

Ignacio Alonso Garcia-Hierro

**Degradação de materiais oriundos dos implantes ou componentes e sua  
influência nos tecidos peri-implantares**

Universidade Fernando Pessoa

Faculdade Ciências da Saúde

Porto, 2020



Ignacio Alonso Garcia-Hierro

**Degradação de materiais oriundos dos implantes ou componentes e sua  
influência nos tecidos peri-implantares**

Universidade Fernando Pessoa  
Faculdade Ciências da Saúde

Porto, 2020

Ignacio Alonso Garcia-Hierro

**Degradação de materiais oriundos dos implantes ou componentes e sua  
influência nos tecidos peri-implantares**

*Trabalho apresentado à  
Universidade Fernando Pessoa  
como parte dos requisitos para a  
obtenção do grau de Mestre em  
Medicina Dentária*

---

(Ignacio Alonso Garcia-Hierro)

## RESUMO

**Introdução:** O recurso a implantes dentários assumiu um papel preponderante na reabilitação de pacientes edêntulos. O seu desempenho vai depender do tipo de materiais, tecidos circundantes, desenho do implante e as condições do ambiente oral. O titânio comercialmente puro é um dos materiais mais utilizado para tratamentos com implantes devido às suas propriedades, ainda assim, também pode causar problemas. Para procurar minorar algumas das limitações, outros materiais têm despertado a atenção, tal como a zircônia.

O objetivo desta revisão sistemática foi avaliar a resistência à degradação e corrosão, resposta biológica de proliferação e adesão nos tecidos peri implantares nos materiais de titânio e zircônia.

**Materiais e métodos:** A pesquisa da literatura foi realizada através da bases de dados MEDLINE (via PubMed) comparando os materiais de zircônia e titânio, seguindo a estratégia de pesquisa PICO (Participantes/População, Intervenções, Comparação/Conteúdo, Outcome/resultados), para definir os critérios de inclusão e critérios de exclusão.

**Resultados:** Em 4 dos 7 estudos incluídos confirma-se que os resultados obtidos são mais favoráveis para o grupo de zircônia no que diz respeito ao desgaste do material e corrosão que, por seu turno, também apresenta resposta biológicas á degradação comparável ao material de titânio.

**Conclusão:** Com base nos artigos revistos pode ser constatado que os pilares de zircônia demonstraram melhores propriedades físico-químicas de resistência ao desgaste e corrosão (tribocorrosão) além de melhor resposta biológica em comparação com os pilares de titânio.

**Palavras chaves:** `` Corrosion wear``; `` Dental implant ``; `` Tribocorrosion `` ; `` Titanium``; `` Zircônia``

## ABSTRACT

**Introduction:** The use of dental implants has assumed a major role in the rehabilitation of edentulous patients. Its performance will depend on the type of materials, surrounding tissues, design of the implant and the conditions of the oral environment. Commercially pure titanium is one of the most used materials for implant treatments due to its properties, yet it can also cause problems. In order to alleviate some of the limitations, other materials have attracted attention, such as zirconia.

The objective of this systematic review was to evaluate the degradation and corrosion resistance and biological response of proliferation and adhesion in the peri-implant tissues of titanium and zirconia materials.

**Methods:** The literature search was performed through the MEDLINE databases (via PubMed) comparing the materials of zirconia and titanium, following the search strategy PICO (Participants / Population, Interventions, Comparison / Content, Outcome ), for define inclusion criteria and exclusion criteria.

**Results:** In 4 of the 7 studies included, it is confirmed that the results obtained are more favorable for the zirconia group with regard to material wear and corrosion which, in turn, also has a biological response to degradation comparable to titanium material.

**Conclusion:** Based on the reviewed articles It can be seen that the zirconium abutments demonstrated better physico-chemical properties of resistance to wear and corrosion (tribocorrosion) in addition to a better biological response compared to titanium abutments.

**Keywords:** Corrosion wear; Dental implant ; Tribocorrosion ; Titanium; Zirconia

## **DEDICATÓRIA**

Ao meu pai por confiar em mim mais do que ninguém contra tudo , por permanecer firme apesar de todas as consequências que isso acarretou e nunca desistir, sempre avançando com humildade, respeito e trabalho árduo, são os passos que quero seguir o resto de minha vida para um dia tornar me uma pessoa tão incrível como você.

Á minha irmã por sempre me proteger, cuidar de mim e aguentar tantas coisas sozinha com um grande sorriso sempre trazendo alegria para os que estão ao seu redor .

**Obrigado!**

## **AGRADECIMENTOS**

Meus pais Olga e Fermín por me darem seu amor por me darem a educação que me deram que me faz ser quem eu sou hoje e seu apoio durante todos esses anos, apesar das dificuldades que surgiram no caminho.

Minha irma por sempre estar quando precisava de sua ajuda e dar me seu apoio durante todos estes anos.

À minha família por estarem sempre presentes e terem acreditado em mim.

Todos meus amigos da minha cidade de Badajoz, que sempre darem seu optimismo, apoio e motivação .

Aos amigos que tive o prazer de conhecer e estiveram sempre presentes . Ao Adam que foi uma das pessoas mais incríveis que ja conhoci e ensinou me tantas coisas a Yamina que foi a grande surpresa que tive no final de esta experiencia e espero que continue a ser parte na minha vida muito mas tempo , a minhas tres amigas e companherias desde o inicio Marta a melhor binomio que existe que me ajudo tanto nas clínicas e na vida a Cintia e Berta que durante todos estos anos sempre quando precisava estiverom lá e fizeram increivel todo isto.

A todos os colegas que conhoci na universidade Fernando Pessoa e cada pessoa que estive na minha vida durante este periodo de 5 anos.

A grande cidade de Oporto por suas pessoas maravilhosas e seus incríveis lugares que considero como minha casa depois de tanto tempo.

## ÍNDICE

I. INTRODUÇÃO .....	1
II. MATERIAL E MÉTODOS .....	2
2.1 Questão focada.....	2
2.2 Critério de inclusão para a revisão sistemática:.....	3
2.3 Critérios de exclusão .....	3
III. DESENVOLVIMENTO.....	5
IV. DISCUSSÃO .....	10
V. CONCLUSÃO .....	14
VI. BIBLIOGRAFIA.....	15

## **LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS**

Ti - titânio

Zr - zircônia

CBH - altura cista óssea

DPSC - Células-tronco da polpa dentária humana

Y-TZP - zircônia tetragonal estabilizado com ítria

CAD /CAM - projeto assistido por computador / fabricação assistida por computador

STI - integração do tecido mole

ECM - componentes da matriz extracelular

SEM - micrografia eletrónica

DPSC - células-tronco da polpa dentária humana

MC3T3-E1 - células de pré-osteoblastos murinos

ROS - espécies reativas de oxigénio

Ra - Rugosidade de superfície

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Desgaste (em  $\mu\text{m}$ ) no ombro do implante

Tabela 2 – Tabela de revisão sistemática

## **FIGURAS**

Figura 1. Fluxograma PRISMA

## I. INTRODUÇÃO

O tratamento com implantes dentários para pacientes edentulos foi tomado como um dos tratamentos mais utilizados devido a seu nível funcional e de estabilidade das estruturas.( Stefan Roehling *et al*, 2019)

O desempenho da prótese implanto suportadas vai depender do tipo de materiais utilizados, tecidos circundantes, desenho do implante e as condições do ambiente oral. A condição do ambiente oral é um factor a ter em conta, já que a cavidade oral é um dos ambientes mais difíceis para manter as características dos materias ao longo do tempo.As características do ambiente da cavidade oral confirmam-se como um dos fatores decisivos para manter a viabilidade dos materiais ao longo prazo. (K. Apaza-Bedoya *et al*,2017 )

A viabilidade é influenciada pelas interrelações fisicoquímicas. A Tribocorrosão é uma área da ciência que estuda e examina os efeitos combinados do desgaste e corrosão nos diferentes materias e, neste estudo, do materiais de titânio e zircônia. (Sikora CL *et al*, 2017)

O titânio comercialmente puro é um dos materiais mais utilizados para tratamentos com implantes dentários devido às sua documentada biocompatibilidade e suas propriedades mecânicas, sua resistência à corrosão e resistência à fractura. Mas este material também pode causar problemas estéticos e não possui boas propriedades antimicrobianas, entre outras. (Sofia A. Alves *et al*, 2018 )

No sentido de ultrapassar esta limitações, começou a usar implantes formados por zircônia que ganhou popularidade por causa de sua resistência à fratura aprimorada sobre alumina e propriedades ópticas superiores sobre titânio além de ser um material com características como grande estabilidade química, celulação osteogénica, resistência à corrosão e fratura e melhor estética. Assim, estudos recentes *in vivo e in vitro* demonstraram resultados favoráveis para a zircônia quando comparados com o titânio ao nível de corrosão, osteointegração, estética e reação adversa nos tecidos.( Fernanda H. Schünemann *et al*, 2019)

Esta revisão sistemática tem como objetivo avaliar a resistência e natureza do produto da degradação e corrosão dos materiais de titânio. Definindo assim qual o material com melhores propriedades.

## II. MATERIAL E MÉTODOS

Esta revisão sistemática foi realizada de acordo com os itens para revisão sistemática e protocolos de meta-análise (PRISMA - P; Moher *et al.*, 2015) e adotada a metodologia PICO para estruturar a questão da pesquisa. A pesquisa foi realizada com os termos selecionados, combinados com os operador booleano “AND”.

Para a pesquisa MEDLINE, as seguintes combinações de termos foram aplicados: “Desgaste por corrosão” AND “Implante dentário” AND “Tribocorrosão” OU “Zircônia” AND “Titânio” AND “corrosão por desgaste” OU “Implante dentário” AND “Tribocorrosão” AND “Titânio” AND “Zircônia”

Foi definido o limite temporal de 10 anos para pesquisar (artigos publicados de 2011 a 2020).

### Estratégia da busca

Em julho de 2020, uma busca eletrônica e sistemática do MEDLINE via PubMed. Foram incluídos artigos em inglês para a pesquisa bibliográfica, estudos *in vitro* e *em vivo*.

### 2.1 Questão focada

Para a presente revisão, a questão a ser abordada foi a seguinte: “Qual o impacto da degradação de dois materiais de implantes em titânio e zircônia nos tecidos peri implantes?”

### 2.3 Critério de inclusão para a revisão sistemática:

- Seguindo a estratégia de pesquisa PICO foram definidos os critérios de inclusão seguintes:
  - P – População(Alvo): Tecidos peri implantares;
  - I - Intervenção: Degradação dos materiais ;
  - C - Comparação: Comparação entre zircônia e titânio;
  - O - *Outcome*: O impacto
  
- Idioma: inglês.
- Estudos *in vitro*, comparação da corrosão da zircônia e titânio em implantes.
- Estudos de comportamento do envelhecimento das superfícies diferentes materiais
- Estudo *in vivo*, impacto da degradação sobre a reabsorção óssea.

### 2.4 Critérios de exclusão

- Estudos que não avaliaram o comportamento do titânio e suas ligas ou a zircônia
- Todos os trabalhos não primários.

### Fluxograma da pesquisa dos artigos

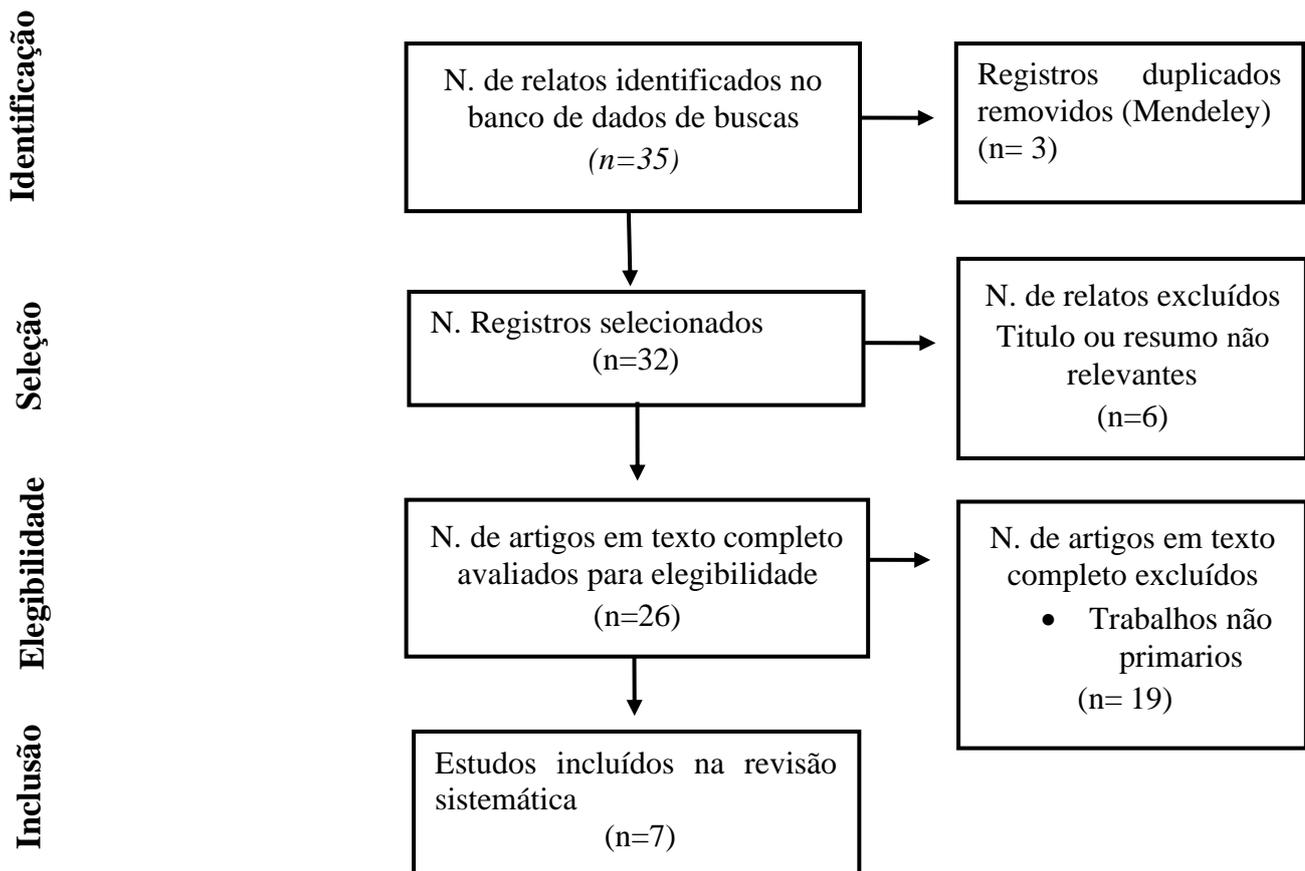


Figura 1. PRISMA fluxograma

### **III. DESENVOLVIMENTO**

#### **III.1 Implantes dentários**

O uso inicial dos pilares era atuar como elemento intermediário entre a prótese e a plataforma de implante com várias unidades, aparafusadas. Recentemente, o seu papel expandiu-se para apoiar e desenvolver perfis de emergência e submersão de tecidos moles.

Juntamente com o projeto assistido por computador / fabricação assistida por computador (CAD /CAM), levaram ao desenvolvimento de vários pilares personalizados. ( Jae Seon Kim, DDS *et al*, 2011)

Os componentes do implante, incluindo metal base liga, coroa, parafuso, pilares, e conexão. (Jamie K. W. Foong *et al* , 2013)

A reabilitação com o recurso a implantes dentários é um dos tratamentos mais utilizados em pacientes edentulos . A taxa de sucesso de um implante dentário é determinada por vários aspectos relacionados com o implante, a cirurgia, a prótese e as condições médicas do paciente. O tipo de material usado também é fundamental para o tecidos peri implantares e os sucesso clínico.

No entanto, hoje em dia há preocupações em relação à estética, à resistência e corrosão por degradação gradual do material e mais estudos com o objectivo de encontrar alternativas mais biocompatíveis que sejam mais estéticas e com melhores características mecânicas. ( Miguel Pessanha-Andrade *et al* ,2018)

A longevidade dos implantes dentários depende da manutenção do tecido peri-implante e ausência de inflamação. Como as propriedades físico-químicas intrínsecas a cada material ao longo do tempo parecem afetar a adesão celular e de biofilme, o seu prognóstico, permanece incerto. ( Maria Sílvia Maurício Rigolin *et al* , 2019)

#### **III.2 Titânio como material para implantes dentários**

O titânio e as suas ligas ainda são o material de escolha quando se trata de próteses e dispositivos biomédicos implantados. Nomeadamente de grau IV e grau V são dos mais utilizados.

O titânio de grau IV é referenciado pela literatura científica por apresentar alta biocompatibilidade, osseointegração, comportamento mecânico adequado na mastigação e resistência à corrosão em contato com fluidos orais. A biocompatibilidade de materiais à base de titânio é ainda dependente nas propriedades da superfície. (K. Apaza-Bedoya *et al* ,2017)

O titânio de grau V tem propriedades de maior resistência à fratura permitindo assim que sejam usados implantes de menor diâmetro mas possui menor biocompatibilidade.

O titânio tem formação de uma película protetora de óxido de titânio que se apresenta espontaneamente na sua superfície. Quando esse filme passivo é interrompido, o metal bruto subjacente fica exposto e suscetível à corrosão. (Sikora CL *et al* , 2017)

A função dos implantes dentários de titânio na substituição de dentes na cavidade oral está bem documentado mas o resultado estético tornou-se um dos focos principais de interesse em áreas esteticamente sensíveis. No entanto, o uso de pilares de titânio pode comprometer a aparência da cor do tecido na zona estética. Isso ocorre quando a espessura dos tecidos moles é de 2 mm ou menos. (Michael Stimmelmayer *et al*, 2012)

### **III.3 Zircônia como material para implantes dentários**

Na última década, o policristal de zircônia tetragonal estabilizado com ítria (Y-TZP) surgiu na odontologia como um material promissor para várias aplicações como coroas, onlays, inlays e estruturas de implantes, devido a resultados estéticos, como cor e opacidade que imitam a aparência natural dos dentes

Materiais com base de zircônia foram sugeridos como um biomaterial com uma alta estabilidade química que evita a liberação de produtos tóxicos para os tecidos circundantes. Este material fornece estimulação de células osteogênicas durante a osseointegração em combinação com características mecânicas únicas, como alta tenacidade à fratura, resistência à fadiga, alta resistência à flexão, alta resistência à corrosão e radiopacidade. Além disso, alguns estudos demonstraram que a zircônia diminui a adesão de bactérias e o acúmulo de biofilme, levando a um baixo risco de reações inflamatórias em tecidos peri-implantar. (Fernanda H. Schünemann *et al* , 2019)

Zircônia como uma alternativa de material de implante ganhou interesse nos últimos anos, devido aos dados clínicos de longo prazo que apoiam o sucesso clínico da zircônia como material de implante dentário. (Chenxuan Wei *et al* , 2019)

Os implantes de zircônia podem ser feitos completamente de zircônia, de zircônia com um componente metálico ajustado que se conecta ao implante ou de zircônia com um componente de liga metálica que se conecta ao implante. Estas múltiplas conexões podem afetar a durabilidade geral do pilar ou complexo de implantes (Jae Seon Kim *et al*, 2011)

### III.4 Tribocorrosão

A Tribocorrosão é uma ciência que examina os efeitos combinados de desgaste e corrosão nos materiais.

Com base nos processos tribológicos, a tribocorrosão pode ser classificada principalmente como corrosão deslizante (sob grande movimento de deslizamento), corrosão por atrito (sob micromoção), erosão-corrosão (interface solução / superfície), corrosão por fadiga (sob carga cíclica) ou corrosão sob tensão (sob alto estresse devido a impacto ou carga). (Sikora CL *et al* , 2017)

Pode ser definido como uma transformação material irreversível, induzida pela ação química, mecânica e eletroquímica ocorridas em superfícies sujeitas a um contato sujeita movimento. O comportamento da tribocorrosão de materiais está sendo estudado em ambientes biológicos (contendo proteínas e células vivas) originando a nova designação de bio-tribocorrosão. (K. Apaza-Bedoya *et al* , 2017)

Durante a inserção, os implantes dentária estão sujeitos a ações de desgaste (mecânica) e corrosão (electroquímica) que podem levar a degradação do material *in vivo*. Além disso, os implantes dentários também podem ser expostos a tribocorrosão em longo prazo, devido a micro-movimentos cíclicos, conhecidos por ocorrerem em interface implante / osso como consequência das cargas transmitidas durante a mastigação.

Conseqüentemente, a degradação do material do implante dentário por processos de corrosão e desgaste pode resultar em a liberação de íões metálicos e detritos de desgaste sólidos para os tecidos adjacentes, o que pode induzir várias complicações biológicas. (Sofia A. Alves *et al* , 2018)

### III.5 Tecidos peri implantares

Idealmente, um material de implante deve ser capaz para atrair e ligar células formadoras de osso e, subsequentemente, estimular a sua proliferação e / ou diferenciação para obter sucesso na osseointegração. Afirmou-se que a adesão celular inicial estava envolvida na geração de sinais que regulam a proliferação celular subsequente, diferenciação, ciclo e sobrevivência celular global. Portanto, as interações iniciais entre as células e o seu substrato são de fundamental importância no desenvolvimento dos tecidos e nas integrações com os implantes. (Chenxuan Wei *et al* , 2019 )

A integração do tecido mole (STI) é um dos pontos críticos para os implantes dentários, pois estabelece um efetivo selo biológico entre a cavidade oral e o meio interno. Esta integração nos pilares do implante dentário protege o osso de agregações microbiológicas e mecânicas evitando recessão gengival e óssea causado por inflamação, que quando não é controlada infringe perda de aderência fibroepitelial e consequente remodelação subtrativa dos tecidos duros. Uma barreira de tecido mole, com tecido gengival ligado ao pilar do implante, pode melhorar sua função protetora. Vários tipos de células foram identificados no tecido conjuntivo gengival, entre estes, fibroblastos que representam a maior parte das células conjuntivo.

Eles sintetizam muitos componentes da matriz extracelular (ECM) e são responsáveis pela adaptação constante do tecido conjuntivo gengival como para o reparação e cicatrização de feridas .

Fibroblastos são células mesenquimais com muitas funções durante o desenvolvimento e em organismos adultos. Embora fibroblastos estejam entre as células de mamíferos mais acessíveis para cultivo *in vitro*, elas continuam a necessitar de mais estudos. ( M. Gomez-Florit *et al* , 2013 )

### III.6 RESULTADOS

No estudo realizado por Sikora CL et al (2017) concluíram que o processos de degradação na interface implante / pilar são causados pela interação combinada do desgaste e corrosão (tribocorrosão) no ambiente oral. O emparelhamento de pilar de zircônia com implante de titânio obteve melhor resultados de desgaste e corrosão na interface. (tabela 2)

Os grupos de pilares de zircônia apresentaram 5 a 6 vezes menos liberação dos resíduos de metal e perderam significativamente menos volume em comparação com o grupo titânio.

Michael Stimmelmayer et al (2012) concluíram que os implantes de titânio apresentaram maior desgaste na interface do quando estão conectado a pilares de implante de zircônia de uma peça em comparação com pilares titânio. Pilar de zircônia - um desgaste médio de 10,2m ( $\pm 1,5$ m) pilar de titânio- um desgaste médio de 0,7 m ( $\pm 0,3$  m) discrepâncias do desgaste causados pelos dois pilares desiguais diferiram significativamente ( $p \leq 0,001$ ); (tabela 2)

Jamie K W Foong et al (2013) demonstraram que os pilares de zircônia exibiram uma resistência significativamente menor à fratura quando comparado com os pilares de titânio. O modo de falha é específico para o material. Neste estudo o pilar de zircônia fraturou antes do parafuso de retenção ao contrário do verificado nos pilares de titânio. (tabela 2)

No estudo de Vinayak Bharate et al (2019) concluíram que a junção do pilar do implante de titânio mostra uma mudança independentemente do material do pilar mas dependente do tempo na CBH. Houve redução estatisticamente significativa no CBH em torno dos implantes com abutments de titânio e zircônia em vários intervalos de tempo. ( $P < 0,05$ ). A comparação da mudança no CBH para ambos pilares mostrou que a diferença média da linha de base aos 12 meses foi significativamente menor para o pilar de zircônia ( $0,487 \pm 0,159$ ) em comparação com o abutment de titânio ( $0,621 \pm 0,207$ ), enquanto o resto das diferenças médias os intervalos de tempo para ambos os pilares foram estatisticamente insignificantes ( $P > 0,05$ ). (tabela 2)

No estudo de Chenxuan Wei et al (2019) demonstraram que a adesão celular inicial de DPSC e MC3T3-E1 foi comparável às superfícies de titânio e zircônia com similar ( $R_a$ ), embora as superfícies de zircônia exibissem um processo avançado de adesão celular durante as primeiras 24 h de contacto.

Nas superfícies de zircônia observam-se um maior nível médio de células ROS em comparação com as observadas em superfícies de titânio (tabela 2)

Maria Sílvia Maurício Rigolin et al (2019) verificaram para o Ti, o processo de envelhecimento afetou a rugosidade e molhabilidade. No entanto, para Zr, o envelhecimento não afetou a rugosidade, mas afetou a molhabilidade e a proporção tetragonal para fase monoclinica ( $P < 0,05$ ). No titânio, relativamente ao crescimento bacteriano não foram encontradas diferenças antes e após o envelhecimento, entretanto, no Zr aumentou o crescimento de microrganismos após o envelhecimento. (Tabela 2)

O estudo de Mariana Brito da Cruz et al (2020) revelou que componentes de YTZP apresentam maior viabilidade e proliferação celular com maior propagação de fibroblastos. Neste estudo também, os materiais de Ti6Al4V são os que apresentaram maior resistência ao cisalhamento. A adição de fosfato de cálcio incrementado nas superfícies dos materiais não alterou as propriedades mecânicas destes mas também não incrementou melhorias no comportamento celular.

#### IV. DISCUSSÃO

Os dados fornecidos através dos diferentes artigos para esta revisão sistemática foram juntados e comparados permitindo comparar a resistência à corrosão, desgaste entre a zircônia e titânio. Os materiais para implantes dentários devem possuir várias propriedades adaptadas à cavidade oral sendo o mais biocompatível possível atendendo ao mesmo tempo às necessidades estéticas que assumem grande importância para os pacientes na actualidade.

Foi possível ver que no estudo escolhidos Sikora CL et al,(2017) a perda de volume por desgaste da superfície é mais significativa nos pilares de titânio comparados com os de zircônia, no entanto, também podemos verificar no estudo de (Jamie K W Foong *et al* , 2013) que os pilares com material de titânio apresentaram melhor comportamento para carga média e número médio de ciclos e que a taxa de sobrevivência dos pilares de titânio foi também significativamente maior que os pilares de zircônia .

As propriedades físico-químicas de um materia podem variar ao longo do tempo fazendo com que um material com melhores características iniciais se torne deficiente ou problemático para a estabilidade do implante, promovendo lesões nos tecidos peri implantares e doenças associadas. ( Maria Sílvia Maurício Rigolin *et al* , 2019)

Em outro estudo Mariana Brito da Cruz *et al* (2020) avaliaram adicionando materiais bioativos nas superfícies de implantes de titânio e zircônia na tentativa de melhorar propriedades biológicas e testar o comportamento dos fibroblastos gengivais humanos. Os resultados obtidos concluíram que adicionando bioativos aos materiais não melhoraram o comportamento das células dos tecidos moles, no entanto a superfície de zircônia pura melhora a adesão, viabilidade e proliferação de fibroblastos comparativamente ao titânio, sugerindo que o comportamento celular parece depender de composição química da superfície e não da rugosidade da superfície.

Sikora CL et al,(2017) estudaram a interação complexa entre os materiais da interface implante / pilar avaliando o desgaste mecânico e corrosão (Tribocorrosão) para Ti e ligas de implantes Roxolid® e materiais de pilar Ti e zircônia. Dentro das limitações deste estudo, concluíram que os grupos de pilares de zircônia apresentaram significativamente menos perda de volume em comparação com o grupo de titânio,

obtendo menor desgaste e menor corrosão. No entanto, o emparelhamento pilar de zircônia / implante de titânio possuía o melhor desempenho geral.

Também estabeleceu-se que os processos de degradação na interface implante / pilar são causados ou desencadeados pela interação combinada do desgaste e corrosão no ambiente oral.

No entanto, como é demonstrado no estudo de Michael Stimmelmayer *et al*, (2012) onde se avaliou o desgaste da interface entre implantes de titânio com pilares de zircônia em comparação aos pilares de titânio, o desgaste da interface dos implantes em condições cíclicas é mais alto quando conectado a um pilar composto por zircônia em comparação com os pilares compostos por titânio. No entanto, nenhuma falha protética (afrouxamento do parafuso, afrouxamento do pilar) foi observada durante o carregamento cíclico, mesmo havendo maior desgaste na interface do pilar do implante quando conectado com pilares de zircônia.

Tabela 1 - Desgaste (em  $\mu\text{m}$ ) no ombro do implante após desconexão dos pilares na área de máxima força de carga, calculada pelo software de inspeção.

	Implante/Pilar de titânio	Implante/Pilar de zircônia
	0.5 $\mu\text{m}$	8.5 $\mu\text{m}$
	1.0 $\mu\text{m}$	10.5 $\mu\text{m}$
	0.5 $\mu\text{m}$	11.5 $\mu\text{m}$
Mean	0.7 $\mu\text{m}$	10.2 $\mu\text{m}$
SD	0.3 $\mu\text{m}$	1.5 $\mu\text{m}$

Neste contexto, é importante conhecer o efeito que estas matérias têm nos tecidos peri-implanteres. O estudo de Chenxuan Wei *et al*, (2019) investigou a adesão inicial de células-tronco e células de pré-osteoblastos e a resposta oxidativa em zircônia em comparação com o titânio. Neste estudo, a adesão celular inicial às superfícies de titânio e zircônia com similar Ra não apresentaram diferenças significativas, embora as superfícies de zircônia exibissem um processo de adesão avançado durante as primeiras 24 horas. As superfícies de zircônia demonstraram ser capazes de estimular mais geração de espécies celulares relativas ao oxigênio (ROS) intracelular e, assim, contribuir para uma melhor adesão celular, precisa ainda que estes resultados de validação adicional com mais tipos de células e diferentes caracteres físico-químicos da superfície do material examinados atendendo à disparidade das conclusões apresentadas por outros autores. (Ricardo Gapski e Elizabeth Ferreira Martinez, 2017; Osathanon, T *et al*, 2011)

Vinayak Bharate *et al* (2019) estudou outro dos elementos peri implantates fundamentais, o nível ósseo da crista em torno de dois materiais diferentes do pilar - titânio e zircônia para coroas retidas por implante na região mandibular posterior. Neste estudo piloto concluíram de acordo com os resultados do estudo, que a junção do pilar do implante de titânio mostra uma mudança dependente do tempo na (CBH), independentemente do material do pilar. O pilar de zircônia em implantes de titânio leva a uma menor redução no CBH em comparação com o pilar de titânio em um ano de estudo podendo confirmar assim que a zircônia produz menor perda ossea num periodo curto de tempo .

No que há natureza dos materiais diz respeito, um pilar híbrido de titânio e zircônia (TiZr) cria a expectativa de poder vir a superar as desvantagens e limitações relacionadas com os materiais monocomponentes assegurando resistência, estabilidade, biocompatibilidade e estética.

#### **IV.1. Limitações**

A maior limitação do estudo está relacionada com o número reduzido de estudos que atendem aos critérios de elegibilidade, aos diferentes parâmetros de avaliação e às diferentes metodologias, pelo que torna complicada a comparação de resultados de diferentes estudos.

## V. CONCLUSÃO

Com base nos artigos revistos, os pilares de zircônia demonstraram melhores propriedades físico-químicas de resistência ao desgaste e corrosão (tribocorrosão) em comparação com os pilares de titânio, além de apresentarem vantagens estéticas.

Em relação ao aspecto biológico de adesão, proliferação celular e perda óssea, verifica-se na maioria dos estudos que apesar de obterem resultados semelhantes o grupo da zircônia prevalece sobre o titânio ainda que, alguns estudos revelem maior resistência à fratura do titânio grau V em teste sobre pilares

Devido à pequena quantidade de artigos disponíveis que comparem materiais de implantes de titânio e zircônia podemos considerar que são precisos mais estudos levado em consideração outros fatores tais como a combinação de materiais híbridos em gradientes de concentração, o tipo de conexão ou as reações dos tecidos peri implantares às partículas resultantes da degradação, para assim ter uma avaliação mais completa.

## VI. BIBLIOGRAFIA

- Alves, S. A., Rossi, A. L., Ribeiro, A. R., Toptan, F., Pinto, A. M., Shokuhfar, T., Celis, J. P., & Rocha, L. A. (2018). Improved tribocorrosion performance of bio-functionalized TiO<sub>2</sub> nanotubes under two-cycle sliding actions in artificial saliva. *Journal of the mechanical behavior of biomedical materials*, 80, 143–154. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2018.01.038>
- Apaza-Bedoya, K., Tarce, M., Benfatti, C., Henriques, B., Mathew, M. T., Teughels, W., & Souza, J. (2017). Synergistic interactions between corrosion and wear at titanium-based dental implant connections: A scoping review. *Journal of periodontal research*, 52(6), 946–954. <https://doi.org/10.1111/jre.12469>
- Cruz, M., Marques, J. F., Fernandes, B. F., Costa, M., Miranda, G., Mata, A., Carames, J., & Silva, F. S. (2020). Gingival fibroblasts behavior on bioactive zircônia and titanium dental implant surfaces produced by a functionally graded technique. *Journal of applied oral science : revista FOB*, 28, e20200100. <https://doi.org/10.1590/1678-7757-2020-0100>
- Foong, J. K., Judge, R. B., Palamara, J. E., & Swain, M. V. (2013). Fracture resistance of titanium and zircônia abutments: an in vitro study. *The Journal of prosthetic dentistry*, 109(5), 304–312. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(13\)60306-6](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(13)60306-6)
- Gapski, R., & Martinez, E. F. (2017). Behavior of MC3T3-E1 Osteoblastic Cells Cultured on Titanium and Zirconia Surfaces: An In Vitro Study. *Implant dentistry*, 26(3), 373–377. <https://doi.org/10.1097/ID.0000000000000543>
- Gómez-Florit, M., Ramis, J. M., Xing, R., Taxt-Lamolle, S., Haugen, H. J., Lyngstadaas, S. P., & Monjo, M. (2014). Differential response of human gingival fibroblasts to titanium- and titanium-zirconium-modified surfaces. *Journal of periodontal research*, 49(4), 425–436. <https://doi.org/10.1111/jre.12121>
- Kim, J. S., Raigrodski, A. J., Flinn, B. D., Rubenstein, J. E., Chung, K. H., & Mancl, L. A. (2013). In vitro assessment of three types of zircônia implant abutments under static load. *The Journal of prosthetic dentistry*, 109(4), 255–263. [https://doi.org/10.1016/S0022-3913\(13\)60054-2](https://doi.org/10.1016/S0022-3913(13)60054-2)
- Osathanon, T., Bessinyowong, K., Arksornnukit, M., Takahashi, H., & Pavasant, P. (2011). Human osteoblast-like cell spreading and proliferation on Ti-6Al-7Nb surfaces of varying roughness. *Journal of oral science*, 53(1), 23–30. <https://doi.org/10.2334/josnusd.53.23>
- Pessanha-Andrade, M., Sordi, M. B., Henriques, B., Silva, F. S., Teughels, W., & Souza, J. (2018). Custom-made root-analogue zircônia implants: A scoping review on mechanical and biological benefits. *Journal of biomedical materials research. Part B, Applied biomaterials*, 106(8), 2888–2900. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.34147>
- Rigolin, M., Barbugli, P. A., Jorge, J. H., Reis, M., Adabo, G. L., Casemiro, L. A., Martins, C., de Lima, O. J., & Mollo Junior, F. A. (2019). Effect of the aging of titanium and zircônia abutment surfaces on the viability, adhesion, and proliferation of cells and the adhesion of microorganisms. *The Journal of prosthetic dentistry*, 122(6), 564.e1–564.e10. <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.08.02>
- Roehling, S., Schlegel, K. A., Woelfler, H., & Gahlert, M. (2019). Zircônia compared to titanium dental implants in preclinical studies-A systematic review and meta-analysis. *Clinical oral implants research*, 30(5), 365–395. <https://doi.org/10.1111/clr.13425>
- Schünemann, F. H., Galárraga-Vinueza, M. E., Magini, R., Fredel, M., Silva, F., Souza, J., Zhang, Y., & Henriques, B. (2019). Zircônia surface modifications for implant dentistry. *Materials science & engineering. C, Materials for biological applications*, 98, 1294–1305. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.01.062>

Degradação de materiais oriundos dos implantes ou componentes e sua influência nos tecidos peri-implantares

Sikora, C. L., Alfaro, M. F., Yuan, J. C., Barao, V. A., Sukotjo, C., & Mathew, M. T. (2018). Wear and Corrosion Interactions at the Titanium/Zircônia Interface: Dental Implant Application. *Journal of prosthodontics : official journal of the American College of Prosthodontists*, 27(9), 842–852. <https://doi.org/10.1111/jopr.12769>

Stimmelmayer, M., Edelhoff, D., Güth, J. F., Erdelt, K., Happe, A., & Beuer, F. (2012). Wear at the titanium-titanium and the titanium-zircônia implant-abutment interface: a comparative in vitro study. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, 28(12), 1215–1220. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.08.008>

Wei, C., Gong, T., Pow, E., & Botelho, M. G. (2019). Adhesive and oxidative response of stem cell and pre-osteoblasts on titanium and zircônia surfaces in vitro. *Journal of investigative and clinical dentistry*, 10(3), e12407. <https://doi.org/10.1111/jicd.12407>

Tabela 2 – Tabela de revisão sistemática

	ARTIGO 1	ARTIGO 2	ARTIGO 3	ARTIGO 4
<b>Autores</b>	Sikora CL, Alfaro MF, Yuan JC, Barao VA, Sukotjo C, Mathew MT	Michael Stimmelmayer , Daniel Edelhoff , Jan-Frederik Güthb, Kurt Erdelt b, Arndt Happec , Florian Beuer	Jamie K W Foong , Roy B Judge, Joseph E Palamara, Michael V Swain	Vinayak Bharate, Yogesh Kumar, Dheeraj Koli, Gunjan Pruthi, and Veena Jain
<b>Título</b>	<b>Interações de desgaste e corrosão na interface de titânio / zircônia: aplicação de implante dentário</b>	<b>Desgaste na interface de implante-pilar de titânio-zircônia e titânio-zircônia</b>	<b>Resistência à fratura de pilares de titânio e zircônia</b>	<b>Efeito de diferentes materiais de pilares (zircônia ou titânio) na altura do osso crestal em 1 ano</b>
<b>Ano</b>	2017	2012	2013	2019
<b>Tipo de estudo</b>	<i>Estudo in vitro</i>	<i>Estudo comparativo in vitro</i>	<i>Estudo in vitro</i>	<i>Estudo piloto in vivo</i>
<b>Nº de implantes</b>	4 implantes	6 implantes	22 implantes	22 implantes
<b>Tipo de implante (marca/modelo)</b>	TiV (Mc-Master Carr, Elmhurst, IL) Roxolid	Screwline Promover Ø 3.8 / 13mm; Camlog Biotechnologies, Wimsheim, Alemanha	de titânio TiDesign, 3,5 / 4,0, 4,5 mm de diâmetro, 1,5 mm de altura; AstraTech Dental AB, Mölndal. Zircônia ZirDesign 3.5 / 4.0, 4,5 mm de diâmetro, 1,5 mm de altura; AstraTech Dental AB OsseoSpeed; AstraTech Dental AB	Nao mencionado
<b>Natureza do implante</b>	titânio Ti/Zr(Roxilid)	titânio	Não mencionado	titânio
<b>Natureza do pilar</b>	titânio zircônia	titânio zircônia	titânio zircônia	Titânio zircônia
<b>Torque</b>	Não mencionado	20 N cm	20 N cm	Nao mencionado

**Modelo/  
instrumento de  
aferição e  
quantificação**

ANOVA análise estatística	Tomografia Computadorizada (TC) em 3D	(CAD / CAM)	radiografia intra-oral pré-operatória (instrumento RINN) (IOPA) sistema de posicionamento XCP-ORA, RINN,
Interferometria de luz branca	micrografia eletrônica (SEM)	Carboneto de tungstênioobur (Mantc-1559; Mani Inc, Tochigi, Japão	ANOVA análise estatística
A custom made ball-on-disc tribocorrosão : formado por potenciostat , tibometer e artificial saliva.	software de inspeção (VGStudio MAX 2.1, Volume Graphics GmbH, Heidelberg, Alemanha	estereomicroscópica com ampliação de × 10 (G20XT;Tokyo Kinzoku Co, Ltd, Tóquio, Japão). software estatístico (Sample Power 20; IBM Corp, Armonk, NY)	
Espectroscopia EDX	Teste de Levene	estalo audível ou automático detecção de software (MTS 810 Materials Test System; MTS Systems Corp	
Microscopia eletrônica de varredura (MEV) (análise EDS)	Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	estereomicroscópio (Leica S8APO; Leica Microsystems GmbH, Wetzlar, Alemanha) e Digitalização	
(SEM) das varreduras de desgaste.	Para ranhaduras de superfície (CAD)	(SEM) (MEV)	

## Resultados

<p>CoF :Ti/Ti mais baixo que Zr/Ti Evolução tensão: do Ti/Ti mais corrosión que Zr/Rox PV: Os grupos de Zr menor perda de volumen Rs : O Zr / Rox maior rugosidade interna da superfície, e o Zr / Ti apresentou o menor valor (<math>p &lt; 0,001</math>). Superfície de desgaste: Ti / Ti mostra características muito usar padrões com fileiras de canais de luz. No grupo Zr / Rox, várias características do processo de desgaste, juntamente com a corrosão pode ser observado. Ao avaliar o grupo Ti / Rox, o vanádio foi detectado no Roxdisco, mostrando a transferência de partículas.</p>	<p>pilar de zircônia - um desgaste médio de 10,2m (<math>\pm 1,5</math>m) pilar de titânio- um desgaste médio de 0,7 m (<math>\pm 0,3</math> m) discrepâncias do desgaste causados pelos dois pilares desiguais diferiram significativamente (<math>p \leq 0,001</math>);</p>	<p>titânio fraturou em média (SD) de 269,6 (56,7) N e uma média (DP) de 81 935 (27 929) ciclos . O grupo de pilar de zircônia fraturado a uma carga média (DP) de 139,8 (24,6) N e média (DP) de 26 296 (9200) ciclos diferença foi estatisticamente significativa para carga média e número médio de ciclos (<math>P &lt; 0,001</math>). A taxa de sobrevivência pilares de titânio foi significativamente maior que o da zircônia pilares (<math>P &lt; 0,001</math>).</p>	<p>Perda de volumen de osso aos 12 meses foi significativamente menor para o pilar de zircônia (<math>0,487 \pm 0,159</math>) como em comparação com o abutment de titânio (<math>0,621 \pm 0,207</math>) , enquanto o resto do as diferenças médias em diferentes intervalos de tempo para ambos os abutments foram estatisticamente insignificante. (<math>P &gt; 0,05</math>)</p>
--	---	--	--

	ARTIGO 5	ARTIGO 6	ARTIGO 7
<b>Autores</b>	Chenxuan Wei   Ting Gong   Edmond H. N. Pow   Michael G. Botelho	Maria Sílvia Maurício Rigolin, Paula Aboud Barbugli, Janaina Habib Jorge, Marina Rosa Delgado Reis, Gelson Luis Adabo, , Luciana Assirati Casemiro, Carlos Henrique Gomes Martins, Omar José de Lima, Francisco de Assis Mollo Junior	Mariana Brito da CRUZ, Joana Faria MARQUES ,Beatriz Ferreira FERNANDES1 Mafalda COSTA Georgina MIRANDA ,António Duarte Sola Pereira da MATA João Manuel Mendez CARAMES Filipe Samuel SILVA
<b>Título</b>	<b>Resposta adesiva e oxidativa de células-tronco epré-osteoblastos em superfícies de titânio e zircônia</b>	<b>Efeito do envelhecimento das superfícies de pilares de titânio e zircôniasobre a viabilidade, adesão e proliferação de células e oadesão de microorganismos</b>	<b>Comportamento de fibroblastos gengivais em zircônia bioativa e titânio dental superfícies de implante produzidas por um técnica funcionalmente graduada</b>
<b>Ano</b>	2019	2019	2020
<b>Tipo de estudo</b>	<i>Estudo in vitro</i>	<i>Estudo in vitro</i>	<i>Estudo in vitro</i>
<b>Biotipo</b>	Células-tronco da polpa dentária humana (DPSC) e pré-osteoblastos murinos(MC3T3-E1)	queratinócitos orais normais (Nok-si) Fusobacterium nucleatum (F. nucleatum), Porphyromonas gingivalis (P. gingivalis) e Streptococcus sanguinis (S. sanguinis).	fibroblastos gengivais humanos
<b>Natureza Do material</b>	zircônia Cercon Base titânio comercialmente puro grau 2	zircônia (ZrO2) titânio (Ti)	Titânio (Ti6Al4V) Ti6Al4V com 5% HA e 5% de βTCP Zircônia (YTZP) YTZP com 5% de HA e 5% de βTCP
<b>Modelo/instrumento de aferição e quantificação</b>	ANOVA análise Microscopia de força atômica (AFM) (Dimension Edge; Bruker, Billerica, MA Software FV10-ASW (versão 3.1; Bruker) para quantificar a rugosidade medição. fluorescência isotiocianato-A (FITC-A) Digitalização Microscopia Eletrônica (SEM) citometria de fluxo	ANOVA análise viabilidade com brometo de 3- (4,5-dimetiltiazol-2-il) 2,5-difenil tetrazólio ensaio (MTT), proliferação e adesão com microscópio confocal. morfologia por microscopia eletrônica de varredura (SEM),	ANOVA unilateral com post-hoc de Tukey teste Micrografias FEG-SEM Fotomicrografias de fluorescência de DAPI máquina servo-hidráulica (Instron 8874) testador de microdureza Vickers (DuraScan, emcotest, Alemanha) goniômetro digital (OCA 20, Data Physics, Alemanha

Biofilmes multiespécies (CFU / mL) e qualitativamente por(MEV).

**Resultados**

Rugosidade de superfície ( $R_a$ ) =  $0,364 \pm 0,1$   $\mu\text{m}$  no grupo de titânio e  $R_a = 0,368 \pm 0,158$   $\mu\text{m}$  no grupo zircônia não apresentaram diferença significativa entre os dois grupos  
Nenhuma diferença significativa na viabilidade do DPSC e MC3T3-E1 células foram observadas entre titânio e zircônia, exceto para o Intervalo de tempo de 12 horas, onde um valor de viabilidade significativamente maior ( $P < 0,05$ )  
elevação moderada na intensidade de fluorescência de ambos DPSC e Células MC3T3-E1 foram observadas em superfícies de titânio em relação ao controle, que foi relativamente menor do que o nível médio de ROS das células fixado nas superfícies de zircônia

Para o Ti, o processo de envelhecimento afetou a rugosidade e molhabilidade. No entanto, para ZrO<sub>2</sub>, o o envelhecimento não afetou a rugosidade, mas afetou a molhabilidade e a proporção do tetragonal para fase monoclinica ( $P < 0,05$ ). Uma diferença significativa foi encontrada no crescimento bacteriano para Ti (sem idade e com idade) em relação ao controle, e não foram encontradas diferenças no Ti antes e após o envelhecimento; entretanto, o ZrO<sub>2</sub> aumentou o crescimento de microrganismos após o envelhecimento. Para ZrO<sub>2</sub>, um diferença estatisticamente significativa foi encontrada entre o ZrO<sub>2</sub> e o controle ( $P < 0,001$ ).

Após 14 dias de cultura, a célula a viabilidade e a proliferação foram significativamente maiores no grupo YTZP do que no outros grupos ( $p < 0,05$ ). Amostras de YTZP- $\beta$ TCP apresentaram significativamente maior molhabilidade ( $p < 0,05$ ); ainda, não observamos nenhuma melhora no comportamento celular em esse grupo. A propagação de fibroblastos e a densidade da superfície foram mais evidentes em Espécimes YTZP. A adição de bioativos de fosfato de cálcio não alterou o teste propriedades mecânicas; no entanto, a resistência ao cisalhamento do material Ti6Al4V foi estatisticamente maior do que os outros grupos ( $p < 0,05$ ).