a leitura na íntegra de todos os artigos que atenderam aos critérios de inclusão ou que não forneceram informações suficientes no resumo para determinar a sua inclusão foi realizada. Assim, após a leitura completa aqueles que não contemplaram os critérios de inclusão foram excluídos. Nessa fase, todos os motivos de exclusão dos artigos foram relatados. Os desacordos sobre a inclusão dos artigos foram resolvidos por consenso. Quando não houve consenso um terceiro autor (RG) foi consultado.

3.6 Extração de Dados

Dois revisores (TNQC e TCD) coletaram independentemente, características metodológicas. Assim, os seguintes dados foram acessados: tipos do tratamento de superfície, teste tribonômico, análise de superfície, espessura do tratamento, dureza e resistência à corrosão.

Quando necessário, os autores dos artigos incluídos foram contatados por e-mail para esclarecimentos de informações referentes à investigação.

3.7 Metanálise

O software RevMan 5.5 (Review Manager 5.5, The Cochrane Collaboration) foi utilizado para realização das metanálises. A heterogeneidade foi avaliada usando o teste I^2 e foi considerada alta quando o valor de $I^2 > 50\%$. [Higgins18]. Modelo de efeitos aleatórios foi usado quando I^2 era $\geq 50\%$. Assim, foi calculada a diferença de média entre os valores de profundidade de desgaste considerando os piores resultados e os melhores resultados apresentados pelos estudos produzindo duas metanálises.

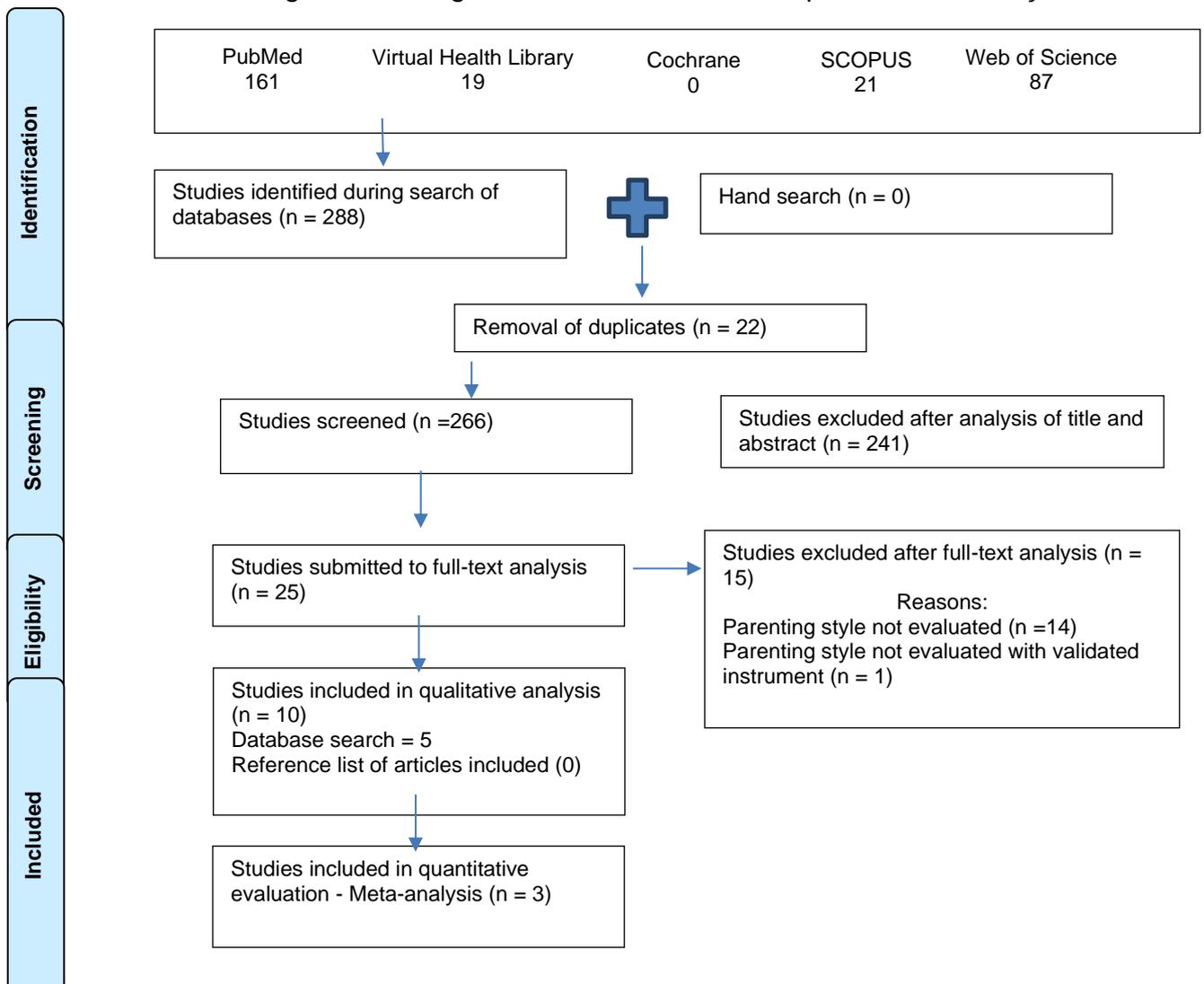
4. Resultados

4. RESULTADOS

4.1 Seleção dos estudos

Durante a busca encontrou-se um total de 288 artigos, sendo que 22 destes artigos se encontravam em duplicata e foram removidos do estudo, permanecendo o número de 266 artigos para leitura de título e resumo. Após a leitura de título e resumo, 241 artigos foram removidos por não atenderem os critérios de elegibilidade para a revisão, sendo mantidos 25 artigos para leitura do texto completo. Durante a leitura completa, observou-se que 15 artigos não atendiam aos critérios de inclusão em sua totalidade sendo que 1 destes artigos não foi possível de ser obtido, chegando ao final da seleção com 10 artigos que se encontravam de acordo com os critérios, o que acabaram sendo utilizados na busca para compreender se o tratamento de superfície de implantes odontológicos de ligas de titânio influencia na tribocorrosão do material, por meio da revisão sistemática (Fluxograma 1).

Fluxograma 1. Diagrama de fluxo - Resumir o processo de seleção.



From: Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. PLoS Med 6(6): e1000097. doi:10.1371/journal.pmed1000097 For more information, visit www.prisma-statement.org.

4.2 Descrição dos estudos

Para melhor visualização, a tabela 3 apresenta as características dos trabalhos selecionados assim como, o tipo de tratamento de superfície utilizado e os seus respectivos objetivos para o desenvolvimento do trabalho. Os trabalhos passaram pelos critérios de seleção, onde todos utilizaram os testes tribométricos para verificar as características conferidas ao material pelo tratamento superficial. Observa-se que, alguns estudos demonstraram que as modificações não foram positivas, mas todos os tratamentos provocaram mudanças nos materiais sendo elas quanto à resistência ao desgastes mecânico, químico ou eletroquímico ou modificou a relação de proliferação celular ao redor do implante.

Essa modificação proporcionada pelo tratamento de superfície visa obter melhorias e para que esse material possa melhor resistir as demandas da cavidade bucal, proporcionando a implantodontia mais recursos com o sucesso do tratamento reabilitador do paciente.

Tabela. 3 Descrição dos trabalhos avaliados para revisão.

| ANO AUTORES | OBJETIVOS | TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE | GRUPOS DE TRATAMENTO | PRINCIPAIS RESULTADOS ENCONTRADOS |
|----------------------------|---|--|--|--|
| XU Z, ET AL. 2019 | O objetivo do estudo foi jogar luz na performance e bioatividade da base de Nb para osteogenise. | Adição de superfície a base de Nióbio (Nb) | Nb, NbC, NbN, NbN, NbO | O grupo NbC apresentou melhores resultados para corrosão quando comparado com os demais sendo a cobertura mais indicada para implantodontia. |
| ALVES S.A, ET AL. 2017 | Testar através do escoregamento recíprocante em saliva artificial o comportamento da degradação por elétrica e mecânica antes e depois do processo de bio funcionalização em nanotubos de TiO ² . | Anodização por Nanotubulos | Ti, NT, NT-Ca/P/Zn | Os nanotubos de TiO ₂ depois da biofuncionalização apresentaram melhores resultados para a resistência a corrosão, sendo indicado a combinação dos tratamentos para utilização como tratamento superficial indicado para implantodontia. |
| WESZL M, ET AL. 2017 | O objteivo foi investigar a características e reprodutividade do crescimento homogêneo anódico, ordenado verticalmente TiO ² nanotulubar na superfície de substrato de titânio, como discos e implantes em comparação com nano-pitted filmes, que foram obtidos em dois estados de anodização. Além de investigar a durabilidade de filmes anódicos sob stress mecânico. | Anodização por Nanotubulos | NP, NT-2, EP | Os filmes anódicos nanotubular apresentaram limitações quanto a resistência mecânica do tratamento de superfície, obtendo resultados quanto ao aprimoramento da propriedades biológicas dos implantes com a associação dos dois tratamentos de superfície. |
| MARQUES I.S.V, ET AL. 2016 | O objetivo do estudo é fabricar uma superfície bioativa para o Ti adicionando Ca, P, Si e Ag todos produzidos por MAO, investigar a resistência a desgaste e corrosão durante experimentos de tibocorrosão e avaliar a resposta celular para essas modificações de superfície. | Oxidação de Micro arc (MAO) | 1-CaP5, 1-CaP10, 1-CaPAg5, 1-CaPAg10, 2-CaP5, 2-CaP10, 2-CaPSi5, 2-CaPSi10 | A maior concentração de Ca provoca melhorias no material em sua topografia, composição química, espessura da superfície e no comportamento tribocorrosivo. A incorporação de nanopartículas de Ag resulta em melhora da resistência tribocorrosiva e resposta celular sem danos a estrutura do material. |

| | | | | |
|-----------------------------------|---|--------------------------------------|--|--|
| MARQUES I.S.V, ET AL. 2016 | Neste estudo foi utilizado o tratamento MAO para modificar as propriedades da camada de oxido do cpTi, com elementos bioativos como Ca, P, Si e Ag foram incorporados atraves de eletrolise no filme anodico. Diferentes composições eletrolíticas e duração de tratamento foram utilizadas e suas influências nas falhas de superfície e desgaste/corrosão efeito sinérgico na produção de superfície de Ti sobre um ambiente oral simulado foi investigado. | Oxidação de Micro arc (MAO) | 0,3-CaP5, 0,3-CaPAg5, 0,1-Cap5, 0,1-CapSi5, 0,3-CaP10, 0,3-CaPAg10, 0,1-CaP10, 0,1-CaPSi10 | A maior concentração de Ca melhora as capacidades do tratamento de superfície em resistir ao processo de degradação por corrosão, assim como a incorporação de AgN também melhora as características tribológicas do material. |
| ALVES S.A, ET AL. 2015 | O objetivo do estudo é sintetizar um filme oxidado rico em cálcio e fósforo como cobertura da liga de Ti que apresente propriedades superiores de desgaste e corrosão e melhore a interação do material com o osteoblasto. Foi analisado a influência do processo de oxidação eletrônica a plasma na duração da composição, topografia, morfologia e composição química e estrutura cristalina, para as propriedades biológicas foram observadas viabilidade, proliferação e adesão dos osteoblastos. | Oxidação eletrolítica a plasma (PEO) | PEO_CE,8,5, PEO_CE, 8,10, PEO_Cβ,8,5, PEO_Cβ,25,10 | A composição eletrolítica desenvolve um papel crucial na performance das amostras anodizadas e entre essas amostras as que continham em sua base Ca e P apresentaram melhoras no comportamento tribocorrosivo. |
| OLIVEIRA F.G, ET AL. 2015 | O objetivo do estudo foi alcançar altas taxas de resistência a tribocorrosão sem comprometer as propriedades biológicas. Uma caracterização superficial detalhada foi desenvolvida, e na sessão de discussão foi enfatizada dois tópicos importantes: o melhor entendimento do quanto filme de óxido afeta o crescimento sob condições de MAO e o outro foi o melhor entendimento sobre a degradação dessa superfície devido a tribocorrosão. | Oxidação de Micro arc (MAO) | 0MgA, 0,01MgA, 0,1MgA | A adição de magnésio ao tratamento de superfície de Ca e P foi atingido pelo MAO, com essa adição ocorreu a presença de uma camada conhecida como rutile que provocou melhoras no comportamento tribocorrosivo do material. |
| ALVES S.A, ET AL. 2014 | O objetivo deste estudo foi avaliar o tratamento de superfície PEO produzido em diferentes condições e suas influências quanto a densidade da topografia, espessura, morfologia e performance aos testes tribológicos. | Oxidação eletrolítica a plasma (PEO) | Ti referência, PEO_CE.3, PEO_CE.8 | O tratamento produzido em baixa densidade de corrente apresentou poros de maior diâmetro, tendo suas performances quanto a desgaste e corrosão melhoradas pelo tratamento. |

| | | | | |
|------------------------------------|--|---|--|--|
| O. ÇOMAKLI, ET AL. 2014 | O objetivo deste estudo foi avaliar o tratamento de superfície pela técnica sol-gel a temperaturas variadas de calcinação e as características tribológicas e estruturais dos filmes formados. | Adição de superfície pela técnica sol-gel | TiO ₂ (500°C), TiO ₂ (600°C), TiO ₂ (700°C), TiO ₂ (800°C), TiO ₂ (900°C) | A espessura do tratamento de superfície, dureza, módulo de elasticidade e rugosidade de superfície do filme aumenta conforme a temperatura de calcinação aumenta. |
| ALVES A.C, ET AL. 2013 | O objetivo deste trabalho foi verificar o quanto a modificação através de tratamento anódico para modificar a superfície do titânio comercial, com a adição de elemento bioativos como Cálcio e Potássio modificam as reações do material aos desgastes provocados pela tribocorrosão. | Adição de cálcio (Ca) e fósforo (P) | Ti, 035CA, 015CA | A quantidade de acetato de cálcio interfere na topografia, composição química e estrutura, a presença de rutilo apresenta resultados positivos para o dano mecânico. |

4.3 Resultados metanálise

Após avaliação qualitativa, três estudos foram incluídos nas metanálises por apresentarem desfechos e métodos de avaliação desses desfechos semelhantes. O desfecho avaliado foi a profundidade de desgaste apresentada em micrômetro.

Uma vez que todos os estudos incluídos compararam o não tratamento de superfície com outros dois tratamentos, optou-se por realizar duas metanálises. Na primeira, o tratamento de superfície que apresentou o pior resultado em cada estudo foi comparado com o não tratamento (controle) (Figura 1). Ao fazer esta comparação não foi observado diferença na média da profundidade de desgaste entre os grupos (DM=1.22; IC:-2,03-4,48; I²=50%). Posteriormente, uma segunda metanálise foi realizada, em que se considerou o tratamento de superfície que apresentou o melhor resultado em cada estudo com o grupo controle (Figura 2). Pode-se observar uma diferença de cerca de 4.9 (micrômetro) na profundidade de desgaste entre o não tratamento de superfície e o tratamento superficial (DM=4.90; IC:-1,82-7,95; I²=55%). Para as duas metanálises foi considerado o efeito randômico, uma vez que a heterogeneidade entre os estudos foi considerada alta.

Figura 1. Forest plot da comparação dos resultados de profundidade de desgaste entre o tratamento de superfície e o não tratamento de superfície para implantes dentários com o menor desgaste

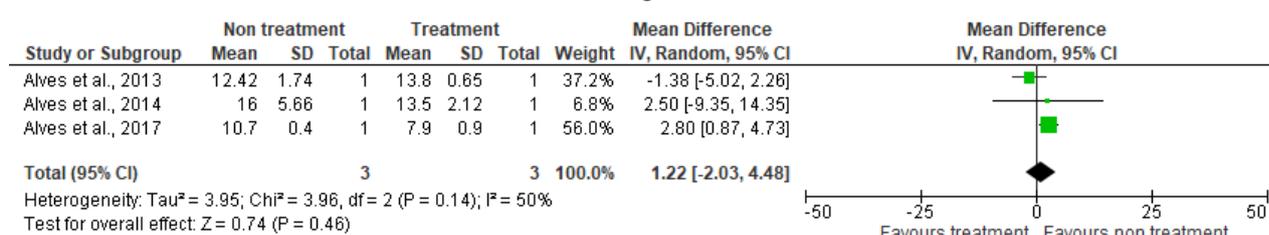
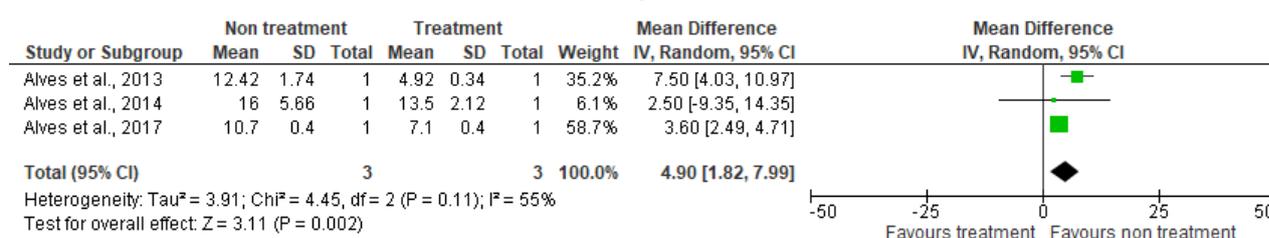


Figura 2. Forest plot da comparação dos resultados de profundidade de desgaste entre o tratamento de superfície e o não tratamento de superfície para implantes dentários com o maior desgaste



5. Discussão

5. DISCUSSÃO

Este trabalho avaliou tratamentos de superfície e sua relação com os desgastes mecânicos e químicos, por meio da análise dos tratamentos superficiais realizados por Oxidação de Micro Arc (MAO)^(9,11,7), Oxidação eletrolítica a plasma (PEO)^(4,13), Anodização por Nanotubulos^(6,8), adição de superfície pela técnica sol-gel⁽¹²⁾, adição de superfície a base de Nióbio (Nb)⁽⁵⁾, adição de cálcio (Ca) e fósforo (P)⁽¹⁰⁾.

Os tratamentos de superfície foram avaliados quanto a espessura da superfície, depois de avaliar as características da superfície em microscopia eletrônica, as amostras eram submetidas ao testes triboquímicos, onde os corpos de provas eram submergidos em uma solução análoga a saliva a um determinado pH (váriando entre 5,5 a 6,5) e uma esfera com movimento desliza sobre o corpo de prova em um determinada frequência⁽⁴⁻¹³⁾.

Concomitante a esse desgaste, o sistema é submetido a uma voltagem para que todo o material desgastado seja acoplado a um eletrodo, que então mensurará a quantidade de desgaste químico provocado na superfície do material, assim como a alteração da voltagem devido a presença de íons livres liberados pelo sistema, relacionado a dureza do material, a sua resistência ao desgaste e a alteração no pH da solução⁽⁴⁻¹³⁾.

Após a realização dos desgastes, as amostras são analisadas novamente por meio de vários dispositivos, como microscópio de varredura, para verificar as características do desgaste e da superfície do material verificando a formação de vales e picos após os testes devido aos debris liberado, provocando assim um rearanjo da superfície quando comparada com a superfície inicial⁽⁴⁻¹³⁾.

O tratamento de superfície MAO em Marques et al.,2016⁽⁹⁾ e Marques et al., 2016⁽¹¹⁾ foi obtido utilizando suporte energético pulsátil DC (Plasma Technology Ltd.) com voltagem e amperagem específicas com ciclos periódicos de 5 e 10 mim. Os eletrólitos foram preparados utilizando acetato de calcio e β -glicerolfosfato de sódio e Prata (Ag) nanoparticulada. Já em Oliveira et al., 2015⁽⁷⁾ o tratamento foi obtido utilizando eletrólito aquoso contendo β -glicerol fosfato de sal de sódio pentahidratado, acetato de cálcio monohidratado e acetados de magnésio tetra hidratado sob voltagem e amperagem por um período de 1 mim.

Em ambos os trabalhos de Marques et al., 2016^(9,11) pode ser observado que o tratamento com diferentes concentrações de Cálcio (Ca) e Fósforo (P) resultou na alteração estrutural dos poros nas superfícies do Ti que apresentaram diferente morfologia, composição e resistência. Quanto maior a concentração de Ca mais áspera a superfície com presença de poros largos com maior profundidade, sendo que com menor concentração, menor foi o tamanho dos poros dando aparência de uma superfície mais lisa.

Após o tratamento com a adição de Mg⁽⁷⁾ e Ag^(9,11) há a formação de uma fase conhecida como rutilo que apresenta características superiores de espessura, dureza e por consequência uma menor taxa de desgaste conforme a progressão do teste de deslizamento, promovendo uma menor tendência de corrosão^(9,11). O coeficiente de atrito (COF) se mostrou maior para os grupos tratados com MAO do que para os grupos controle. O comportamento tribológico demonstra que o coeficiente de atrito pode ser explicado pela rugosidade superficial e dureza dos filmes de MAO. Os mesmos resultados foram relatados na modificação por meio de tratamento anódico com a adição de elementos bioativos como Cálcio e Potássio que foi pesquisado em Alves AC, 2013⁽¹⁰⁾.

O tratamento de superfície do tipo PEO^(4,13) é obtido por uma ligação química em solução ácida concentrada contendo ácido fluorídrico (HF), ácido nítrico (HNO₃) e água destilada (H₂O) (na proporção de 1:1:1) durante 3-5 s, isso é realizado para remover a camada oxidada presente na superfície do material ^(4,13). Depois deste processo as amostras são submetidas a um processo de limpeza. Para o tratamento PEO o equipamento usado é o KERONITE, sendo produzido em duas soluções eletrolíticas diferentes, uma que apresenta em sua composição fluoreto de sódio (NaF) e outros elementos como Ca e P e a segunda que apresenta uma base eletrolítica de Ca/P, acetato de cálcio dentre outras substâncias.

Como resultado deste tipo de tratamento há a produção de uma camada oxidada porosa e anódica na superfície tratada pelo método PEO, as condições de processamento do tratamento podem proporcionar características diferentes como rugosidade superficial, morfologia e dureza, conferindo aos materiais propriedades significativamente superiores aos sem tratamento. Em caso de tratamentos obtidos sobre alta densidade de corrente obtém-se uma camada com poros de tamanhos diferentes e densidade diferente influenciando a espessura do tratamento de superfície e a rugosidade do material. Sendo que, o tratamento PEO

apresenta relação direta com a performance do material para resistir a tribocorrosão, por diminuir o dano mecânico e a tendência a corrosão acredita-se que isso se deve a estrutura cristalina formada pelos filmes anódicos^(4,13).

O processo de Anodização por Nanotubulos^(6,8) pode ser obtido em 3 passos como em Weszl M,2017⁽⁸⁾ ou em 2 passo como em Alves SA, 2017⁽⁶⁾, na primeira técnica podemos criar um filme anódico homogêneo nanotubular (NT) ou com nano poros (NP) na superfície do titânio, para obter esse tipo de tratamento primeiramente a amostra deve passar por um polimento eletroquímico mecanizado, esse material polido deve ser submetido a uma condição ácida para formação de ilhas de hidróxido que catalizaram a formação dos nanoporos. Por último, os filmes anódicos nanotubular e nano poroso são cultivados na superfície do disco⁽⁸⁾, para o tratamento em dois passos foi utilizado um processo de anodização com um eletrólito orgânico submetido a uma agitação magnética constante onde as amostras são imersas com um cátodo de grafite, as amostras são limpas para a formação de um padrão nanotubular e depois submetidas a uma nova imersão por 30 min para formação de um padrão nanotubular na superfície sendo posteriormente bio ativada por um processo de polarização reversa e anodização sendo realizado para adicionar Ca,P e Zn a superfície do titânio⁽⁶⁾.

Por meio dos resultados encontrados por Weszl M, 2017⁽⁸⁾ o tratamento de superfície durante os primeiros momentos dos teste de deslizamento apresentam uma ação mecânica protetora, além de proteger o titânio contra corrosão. Entretanto, conforme o teste vai progredindo os valores de resistência vão caindo além de liberar fragmentos e íons formando uma pista de desgaste. Com esses achados os autores sugerem que a aplicabilidade de filmes anódicos nanotubulares em implantes devem ser limitadas devido as considerações mecânicas, e ao baixo desempenho apresentado com relação aos testes tribométricos.

Os resultados de Alves SA, 2017⁽⁶⁾ relatam uma estabilidade eletroquímica nas amostras após o tratamento de bio funcionalização, exibindo menor atividade durante todo o teste tribo-eletroquímico, além de melhorar a resistência ao desgaste. As melhorias nas propriedades são atribuídas ao filme fino de óxido desenvolvido na interface nanotubular, filme esse que concede estabilidade eletroquímica e melhora a força de aderência do filme ao substrato, resultando em uma redução na perda de volume. Superando as dificuldades encontradas no tratamento para a formação de nanotubulos através da bio funcionalização posterior ao tratamento.

Para o preparo de superfície através das técnicas de adição de superfície pela técnica sol-gel⁽¹²⁾ e adição de superfície a base de Nióbio (Nb)⁽⁵⁾ respectivamente, é necessário que as amostras sejam submetidas a uma solução contendo tetraisopropoxida de titânio (TTIP), ácido clorídrico (HCl) como catalisador e isopropanol como solvente, as amostras são colocadas nesta solução em um ambiente preparado por 15 min, repetindo esse processo três vezes depois o material é aquecido a uma temperatura de 500-900°C para minimizar o efeito do ar na espessura do filme. Na formação do filme por adição de Nb é necessário a deposição dos componentes por meio de um ambiente controlado onde há a passagem de corrente elétrica em um pressão de 0,8 Pa em 300°C, por 5 min.

Como resultado do tratamento pelo processo de sol-gel em Çomaklı O, 2014⁽¹²⁾ temos a formação de um filme consistente de anatase (A) e rutilo (R), esses filmes possuem picos de difração em temperaturas diferentes. Quanto as outras características do material como espessura, dureza, o módulo de elasticidade e a rugosidade superficial são aumentadas com o aumento da temperatura de calcinação, assim como o coeficiente de fricção (COF) também se altera com a mudança de temperatura sendo que o menor COF é obtido a 900°C e o maior a 500°C, foi observado durante o estudo uma melhora significativa nos testes de desgaste sendo proporcional com o aumento da temperatura de calcinação obtendo o maior valor de resistência ao desgaste a 900°C.

Foi obtido como resultado do trabalho de Zhengjiang Xu, 2019⁽⁵⁾ que os filmes à base de Nb produzidos pelo tratamento apresentaram como propriedade resistência ao desgaste, pouco atrito, resistência à corrosão e performance biológica aceitável, formada por filmes de fase cristalina única. Uma certa quantidade de NbO_x foi detectada na superfície devido a oxidação natural provocada pelo ar, o filme que apresentou melhor resistência à corrosão foi o NbC e o filme de Nb apresentou os piores resultados para a degradação química. Nos testes tribométricos, o filme de NbC apresentou o menor COF e o menor volume de perda de estrutura, indicando sua performance superior quando comparado com os demais filmes produzidos. Além de apresentar características vantajosas quanto a proliferação celular.

Diante de incompatibilidade dos desfechos avaliados e no métodos de mensuração dos mesmos, somente três estudos foram incluídos na metanálise^(6,10,13). Esses três estudos avaliaram a profundidade de desgaste e apresentaram os resultados de forma semelhante. No entanto, todos os estudos

compararam o não tratamento com dois tipos de tratamento de superfície, mas nenhum comparou tratamentos iguais. Dessa forma, optou-se por comparar o tratamento de superfície que apresentou o pior resultado quanto à profundidade de desgaste com o controle de cada estudo e o tratamento de superfície que apresentou o melhor resultado em cada estudo com o controle. Na primeira comparação não foram observadas diferenças na média da profundidade de desgaste entre o não tratamento e o tratamento. No entanto, ao considerar os tratamentos de superfície que apresentaram os melhores resultados pode-se observar uma melhor resistência ao desgaste. Isso pode ser associado a formação de camada rutila no tratamento PEO realizado em Alves SA, 2015⁽¹³⁾ e no estudo de Alves SA, 2017⁽⁶⁾ a melhoria nas características tribológicas do material foi obtida após a realização da biofuncionalização do tratamento de superfície e em Alves AC, 2013⁽¹⁰⁾ não ocorreu a formação da camada rutila nem a melhoria provocada pela biofuncionalização apresentando resultados menores quando comparados com os demais tratamentos.

É importante que esses resultados sejam interpretados com cautela, uma vez que houve uma alta heterogeneidade entre os estudos incluídos e compararam tratamentos de superfície distintos. Ressalta-se que mais estudos bem delineados, com os tratamentos de superfície Alves SA, 2015⁽¹³⁾ e Alves SA, 2017⁽⁶⁾ sejam realizados para que comparações futuras possam ser realizadas. Desta forma, os estudos clínicos podem ser iniciados pautados em técnicas de tratamento de superfície que já demonstraram superioridade. Outro ponto a ser considerado em estudos futuros é a padronização da forma de apresentação dos resultados, seguindo protocolos de apresentação de resultados de acordo com o tipo de estudo. Devido a estas incompatibilidades, mais comparações não puderam ser realizadas.

6. Conclusão

6. CONCLUSÃO

Como conclusão do trabalho observou-se que os estudos nos quais os tratamentos formaram a camada rutila obtiveram melhores resultados tribológicos e, por consequência, protegeram melhor o material de desgastes mecânicos e químicos. As técnicas com adição por nanotubos quando analisadas pelos quesitos de resistência mecânica precisam ser aprimoradas para que possam ser aplicadas a implantodontia, embora existam outros fatores a serem considerados para seleção do tratamento de superfície. Por meio da metanálise, pode-se concluir que o tratamento de superfície se mostrou eficiente para proteger os metais de degradação mecânica e química, quando comparados com os materiais que não receberam tratamento de superfície, comprovando sua eficácia.

Referências

REFERÊNCIAS

1. Tardelli JDC, da Costa Valente ML, de Oliveira TT, Dos Reis AC. Influence of chemical composition on cell viability on titanium surfaces: A systematic review. *The Journal of prosthetic dentistry*. 2021;125(3):421-425.
2. Shahriyari F, Razaghian A, Taghiabadi R, Peirovi A, Amini A. Effect of friction hardening pre-treatment on increasing cytocompatibility of alkali heat treated Ti-6Al-4V alloy. *Surf Coat Technol* 2018;353:148-57.
3. Vieira AC, Ribeiro AR, Rocha LA, Celis JP. Influence of pH and corrosion inhibitors on the tribocorrosion of titanium in artificial saliva. *Wear* 2006; 261:994–1001.
4. Alves SA, Bayón R, Igartua A, Saénz de Viteri V, Rocha LA. Tribocorrosion behaviour of anodic titanium oxide films produced by plasma electrolytic oxidation for dental implants. *Lubrication science*, 2014;26(7-8):500-513.
5. Zhengjiang Xu, Luis Y, Yuan Q, Willian A, Emerson C, Bin J, Sergio M, Guocheng W, Haobo P. Potential of niobium-based thin films as a protective and osteogenic coating for dental implants: The role of the nonmetal elements. *Materials Science and Engineering: C*, 2019;96:166-175.
6. Alves SA, Rossi AL, Ribeiro AR, Toptan F, Pinto AM, Celis JP, Rocha LA. Tribo-electrochemical behavior of bio-functionalized TiO₂ nanotubes in artificial saliva: Understanding of degradation mechanisms. *Wear*, 2017; 384: 28-42.
7. Oliveira FG, Ribeiro AR, Perez G, Archanjo BS, Gouvea CP, Araújo JR, Rocha LA. Understanding growth mechanisms and tribocorrosion behaviour of porous TiO₂ anodic films containing calcium, phosphorous and magnesium. *Applied Surface Science*, 2015; 341:1-12.
8. Weszl M, Tóth KL, Nagy IKP, Pammer D, Pelyhe L, Vrana NE, Scharnweber D, Brandstetter CW, Joób AF, Bognár E. Investigation of the mechanical and chemical characteristics of nanotubular and nano-pitted anodic films on grade 2 titanium dental implant materials. *Materials Science and Engineering: C*, 2017; 78: 69-78.
9. Marques IDSV, Alfaro MF, da Cruz NC, Mesquita MF, Takoudis C, Sukotjo C, Barão VAR. Tribocorrosion behavior of biofunctional titanium oxide films produced by micro-arc oxidation: Synergism and mechanisms. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 2016; 60:8-21.
10. Alves AC, Oliveira F, Wenger F, Ponthiaux P, Celis JP, Rocha LA. Tribocorrosion behaviour of anodic treated titanium surfaces intended for dental implants. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 2013; 46(40): 404001.
11. Marques IDSV, Alfaro MF, Saito MT, da Cruz NC, Takoudis C, Landers R, Barão, VAR. Biomimetic coatings enhance tribocorrosion behavior and cell responses of commercially pure titanium surfaces. *Biointerphases*, 2016; 11(3):031008.
12. Çomaklı O, Yetim T, Çelik A. The effect of calcination temperatures on wear properties of TiO₂ coated CP-Ti. *Surface and Coatings Technology*, 2014; 246:34-39.
13. Alves SA, Bayón R, de Viteri VS, Garcia MP, Igartua A, Fernandes MH, Rocha LA. Tribocorrosion behavior of calcium-and phosphorous-enriched titanium oxide films and study of osteoblast interactions for dental implants. *Journal of Bio-and Tribo-Corrosion*, 2015; 1(3):1-21.

14. Patel B, Duran-Martinez AC, Gurman P, Auciello O, Barao V, Campbell S, Sukotjo C, Mathew MT. Ultrananocrystalline diamond coatings for the dental implant: electrochemical nature. *Surface Innovations*, 2017; 5(2):106-117.
15. Mathew MT, Srinivasa PP, Pourzal R, Fischer A, Wimmer MA. Significance of tribocorrosion in biomedical applications: overview and current status. *Advances in tribology*, 2009.

Parabéns - seu envio está concluído! Esse é seu recibo digital. Você pode imprimir uma cópia desse recibo a partir do Visualizador de Documentos.

Autor:
Vinicius Pedrazzi

Título do trabalho:
Efeito da tribocorrosão em implantes de ligas de titânio com tratamento de superfície: Uma revisão sistemática e metanálise

Título do envio:
Efeito da tribocorrosão em implantes de ligas de titânio com tratamento de superfície: Uma revisão sistemática e metanálise

Nome do arquivo:
ME_Thiago_Naves_sugest.docx

Tamanho de arquivo:
Unknown

Data de envio:
12-dez-2021 12:58PM (UTC-0300)

Identificação do envio:
1728158646



Não foi possível criar nenhuma imagem para esse envio. Você pode baixar o arquivo acima.

Microsoft PowerPoint - turnitin2017... Turnitin

https://www.turnitin.com/t_inbox.asp?r=6.4294734967973&svr=50&lang=pt_br&aid=115068026

Mais visitados Introdução Plataforma Lattes Apollo Mercweb Marteweb Jupiterweb UmPortugues.com - A... Dr. Vinicius Pedrazzi Redirecting... Prefeitura Municipal d...

Vinicius Pedrazzi | Informação do Usuário | Mensagens(1 novo) | Professor | Português | Comunidade | Ajuda | Logout

turnitin

Trabalhos Alunos Boletim de Notas Bibliotecas Calendário Discussão Preferências

VISUALIZANDO AGORA
PRINCIPAL > EFEITO DA TRIBOCORROSÃO EM IMPLANTES DE LIGAS DE TITÂNIO COM TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA E METANÁLISE > EFEITO DA TRIBOCORROSÃO EM IMPLANTES DE LIGAS DE TITÂNIO COM TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA E METANÁLISE

Sobre esta página
Esta é a sua caixa de entrada de trabalho. Para visualizar um documento, selecione o título do documento. Para visualizar um Relatório de similaridades, selecione o ícone do Relatório de similaridades do documento na coluna de similaridade. Um ícone esmaecido indica que o Relatório de similaridades ainda não foi gerado.

Efeito da tribocorrosão em implantes de ligas de t...

CAIXA DE ENTRADA | VISUALIZANDO AGORA: DOCUMENTOS NOVOS

Enviar arquivo Relatório da correção on-line | Editar configurações do trabalho | Email para não remetentes

Você selecionou documento(s) 1 nessa página

| <input type="checkbox"/> | AUTOR | TÍTULO | SEMELHANÇA | NOTA | RESPOSTA | ARQUIVO | IDENTIFICAÇÃO DO DOCUMENTO | DATA |
|-------------------------------------|-------------------|---|------------|------|----------|---------|----------------------------|-------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Vinicius Pedrazzi | Efeito da tribocorrosão em implantes de ... | 13% | | * | | 1728158646 | 12-dez-2021 |

Direitos Reservados © 1998 - 2021 Turnitin, LLC. Todos os direitos reservados.

13:07 12/12/2021