



**CESPU**  
INSTITUTO UNIVERSITÁRIO  
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

# Avaliação do efeito dos colutórios nos mini- implantes de liga de titânio

Revisão sistemática

Lamiae Es Samti

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

—

Gandra, maio de 2024

Lamiae Es Samti

Dissertação conducente ao **Grau de Mestre em Medicina Dentária**  
(Ciclo Integrado)

Avaliação do efeito dos colutórios nos mini-implantes de liga de  
titânio

Revisão sistemática

Trabalho realizado sob a Orientação de  
Professora Doutora Primavera Conceição Martins de Sousa Santos

## DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Eu, acima identificado, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.



## **Participação em Congressos com trabalhos científicos sob a forma de Poster**

Es Samti L., Dantoing C., Oliveira A., e Sousa-Santos P., Efeito dos colutórios com clorexidina e fluoreto de sódio nos mini-implantes de liga de titânio, Jornadas IUCS-CESPU-2024, 9-10 Abril, Porto



**Publicação Científica numa revista internacional com peer-review : *Scientific Letters***

Es-Samti L, Oliveira AC, Santos S, Santos C, Sousa-Santos P. Evaluation of the effect of mouthwashes on titanium alloy miniscrews: a systematic review. SciLet [Internet]. May 20 [cited 2024 May 23];1(1):7. Available from: <https://publicacoes.cespu.pt/index.php/sl/article/view/123>



## Agradecimentos

Antes de mais, gostaria de agradecer à minha orientadora, a Professora Doutora Primavera Conceição Martins de Sousa Santos, que me acompanhou ao longo deste trabalho. Para além disso, gostaria, ainda, de agradecer à Ana Catarina, que também me ajudou a finalizar este trabalho e que esteve sempre disponível.

Gostaria de agradecer à CESPU e ao IUCS por me ter permitido seguir o curso que sempre quis, tornando-se, para mim, a realização de um sonho. Tem sido uma oportunidade excelente e uma experiência muito rica que me tem permitido crescer e evoluir nos meus estudos.

À mon super Papa que j'aime, à sa détermination qui m'a permis d'être la femme déterminée que je suis. À tous ses conseils qui m'ont énormément apporté. Merci pour tous les sacrifices et toute la force que tu m'as donné depuis mon plus jeune âge.

À ma Maman, la meilleure du monde, à sa force qui m'inspire chaque jour. Merci d'avoir fait la femme que je suis aujourd'hui, merci d'avoir toujours été présente. Tu es mon exemple, j'espère devenir une femme aussi rayonnante et exceptionnelle que toi. Je t'aime.

À ma sœur Anissa, avec qui j'ai partagé 3 ans dans cette aventure au Portugal. Ma meilleure confidente, mon alliée. À tous les moments que l'on a passés ensemble et au soutien que nous nous sommes apportées. De beaux souvenirs que l'on n'oubliera jamais.

À mon frère Marwan, mon petit frère dont je suis très fière. Je suis heureuse que tu puisses partager ces magnifiques études également et je te souhaite de devenir le meilleur chirurgien-dentiste.

À ma petite sœur Ambre, mon petit bébé de 10 ans qui a grandi loin de moi pendant ces 5 ans. Je t'aime très fort et je suis fière de la magnifique petite fille que tu es devenue.

À mes taties Nawel et Nora mes conseillères de vie, mes plus grandes supportrices. Deux femmes très importantes dans ma vie depuis toujours et qui ont toujours pris soin de moi. Je suis chanceuse que l'on ait ce lien aussi fort et de pouvoir tout partager avec vous.

À mamie Najet, l'amour que tu me portes est tellement précieux. Merci d'être une femme aussi incroyable et de m'inspirer chaque jour.

À mes grands-pères que j'ai perdu durant ces 5 ans et qui me manquent, j'espère que vous êtes fiers de moi. Je pense fort à vous.

À ma meilleure amie Cloé, mon amie de très longue date, ma cloclo, à nos appels téléphoniques et les récaps de nos vies. Comme on se dit souvent « Loin des yeux près du cœur ».

À mes copines Laura, Manon, Juliette, à nos réussites et notre amitié.

À Sammy, merci pour ton aide et tes conseils qui m'ont beaucoup aidé. Je te souhaite d'exceller dans ton domaine.

À Constance, alias C<sup>2</sup> ma coéquipière de choc. À nos futurs rdv café à Paris.

Au docteur Gachet, qui m'a permis d'effectuer un merveilleux stage au sein de sa clinique à Genève et qui s'est toujours tenu disponible.

À tous les membres de ma famille que je n'ai pas cités mais que j'aime très fort.

A todos, os meus sinceros agradecimentos.





## RESUMO

**Introdução:** Os mini-implantes ortodônticos (MIs), nomeadamente os de Ti-6Al-4V, são cada vez mais utilizados no ramo da ortodontia, proporcionando bons resultados de tratamento. Frequentemente, após a colocação dos MIs, os ortodontistas recorrem à prescrição de colutórios para evitar risco de inflamação/infeção e garantir uma boa estabilidade, otimizando o resultado do tratamento final.

**Objetivo:** Esta revisão sistemática foi conduzida com o intuito de analisar os efeitos do colutório de clorexidina (CHX) e do colutório de fluoreto de sódio (NaF) na superfície dos MIs de liga de titânio e analisar a citotoxicidade, a corrosão e a libertação de iões.

**Matéria e métodos:** Foi efetuada uma pesquisa nas bases de dados *PubMed*, *Science Direct* e *Google Scholar* entre janeiro de 2008 e dezembro de 2023, utilizando palavras-chave.

**Resultados:** Foram selecionados, para realização desta revisão sistemática, 12 artigos em função dos critérios de inclusão e exclusão.

**Discussão:** O NaF parece ter efeitos mais negativos do que a CHX nos MIs, quer tendo em conta a quantidade de iões libertados, quer em termos da alteração da camada superficial, com maior corrosão e destruição da microestrutura superficial na maioria dos estudos.

**Conclusão:** Os colutórios com NaF alteram a camada superficial dos MIs causando corrosão e libertação de iões que podem ser citotóxicos. Os colutórios com CHX estão associados a bons resultados provocando uma alteração mínima da camada superficial e uma baixa libertação de iões na superfície dos MIs.

**Palavras-chaves:** *"dental implants"*, *"Orthodontic Anchorage Procedures"*, *"chlorhexidine"*, *"sodium fluoride"*, *"corrosion"*; *"ions"*.



## ABSTRACT

**Introduction:** Orthodontic mini-screws (MSs), particularly those made of Ti-6Al-4V, are increasingly used in orthodontics, providing good treatment results. Often, after the placement of MSs, orthodontists prescribe mouthwash to avoid the risk of inflammation/infection and ensure good stability, optimizing the final treatment result.

**Objectives:** The aim of this review is to analyse the effects of chlorhexidine mouthwash (CHX) and sodium fluoride mouthwash (NaF) on the surface of titanium alloy MSs and analyse cytotoxicity, corrosion and the release of ion caused.

**Materials and methods:** A search was carried out in the *PubMed*, *Science Direct* and *Google Scholar* databases between January 2008 and December 2023 using keywords.

**Results:** 12 articles were selected for the study according to the exclusion and inclusion criteria.

**Discussion:** NaF seems to have more negative effects than CHX on MSs, both in terms of the number of ions released and in terms of altering the surface layer, with greater corrosion and destruction of the surface microstructure in most studies.

**Conclusion:** Mouthwash with NaF alters the surface layer of the MSs, causing corrosion and the release of ions which can be cytotoxic. Mouthwash with CHX gives good results, causing minimal alteration to the surface layer of the MSs and low release of the ions contained.

**Keywords:** *"dental implants", "Orthodontic Anchorage Procedures", "chlorhexidine", "sodium fluoride", "corrosion"; "ions".*



# Índice geral

1.	Introdução .....	1
2.	Objetivos .....	5
2.1.	Objetivo geral .....	5
2.2.	Objetivos específicos .....	5
3.	Material e métodos.....	7
3.1.	Metodologia de pesquisa bibliográfica .....	7
3.1.1.	Protocolo e Registro .....	7
3.1.2.	Estratégia de pesquisa.....	7
3.1.3.	Base de dados e palavras-chave.....	7
3.1.4.	Crítérios de inclusão e de exclusão.....	8
3.2.	Resultados da pesquisa .....	8
3.3.	Seleção dos artigos.....	8
3.4.	Metodologia de investigação : tipo de estudo .....	9
3.5.	Risco de viés.....	9
4.	Resultados .....	11
4.1.	Fluxograma (PRISMA).....	11
4.2.	Características dos estudos: tabela.....	12
5.	Discussão.....	21
5.1.	Mini-implantes Ti-6Al-4V .....	21
5.2.	Corrosão: definição e tipos.....	23
5.3.	O Flúor e os mini-implantes Ti-6Al-4V .....	25
5.4.	Clorexidina e os mini-implantes Ti-6Al-4V .....	28
5.5.	Os efeitos dos iões Al, V, Ti sobre a saúde .....	31
5.6.	Limitação .....	33
5.7.	Relevância clínica.....	33
6.	Conclusão.....	35
7.	Referências Bibliográficas .....	37
8.	Anexos.....	41
8.1.	PRISMA Checklist 2020 .....	41
8.2.	Diplomas e certificados 2023-2024.....	45



## Índice de Figuras

**Figura 1:** PRISMA 2020 Fluxograma: *Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71*

**Figura 2:** Processo de corrosão nos MIs (adaptado de *Bocchetta et al (2021)<sup>24</sup>*)

**Figura 3:** Tipos de corrosão (adaptado de *Bocchetta P. et al (2021)<sup>24</sup>*)



# Índice de Tabelas

**Tabela 1:** Tabela PICO

**Tabela 2:** Sequência de pesquisa de palavras-chave

**Tabela 3:** Avaliação de acordo com a ferramenta ROBINS-I<sup>20</sup>

**Tabela 4:** Tabela dos resultados

**Tabela 5:** Características dos MIs (adaptado de *Safiya et al.* (2013)<sup>25</sup>)

**Tabela 6:** PRISMA checklist 2020



## Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos:

Al – Alumínio

AS – Saliva artificial

C – Carbono

CC – Cloreto de cetilpiridínio

CHX – Clorexidina

Co-cr-Mo - Cobalto-Crómio-Molibdénio

Cp – Comercialmente puro

DATs – Dispositivos de ancoragem Temporária

EDAX – Espectrometria atómica por dispersão de energia

ELI - *Extra Low Interstitial*

F<sup>-</sup> - Iões flúor

Fe – Ferro

H<sup>+</sup> - Ião hidrogénio

HF – Ácido fluorídrico

HP – Peroxido de hidrogénio

MIs – Mini-implantes

MSs – *Mini-screws*

N<sup>2</sup> - Nitrogénio

NaF – Fluoreto de sódio

O<sup>2</sup> – Dioxigénio

OMS - Organização Mundial de Saúde

PICO - *Patient, Intervention, Comparison, Outcomes*

PRISMA - *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*

SEM – Microscópio eletrónico de varrimento

Ti – Titânio

Ti-6Al-4V – Liga de titânio com alumínio e vanádio

TiO<sup>2</sup> - Dióxido de titânio

V – Vanádio



# 1. Introdução

A ortodontia é uma área especializada da medicina dentária que se ocupa do diagnóstico, prevenção e correção de irregularidades dentárias e faciais. O seu principal objetivo é melhorar a estética, bem como a função dentária do paciente.<sup>1</sup> A ortodontia é um campo vasto que inclui diferentes tipos de tratamento, pelo que compreender as necessidades de cada paciente é extremamente importante.<sup>2</sup>

Em casos mais complexos, o tratamento ortodôntico simples não é suficiente, pois os dentes precisam de forças mais complexas para alcançar o resultado desejado.<sup>3,4</sup> É aqui que a introdução da ancoragem esquelética nos últimos anos com mini-implantes foi e é fundamental para fornecer ancoragem adicional.<sup>4</sup>

A ancoragem refere-se à resistência que os dentes ou aparelhos oferecem para suportar e controlar o movimento dentário durante o tratamento ortodôntico.<sup>5,6</sup> De acordo com a terceira lei de NEWTON, *"para toda ação existe uma reação correspondente de igual intensidade e sentido oposto"*. A ancoragem, portanto, obedece a essa lei.<sup>7</sup>

Para tratamentos mais complexos, a utilização de sistemas de ancoragem esquelética será mais adequada, com os MIs, cada vez mais utilizados na Ortodontia, devido às suas inúmeras vantagens, incluindo o baixo custo e a facilidade de inserção e remoção cirúrgica<sup>4</sup>. Esses dispositivos permitem que os dentes sejam movimentados de forma mais precisa e eficiente, sendo capazes de proporcionar uma ancoragem absoluta<sup>8,9</sup>.

As ligas de titânio (Ti) com alumínio (Al) e vanádio (V) são amplamente utilizadas, têm um baixo módulo de elasticidade e um elevado nível de resistência à corrosão, graças à sua camada protetora de óxido de titânio que se forma em contacto com o oxigénio.<sup>9-13</sup> O Al e o V incorporados no Ti irão produzir uma liga mais forte e aumentarão a resistência à fratura dos MIs<sup>2</sup>

No entanto, podem ocorrer complicações após a colocação dos MIs relacionadas, por exemplo, com inflamação peri-implantar e infeção devido a uma má higiene oral.<sup>10,12</sup>

Por isso, recomenda-se o uso de CHX, que possui propriedades fungicidas e bactericidas, como colutório oral após a colocação dos MIs, para evitar ou reduzir essas complicações.<sup>3,9,11,14,15</sup> Além da CHX, também são utilizados colutórios com NaF, importantes na prevenção de cáries em pacientes submetidos a tratamento ortodôntico<sup>16</sup>.

Apesar do seu uso generalizado e da sua eficácia como agentes antimicrobianos em medicina dentária, a CHX e o NaF são suscetíveis de provocar alterações na superfície dos MIs e provocar a libertação de iões que podem ser tóxicos a partir de um determinado limiar<sup>11</sup>: uma exposição oral inferior a 0,01 mg de vanádio/kg/dia (Nível Mínimo de Risco) teria efeitos na saúde<sup>5</sup>, e o alumínio tem uma dose diária tolerável de 1 mg/kg de peso corporal/dia.<sup>9</sup> Após a administração oral de doses elevadas de Ti (5 mg/kg de peso corporal), foram observadas lesões hepáticas e renais em alguns estudos.<sup>17</sup>

Os iões Al e V podem causar efeitos na saúde<sup>2</sup>. O vanádio pode causar cólicas estomacais com diarreia<sup>18</sup> e o Al é reconhecido como uma neurotoxina, nomeadamente através da sua associação à doença de Alzheimer como fator ambiental.<sup>19</sup>

As alterações provocadas pelos colutórios podem ser muito problemáticas, pois podem aumentar a rugosidade das superfícies dos MIs e a formação de biofilme dentro das porosidades.<sup>10</sup> Por isso, é importante analisar o efeito destes colutórios para identificar aquele que proporciona uma função antimicrobiana sem alterar muito as características da superfície dos MIs.<sup>15</sup>

O objetivo desta revisão sistemática é avaliar as alterações na superfície dos MIs ortodônticos e analisar a citotoxicidade, a corrosão e a libertação de iões causadas pelos dois colutórios (CHX e NaF), pois torna-se importante os ortodontistas terem conhecimento destas alterações.

### **Questão de pesquisa:**

Qual o efeito dos colutórios com CHX e NaF na superfície dos MIs?





## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivo geral

Esta revisão sistemática tem como objetivo avaliar os efeitos dos colutórios de CHX e de NaF na superfície dos MIs de liga titânio (Ti-6Al-4V) após utilização e observar a libertação de iões provocada.

### 2.2. Objetivos específicos

- Estudar as características e composição dos MIs de Ti-6Al-4V;
- Avaliar a degradação que os MIs sofrem em contacto com colutório de CHX e de NaF;
- Analisar a citotoxicidade, a libertação de iões e a corrosão dos MIs em contacto com colutório de CHX e de NaF;
- Avaliar os efeitos sobre a saúde dos iões libertados pelos MIs.



## 3. Material e métodos

### 3.1. Metodologia de pesquisa bibliográfica

#### 3.1.1. Protocolo e Registro

O protocolo de revisão foi utilizado segundo as recomendações PRISMA (PRISMA Statement), disponível em: <http://www.prismastatement.org/PRISMAStatement/Checklist>.

This systematic review was registered in PROSPERO (CRD42024521845).

#### 3.1.2. Estratégia de pesquisa

A questão de pesquisa para esta revisão sistemática foi construída consoante a estratégia PICO de estudos qualitativos – “*Population/Patient/Problem; Intervention; Comparison; Outcomes*”, tendo sido utilizada para a pesquisa de dados nas bases eletrônicas. A questão de pesquisa definida pela estratégia PICO também foi representada na Tabela 1.

**Tabela 1:** Tabela PICO

POPULAÇÃO (Population)	MIs ou discos de liga de titânio
INTERVENÇÃO (Intervention)	Imersão dos MIs ou dos discos em diferentes colutórios
COMPARAÇÃO (Comparison)	Comparar as diferentes alterações da superfície de acordo com o colutório utilizado
RESULTADOS (Outcomes)	Analisar a citotoxicidade, a libertação de iões e a corrosão

#### 3.1.3. Base de dados e palavras-chave

Para a fundamentação teórica desta revisão foram utilizadas as bases de dados *PubMed*, *Science Direct* e *Google Scholar* de setembro 2023 até dezembro 2023. Os termos MeSH utilizados para a pesquisa foram: *Dental Implants* “[Mesh], *Orthodontic Anchorage Procedures* “[Mesh], *Chlorhexidine* “[Mesh], *Sodium Fluoride* “[Mesh], *Corrosion* “[Mesh], *Ions* “[Mesh]. As estratégias de pesquisa estão detalhadas na Tabela 2.

Foi utilizado o Software *Zotero*<sup>®</sup> para gestão e organização dos artigos selecionados.

### 3.1.4. Critérios de inclusão e de exclusão

Os critérios de inclusão correspondentes às perguntas do PICO foram: artigos completos e acessíveis, artigos relacionados ao tema e cujo resumo seja relevante, artigos publicados entre janeiro de 2008 e dezembro de 2023, estudos in vitro, estudos utilizando MIs ou discos de liga de titânio e artigos em português ou inglês.

Os critérios de exclusão foram: artigos não relacionados ao tema, artigos publicados antes de janeiro de 2008, artigos em outros idiomas que não inglês ou português, estudos excluindo MIs de titânio e estudos que não especificam a percentagem de CHX ou NaF.

## 3.2. Resultados da pesquisa

**Tabela 2:** Sequência de pesquisa de palavras-chave

Sequencia de palavras-chave ( <i>PubMed, Science Direct e Google Scholar</i> )	Artigos identificados	Artigos excluídos	Total de artigos selecionados
<i>((dental implants) OR (orthodontic anchorage procedures)) AND ((corrosion) OR (ions))</i>	201	36 duplicados 161 excluídos após leitura do título e resumo	4
<i>((dental implants) OR (orthodontic anchorage procedures)) AND ((chlorhexidine) OR (sodium fluoride))</i>	87	83 excluídos após leitura do título e resumo 1 excluídos após leitura completa	3
<i>(dental implants (OR) orthodontic anchorage procedures) (AND) (sodium fluoride) OR (chlorhexidine)) AND ((corrosion) OR (ions))</i>	46	12 duplicados 17 excluídos após leitura do título e resumo 3 excluídos após leitura completa 9 excluídos sendo uma outra língua	5

## 3.3. Seleção dos artigos

- Seleção preliminar: Foram realizadas pesquisas avançadas utilizando as palavras-chave acima referenciadas nas bases de dados com diferentes combinações. Após a aplicação dos critérios de inclusão e a remoção dos artigos duplicados usando a

ferramenta *Zotero*<sup>®</sup>, foram selecionados 286 artigos. Foram aplicados os critérios de exclusão e uma análise preliminar dos títulos e resumos foi realizada para determinar se os artigos iam de encontro ao objetivo do estudo.

- Seleção aprofundada: Os estudos potencialmente elegíveis foram lidos na íntegra e avaliados.
- Seleção final: Foi concluída a avaliação completa dos artigos. Os dados foram extraídos e organizados em forma de tabela (tabela 4). O fluxograma de pesquisa encontra-se na figura 1.

### 3.4. Metodologia de investigação : tipo de estudo

O presente trabalho é uma revisão sistemática.

### 3.5. Risco de viés

Para avaliar o risco de viés dos artigos selecionados na tabela de resultados, utilizámos a ferramenta ROBINS-I (tabela 3)<sup>20</sup>.

**Tabela 3:** Avaliação de acordo com a ferramenta ROBINS-I<sup>20</sup>

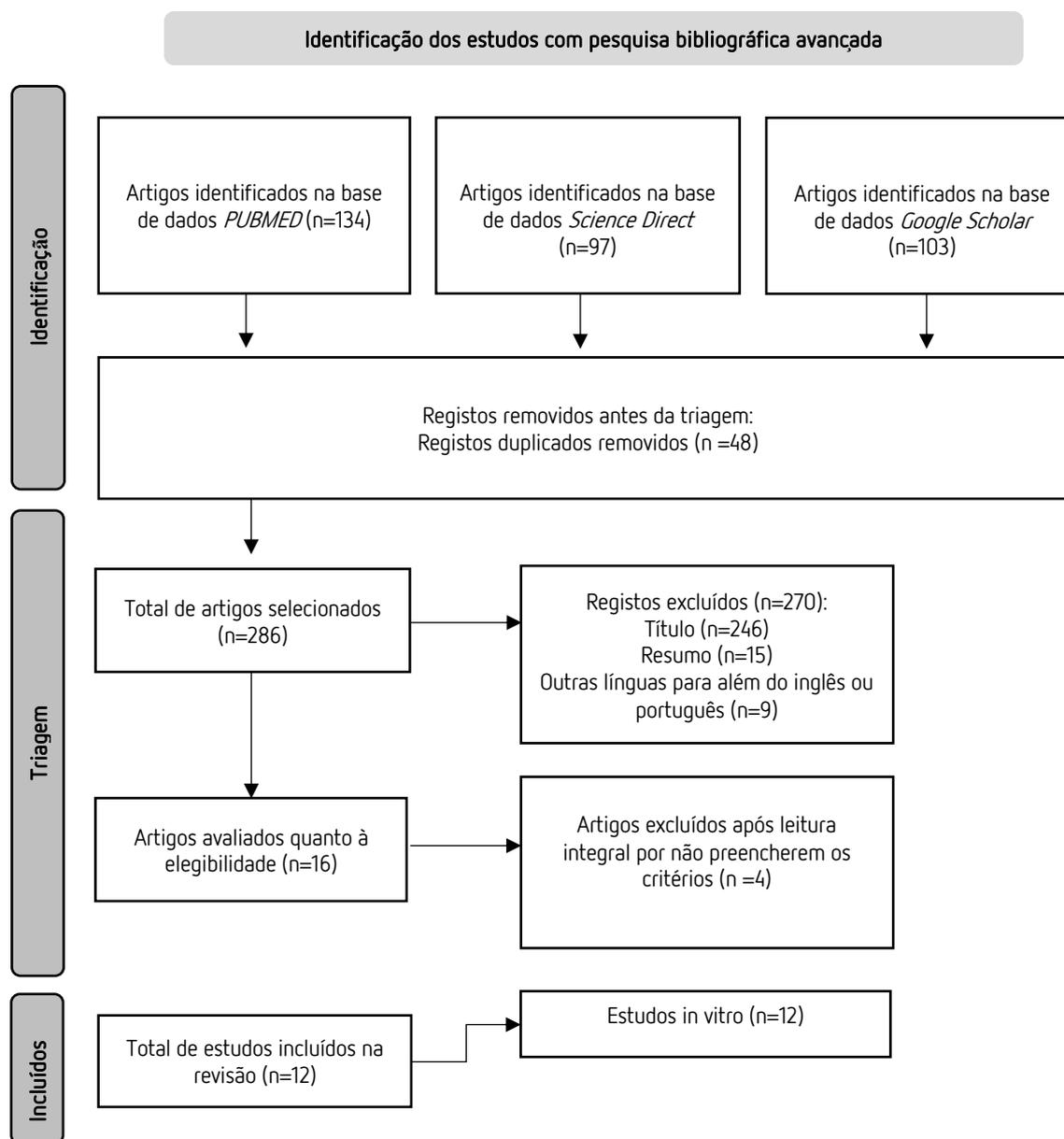
Artigos	Viés devido a fatores de confusão	Viés na seleção dos participantes no estudo	Viés na classificação das intervenções	Viés devido a desvios das intervenções previstas	Viés devido a dados em falta	Viés na medição dos resultados	Viés na seleção do resultado comunicado	Viés global
Utanami et al (2022) <sup>8</sup>	B	B	M	M	B	B	N	B
Alavi et al (2021) <sup>9</sup>	B	M	M	M	B	M	N	M
Putri et al (2021) <sup>11</sup>	B	B	B	N	B	M	N	B
Sousa et al (2021) <sup>12</sup>	B	M	M	B	B	G	N	M
Curkovic et al (2021) <sup>21</sup>	M	M	B	M	B	M	N	M
Pavlic et al (2019) <sup>10</sup>	B	G	M	B	B	M	N	M
Abboodi et al (2018) <sup>13</sup>	B	M	M	N	B	M	N	M
Abboodi et al (2018) <sup>22</sup>	B	M	M	N	B	M	N	M
Huang et al (2017) <sup>23</sup>	B	B	M	B	B	B	N	B
Ananthanarayanan et al (2016) <sup>5</sup>	M	B	B	M	S	M	S	M
Faverani et al (2014) <sup>15</sup>	M	M	M	B	B	M	N	M
Muguruma et al (2011) <sup>16</sup>	B	B	B	B	B	M	S	B

B: baixo risco; M: risco moderado; G: risco grave; C: risco crítico; N: não informação



## 4. Resultados

### 4.1. Fluxograma (PRISMA)



**Figura 1:** PRISMA 2020 Fluxograma: Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71

## 4.2. Características dos estudos: tabela

**Tabela 4:** Tabela dos resultados

<u>TÍTULO</u>	<u>MINI IMPLANTE</u>	<u>POPULAÇÃO/INTE RVENÇÃO</u>	<u>OBJETIVOS</u>	<u>RESULTADOS</u>	<u>CONCLUSÃO</u>
<p>Cytotoxicity effect of orthodontic miniscrew-implant in different types of mouthwash: An in-vitro study<sup>8</sup></p> <p><i>Utami et al (2022)</i></p>	<p>28 MIs de Ti-6Al-4V imersos em 4 grupos: 7 MIs em cada grupo</p>	<p>Fibroblastos gengivais humanos em culturas em contacto com colutórios durante 28 dias: comparação da viabilidade celular entre o grupo “eluato” com MIs e o grupo “solução” de cada colutório</p>	<p>Avaliar a citotoxicidade dos MIs em contacto com 4 diferentes colutórios (utilizando fibroblastos gengivais humanos em culturas: colutório de digluconato a 0,2% (MINOSEP®), colutório de fluoreto de sódio a 0,2% (Pepsodent Pro Complete), quitosano a 1% com ácido acético a 0,25% (KITOBETM) e aquadest (água destilada, Aqua Pro Injection Sterile)</p>	<p><u>Aquadest e quitosano 1,5%:</u> -Mínima toxicidade: &lt; 30% no grupo solução -Não existe diferença estatisticamente significativa na viabilidade celular entre os grupos “eluato” e “solução” (p&gt;0,05).</p> <p><u>CHX 0,2% e solução de fluoreto a 1,5% (NaF 0,2%):</u> -Alta toxicidade com viabilidade celular &lt; 30% no grupo “solução” -Diferença estatisticamente significativa da viabilidade celular entre os grupos “eluato” e “solução” (p&lt;0,05).</p>	<p>Os MIs contribuem para aumentar a citotoxicidade dos colutórios CHX 0,2% e NaF 0,2%, mas não aumentam a toxicidade dos colutórios aquadest e quitosano.</p> <p>A dissolução da camada protetora dos MIs de Ti causada pelos colutórios com CHX e NaF pode diminuir a viabilidade celular.</p>
<p>Ions release evaluation and corrosion of titanium mini-implant surface in response to Orthokin®, Oral B® and chlorhexidine mouthwashes<sup>9</sup></p> <p><i>Alavi et al (2021)</i></p>	<p>40 MIs de Ti-6Al-4V: 10 MIs em cada grupo</p>	<p>MIs imersos em 3 colutórios diferentes Orthokin® (500 ppm F), Oral B® (250 ppm F), colutório CHX (0 ppm F) e saliva artificial (grupo de controlo, (spray Kin Hidrat; Espanha)) durante 21 dias</p>	<p>Avaliar a libertação de iões Al, Ti e V dos MIs em contacto com diferentes colutórios: Orthokin® (digluconato de clorexidina a 0,06 %; 0,34% de acetato de zinco, com 500 ppm de F<sup>-</sup>), Oral B® (cloreto de cetilpiridínio, com 250 ppm de F<sup>-</sup>), CHX (com 0 ppm de fluor na sua composição)</p>	<p><u>Iões de Al:</u> ↑ release com Orthokin® e Oral B® diferença estatisticamente significativa em comparação com o grupo de controlo com um pico entre o 1º e o 7º dia. Ligeiro ↑ com CHX mas sem diferença estatisticamente significativa em relação ao grupo de controlo.</p> <p><u>Iões de Ti:</u> ↑ concentração com Oral B®. Pico: diferença estatisticamente significativa entre o 1º e o 7º dia em comparação com o grupo de controlo. Ligeira ↑ com Orthokin® e CHX em</p>	<p>A libertação de iões Al e Ti depende do tempo de exposição e do tipo do colutório.</p> <p>Os valores não excedem os valores de toxicidade e não parecem causar um efeito tóxico na saúde do paciente ou na cavidade oral.</p>

				comparação com a saliva artificial, mas estatisticamente significativa.	
				<u>íões V</u> : ↑ Muito ligeiro sem diferença estatisticamente significativa em relação ao grupo de controlo.	
Corrosion Resistance of Titanium Alloy Orthodontic Mini-implants Immersed in Chlorhexidine, Fluoride, and Chitosan Mouthwashes <sup>11</sup>  <i>Putri et al. (2021)</i>	28 MIs de Ti-6Al-4V: 7 MIs em cada grupo	4 grupos imersos durante 28 dias em 4 colutórios diferentes e água destilada (grupo de controlo)	Analisar a superfície dos MIs em contacto com gluconato de clorexidina 0,2% (MINOSEP®), fluoreto de sódio 0,2% (Pepsodent Expert Protection Pro Complete), quitosano 1,5% (KITOBETM) e água destilada (Aqua Pro Injection Sterile) para avaliar a resistência à corrosão na sua presença	<u>Grupo de água destilada</u> : Sem sinais de corrosão.  <u>Grupo quitosano 1,5%</u> : mais amostras com superfícies lisas, mas sem significado estatístico.  <u>CHX 0,2%, NaF 0,2%</u> : superfícies mais ásperas. Sem sinais de fissuração ou corrosão.  Diferença significativa na percentagem de libertação de íões Al e Ti entre o grupo do quitosano e do NaF, com uma percentagem mais elevada no grupo do quitosano  Não há diferença estatisticamente significativa na topografia da superfície entre os grupos.	<b>Quitosano: ↑ resistência à corrosão dos MIs por ↑ composição de Ti e Al → camada protetora.</b>  <b>Resistência à corrosão dos MIs em colutórios contendo CHX, NaF 0,2% e 1,5% de quitosano</b>
Dynamic Action of Mouthwashes Affects the Electrochemical Behavior of Ti6Al4V Alloy <sup>12</sup>  <i>Sousa et al. (2021)</i>	20 discos de liga Ti-6Al-4V: 5 em cada grupo	Mergulhar 3 vezes por dia durante 1 minuto em cada colutório. A saliva artificial (AS) é um grupo de solução de controlo. O comportamento corrosivo e	Foi avaliada a cinética de corrosão da liga Ti-6Al-4V sob a influência da ação dinâmica de colutórios com 0,12% de CHX, 0,053% de cloreto de cetilpiridínio (CC) e 3% de peróxido de hidrogénio (HP)	<u>HP</u> : formação de uma camada de óxido menos protetora/deterioração da camada de óxido com uma diferença estaticamente significativa em relação aos outros grupos.  <u>CC</u> : formação de uma película de óxido mais forte e mais protetora na	<b>O peróxido de hidrogénio altera a resistência à corrosão dos MIs de Ti-6Al-4V.</b>

		<p>eletroquímico, a rugosidade e a superfície dos discos de Ti-6Al-4V foram testados na linha de base e após 7 e 14 dias de ação dinâmica dos colutórios</p>		<p>superfície do metal, com uma diferença significativa em relação aos outros grupos.</p> <p><u>CC e CHX</u>: melhoraram significativamente o potencial de corrosão da liga de Ti em comparação com o AS.</p> <p><u>Todos os grupos</u>: Sem grandes diferenças na topografia entre os grupos, exceto no grupo HP com a presença de corrosão por pite.</p>	<p>O CC oferece uma estabilidade passiva da película em contacto com esta solução.</p> <p>É provável que a adsorção de moléculas das soluções de CC e CHX bloqueie os locais reactivos na superfície dos MIs e iniba a corrosão através da formação de uma camada protetora.</p>
<p>Corrosion of Dental Alloys Used for Mini Implants in Simulated Oral Environment<sup>20</sup></p> <p><i>Curkovic et al. (2021)</i></p>	<p>316 MIs aço inoxidável e Ti-6Al-4V</p>	<p>MIs em saliva artificial (grupo de controlo, pH = 5,1) e duas soluções diferentes de colutórios: A (CHX 0,05% com NaF 0,05% 500 ppm F- + saliva artificial, pH= 6,1) e B (probiótico + saliva artificial)bactérias</p>	<p>Avaliação da resistência à corrosão geral e por picadas nos MIs de aço inoxidável e titânio em diferentes ambientes orais</p>	<p><u>Solução A</u>: diminuição da resistência à corrosão. Mas a diferença entre o potencial de passivação e repassivação da camada protetora não é significativa em comparação com a saliva artificial isolada para ambos os implantes.</p> <p><u>Solução B</u>: Para ambos os materiais de implante, ↓ corrosão e passivação em comparação com a saliva artificial isolada.</p>	<p><b>Presença de um anti-sético: atividade de corrosão de ambas os MIs alterada → efeitos da presença de ião fluoreto + pH</b></p> <p><b>Probiótico: efeito benéfico nas propriedades de barreira.</b></p> <p><b>MIs Ti-6Al-4V: resistentes à corrosão</b> do que os implantes de aço inoxidável</p>
<p>Do Chlorhexidine and Probiotics Solutions Provoke Corrosion of Orthodontic Mini-implants? An In Vitro Study<sup>10</sup></p> <p><i>Pavlic et al (2019)</i></p>	<p>316 MIs de aço inoxidável e MIs Ti-6Al-4V grau 5 e grau 23: foi atingido um tamanho</p>	<p>MIs imersos em saliva artificial (grupo de controlo), saliva com probióticos e saliva com CHX durante 28 dias</p>	<p>Avaliar a rugosidade e a microdureza dos MIs imersos em saliva artificial, saliva com probióticos e saliva com CHX 0,05%</p>	<p>↑: Rugosidade dos MIs de Ti-6Al-4V grau 5 após imersão em probióticos estatisticamente significativa (p&lt;0,005) em comparação com a; Rugosidade em CHX para MIs de aço inoxidável mais significativa do que em probióticos;</p> <p>↓: Microdureza dos MIs de aço inoxidável em contacto com CHX. Não</p>	<p><b>MIs de aço inoxidável → ↑ rugosidade e ↓ microdureza quando em contacto com CHX.</b></p> <p><b>CHX: nenhum efeito significativo nos MIs de liga de titânio.</b></p>

	de 5 amostras por grupo.		há alterações significativas para as ligas de titânio.  Maior corrosão para o Ti-6Al-4V grau 5 no grupo com probióticos.  Corrosão menos significativa para o grupo Ti-6Al-4V frade 23 na presença de CHX.	<b>Probióticos:</b> ↑rugosidade dos MIs de liga de titânio, o que permite ↑ a osteointegração parcial e ↑ a acumulação de placa bacteriana.
<p>Analysis of two Different Orthodontic Mini-Implants Immersed in Fluoridated Mouthwashes Using Scanning Electron Microscopy (SEM)<sup>13</sup></p> <p><i>Abboodi et al. (2018)</i></p>	<p>15 MIs Ti-6Al-4V (3 subgrupos com 5 MIs em cada subgrupo) e 15 MIs de aço inoxidável (3 subgrupos com 5 MIs em cada subgrupo)</p>	<p>MIs imersos em saliva artificial (AS) (grupo de controlo) e colutório com flúor durante 28 dias</p>	<p>Avaliar o efeito de colutórios fluoretados (colutório Lacalut White® : fluoreto de sódio e digluconato de clorexidina, com 153 ppm F<sup>-</sup>, pH = 5,5; e colutório Kin B5® : cloreto de cetilpiridínio com 226 ppm de F<sup>-</sup>, pH = 6.) e o tempo de imersão no comportamento de corrosão e na superfície microscópica de MIs ortodônticas de titânio e aço inoxidável.</p> <p><u>Grupo AS (pH 6,75):</u> Menor corrosividade e rugosidade da superfície do que o colutório.</p> <p><u>Grupo Lacalut-white® (pH 5,5):</u> MIs Ti-6Al-4V: menos pitting e fissuração do que o Kin-B5® .</p> <p><u>Grupo Kin B5 MW® (pH 6,5):</u> MIs Ti-6Al-4V: mais rugosidade e mais corrosão por pite do que as da saliva artificial ou do Lacalut-White®.</p>	<p>Os resultados do exame microscópico revelaram que foram detectados sinais de corrosão sob a forma de fissuras e picadas em todos os grupos: Kin-B5® &gt; Lacalut-white® &gt; saliva artificial</p>

<p>Assessment of Metal Ions Released from Orthodontic Mini-Implants in Fluoridated Mouthwashes<sup>22</sup></p> <p><i>Abboodi et al. (2018)</i></p>	<p>15 MIs Ti-6Al-4V: 3 subgrupos com 5 MIs em cada subgrupo</p>	<p>MIs imersos separadamente em saliva artificial (grupo de controlo) e em dois colutórios diferentes durante 28 dias</p>	<p>Avaliar o efeito dos colutórios fluoretados e do tempo de imersão na quantidade de iões metálicos libertados pelos colutórios Lacalut White® (fluoreto de sódio e digluconato de clorexidina, com 153 ppm F-, pH = 5,5) e Kin B5® (cloreto de cetilpiridínio com 226 ppm F-, pH = 6).</p>	<p>Libertação: Al &gt; Ti &gt; V</p> <p><u>Iões Ti</u>: Lacalut-White® &gt; Kin-B5® &gt; Saliva artificial. ↑ libertação entre o 1º e o 7º dia.</p> <p><u>Libertação de iões Al</u>: ↑ libertação entre o 7º e o 14º dia.</p> <p><u>Os iões V</u>: ↑ entre o 15º e o 28º dia na saliva artificial, mas entre o 1º e o 7º dia nos colutórios.</p>	<p>A ↑ quantidade de libertação foi no Lacalut-White (contém mais flúor), seguido do Kin-B5® e da saliva artificial → pH mais ácido e presença de F-.</p> <p>As quantidades totais de iões libertados foram ↓ superiores aos limites de toxicidade.</p>
<p>The effect of fluoride-containing oral rinses on the corrosion resistance of titanium alloy (Ti-6Al-4V)<sup>23</sup></p> <p><i>Huang et al. (2017)</i></p>	<p>25 discos de liga Ti - 6Al - 4V: 5 em cada grupo</p>	<p>Imersos em 4 colutórios diferentes contendo flúor. A solução salina foi utilizada como controlo.</p>	<p>Avaliação do efeito de colutórios contendo fluoreto no comportamento de corrosão de ligas de Ti: solução A, pH 4,46/260 ppm de fluoreto; solução B, pH 4,41/178 ppm de fluoreto; solução C, pH 6,30/117 ppm de fluoreto; e solução D, pH 4,17/3,92 ppm de fluoreto.</p>	<p><u>Grupo de solução A</u>: Mais defeitos, corrosão em fendas e por picadas estatisticamente significativa.</p> <p><u>Grupo de solução B</u>: Defeitos e corrosão por pite → não tanto quanto a amostra na solução A.</p> <p><u>Grupo de soluções C e D e solução salina</u>: ↓ corrosão por pite do que as amostras nas soluções A e B.</p> <p><u>Aumento do teor de fluoreto</u>: ↑ tendência para a diminuição do potencial de corrosão (exceto para a solução D). ↓ na resistência à corrosão na presença de fluoreto estatisticamente significativa.</p>	<p>2 parâmetros influenciam a resistência à corrosão dos MIs de Ti-6Al-4V: pH e concentração de flúor.</p> <p>↑ concentração de flúor e ↓ pH → ↓ resistência à corrosão</p>

<p>A comparative evaluation of ion release from different commercially-available orthodontic mini-implants – an in-vitro study<sup>5</sup></p> <p><i>Ananthanarayanan et al (2016)</i></p>	<p>50 MIs (Ti6Al4V) de marcas diferentes</p>	<p>4 MIs de cada grupo → imersos 30 dias em saliva artificial para detetar a libertação de iões Ti, Al e V.</p> <p>Grupo de controlo: solução de saliva artificial sem MIs.</p>	<p>Avaliar a composição, a caracterização da superfície e a resistência à corrosão de 5 MIs Ti-6Al-4V 5 marcas diferentes.</p>	<p><u>Imagens SEM obtidas após a imersão:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Perda generalizada do brilho e do acabamento da superfície → todos os grupos.</li> <li>- Sinais de corrosão sob a forma de fissuras ou picadas → 2 grupos</li> </ul> <p><u>Iões libertados:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diferença estatisticamente significativa na libertação de Ti → entre um grupo e todos os outros grupos.</li> <li>- Diferenças estatisticamente significativas nos valores médios de libertação de Al → entre todos os grupos.</li> <li>- Diferenças estatisticamente muito significativas na libertação de V → em dois grupos em comparação com todos os outros.</li> </ul>	<p>Embora os 4 grupos representem a mesma composição metálica, verificou-se uma diferença no comportamento eletroquímico entre os grupos e também nas características da superfície.</p> <p>Por conseguinte, é importante ter em conta a importância da escolha da marca dos MIs.</p>
<p>Corrosion kinetics and topography analysis of Ti-6Al-4V alloy subjected to different mouthwash solutions<sup>15</sup></p> <p><i>Faverani et al. (2014)</i></p>	<p>20 discos de liga Ti - 6Al - 4V: 5 em cada grupo</p>	<p>A cinética da corrosão e a topografia da superfície foram analisadas na linha de base e após 7 e 14 dias de ação dinâmica do colutório.</p> <p>Os discos foram analisados com um microscópio eletrónico de varrimento (SEM).</p>	<p>Avaliar a cinética de corrosão e a topografia da superfície da liga Ti-6Al-4V exposta a soluções de colutórios (CHX 0,12%, cloreto de cetilpiridínio 0,053% e peróxido de hidrogénio 3%) em comparação com saliva artificial (grupo de controlo, 6,5)</p>	<p><u>Grupo do peróxido de hidrogénio:</u> ↑ na rugosidade da superfície. Aumento estatisticamente significativo da perda de peso do Ti-6Al-4V em comparação com todas as outras soluções. ↓ capacidade do metal para resistir à troca iónica com o ambiente eletrolítico estatisticamente significativa</p> <p><u>Grupos CHX e cloreto de cetilpiridínio:</u> ↑ Valores de rugosidade após 14 dias, em comparação com o grupo de controlo, sem alteração estatisticamente significativa da cinética de corrosão</p>	<p>HP 3% reduziu a resistência à corrosão da liga Ti-6Al-4V → a evitar no tratamento pós-operatório.</p> <p>CHX 0,12% e CC 0,053% → favoráveis para o tratamento pós-operatório: não alteram significativamente a cinética de corrosão.</p>

<p>Effects of sodium fluoride mouth rinses on the torsional properties of miniscrew implants<sup>16</sup></p> <p><i>Muquruma et al. (2011)</i></p>	<p>MIs Ti-6Al-4V. 5 grupos: 5 MIs em cada grupo</p>	<p>Os MIs Ti-6Al-4V foram imersos num colutório de NaF a 0,1% ou 0,2% (pH 5,12 e 5,14, respetivamente) durante 1 hora ou 24 horas.</p> <p>Grupo de controlo : MIs que não foram imersos</p>	<p>Avaliar os efeitos das soluções de colutório com NaF nas propriedades de torção de um MI foram estudados</p>	<p>- Não se verificaram diferenças significativas nos valores do ângulo de torção da fratura em comparação com os MIs de controlo que não foram imersos na solução de NaF.</p> <p><u>Após a imersão nos colutórios com NaF:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Superfícies com alguns pites, fissuras e produtos de corrosão</li> <li>- A quantidade de Al foi maior nos produtos de corrosão.</li> </ul>	<p><b>Os colutórios com NaF provocam um ligeiro ataque de corrosão nos MIs de Ti-6Al-4V após a sua imersão, mas não provoca qualquer deterioração do desempenho torsional destes MIs.</b></p>
--	---	---	---	---	---





## 5. Discussão

### 5.1. Mini-implantes Ti-6Al-4V

Existem dois tipos de ligas de Ti: o Ti de grau 5 (Ti-6Al-4V) e o Ti de grau 23 (Ti-6Al-4V ELI - *Extra Low Interstitial*), ambos com a vantagem de uma maior resistência mecânica e à fadiga do que as ligas de Ti puro.<sup>10</sup> Os MIs Ti-6Al-4V-ELI são concebidos para resistência à corrosão sob tensão em soluções salinas aquosas e elevada tenacidade à fratura. Esta resistência à corrosão das ligas metálicas é explicada pela capacidade das ligas à passivação e repassivação em ambientes de fluidos corporais.<sup>24</sup>

O nosso estudo, abordou o Ti de grau 5, por ser o mais utilizado na prática clínica de ortodontia.<sup>25</sup> A liga de Ti de grau 5 (Ti-6Al-4V) é composta, em percentagem de peso atômico, por<sup>10</sup>:

- 87,74 % a 89 % Ti;
- 5,5 % a 6,76 % Al;
- 3,5 % a 4,5 % V;
- < 0,25 % Fe;
- < 0,2 % O<sup>2</sup>;
- < 0,08 % C;
- 0,05 % N<sup>2</sup>.

O módulo de elasticidade é mais elevado para as ligas de titânio do que para o Ti comercialmente puro (Cp), o que as torna mais resistentes (Tabela 5).<sup>25</sup>

**Tabela 5:** Características dos MIs (adaptado de *Safiya et al.* (2013)<sup>25</sup>)

Tipos de mini-implantes	Módulo de elasticidade (em GPa)	Resistência à tração (em Mpa)	Limite de elasticidade
Cp grau I Ti	102	240	170
Cp grau II Ti	102	345	275
Cp grau III Ti	102	450	380
Cp grau IV Ti	104	550	483
Ti-6Al-4V ELI	113	860	795
Ti-6Al-4V	113	930	860
Co-Cr-Mo	240	700	450
316L aço	200	965	690
Osso cortical	18	140	-
Esmalte	84	10	-

Os MIs de liga de Ti diferem dos MIs de Ti puro pelo facto de conterem Al e V na camada superficial, o que permite dar mais resistência à estrutura fina dos MIs.<sup>5</sup> Estas ligas também melhoraram a estabilidade primária (estabilidade do mini-implante logo após a sua colocação) e a bioatividade dos MIs.<sup>24</sup>

O Ti é considerado quimicamente inerte, biocompatível com os tecidos humanos e resistente à corrosão pelos fluidos corporais humanos.<sup>26</sup> A biocompatibilidade do titânio refere-se à sua capacidade de interagir harmoniosamente com os tecidos vivos sem causar reações nocivas.<sup>21</sup> Os MIs devem ser "biotolerantes", "bio-inertes" e "bioactivos".<sup>26</sup>

Uma das principais características do Ti é a formação espontânea de uma camada passiva na sua superfície quando entra em contacto com a água, o ar ou os biofluidos<sup>12</sup>. Possui uma camada protetora estável de óxido de Ti ( $TiO_2$ ) na sua superfície isolando o metal subjacente do ambiente biológico circundante, o que lhe confere resistência à corrosão.<sup>11;27</sup> Este revestimento de  $TiO_2$  tem uma estrutura de duas camadas: uma camada interior compacta e uma camada exterior porosa.<sup>24</sup> É a camada interior que proporciona resistência à corrosão, impedindo a dissolução do metal.<sup>24</sup> A camada exterior porosa, vai dar estabilidade primária.<sup>24</sup>

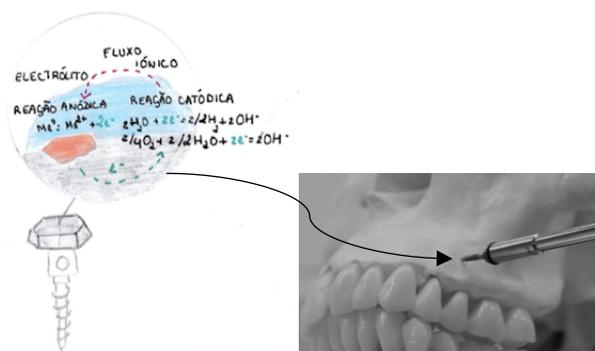
A camada protetora, denominada  $TiO_2$ , forma-se em contacto com o oxigénio e impede a libertação de iões nos tecidos adjacentes.<sup>12</sup> A camada de óxido que se forma torna-o biocompatível.<sup>27</sup> Esta biocompatibilidade pode ser comprometida pela libertação de iões Al e V tóxicos da liga de Ti dos MIs.<sup>24</sup>

Quando esta camada protetora se rompe ou desaparece, o Ti-6Al-4V é mais suscetível à corrosão. Além disso, o Al e o V utilizados na liga reduzem a resistência à corrosão em comparação com o Ti dos MIs puros, o que aumenta o risco de libertação de iões metálicos, a corrosão e a citotoxicidade desses iões.<sup>25</sup>

Após inserção dos MIs a cabeça ficará exposta a processos corrosivos associados a um aumento da rugosidade e, por conseguinte, a um aumento do risco de formação de biofilme, que conduzirá a uma inflamação em torno do MI (peri-implantite).<sup>10</sup>

## 5.2. Corrosão: definição e tipos

A corrosão de um material pode ser definida como a perda de iões metálicos diretamente para a solução ou a dissolução progressiva de uma película superficial, geralmente um óxido ou sulfureto. Os materiais utilizados em ortodontia são metais que não são inertes e estão, portanto, sujeitos a estes fenómenos de corrosão.<sup>28</sup>



**Figura 2:** Processo de corrosão nos MIs (adaptado de *Bocchetta et al.* (2021)<sup>24</sup>)

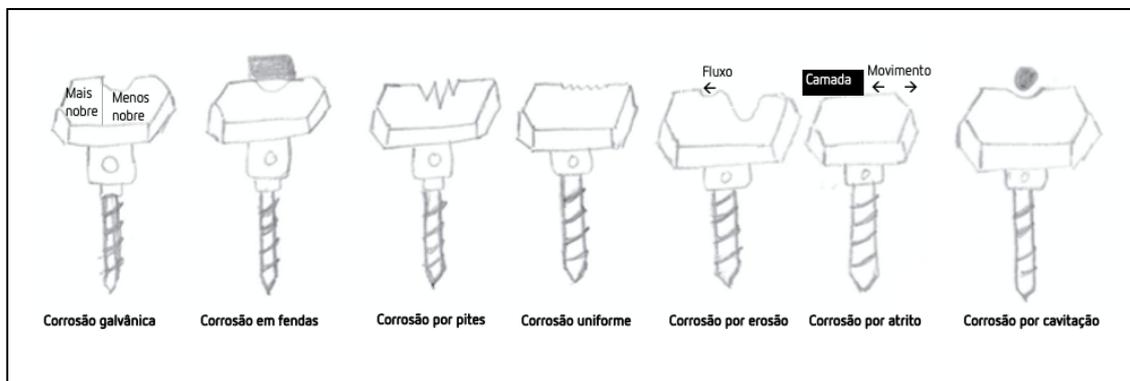
Durante a corrosão ocorrem simultaneamente duas reações: a oxidação e a redução.<sup>28</sup> O processo de corrosão eletroquímica da superfície metálica é explicado pela soma da reação de oxidação anódica do metal e da reação de redução do ião hidrogénio e/ou do oxigénio molecular (figura 2).<sup>24</sup>

A corrosão levará, portanto, à degradação dos MIs ortodônticos, o que pode ser prejudicial, pois perderão a sua integridade estrutural, aumentando a rugosidade da cabeça, facilitando a formação de biofilme e a sua acumulação nos nichos. Tudo isto pode contribuir para a inflamação à volta do MI e para a perda de estabilidade primária.<sup>10</sup>

Existem diferentes tipos de corrosão na liga de metal (figura 3)<sup>13,24</sup>:

- Corrosão galvânica: Ocorre devido ao acoplamento galvânico de metais dissimilares envolvidos, em que os metais menos resistentes à corrosão se tornam um ânodo e geralmente corroem, levando à libertação de iões metálicos.
- Corrosão em fendas: Ocorre entre duas superfícies próximas ou em áreas confinadas onde não há troca de oxigénio.
- Corrosão por pites: Forma extrema de ataque que provoca a formação de buracos localizados na superfície do metal.

- Corrosão uniforme: O tipo mais comum de corrosão. Corresponde a qualquer reação química ou eletroquímica que ocorre uniformemente em toda a superfície exposta ou numa grande área.
- Corrosão por erosão: Produzido pelo movimento relativo entre o fluido corrosivo e a superfície do material.
- Corrosão por atrito: Corrosão por erosão. Ação conjunta de ataques químicos e mecânicos.
- Corrosão por cavitação: A deterioração combinada de uma superfície pela formação e colapso de bolhas num líquido.



**Figura 3:** Tipos de corrosão (adaptado de *Bocchetta et al.* (2021)<sup>24</sup>)

### 5.3. O Flúor e os mini-implantes Ti-6Al-4V

No decorrer dos tratamentos ortodônticos, nem todos os pacientes tem uma higiene oral adequada, principalmente no caso de tratamentos com recurso a *brackets* ortodônticos. Por isso, recomenda-se a utilização de colutórios com NaF, que demonstram ser eficazes na redução da cárie dentária e das lesões de mancha branca.<sup>22</sup>

Os colutórios com NaF são também importantes em casos de desmineralização do esmalte que pode ocorrer após a instalação de aparelhos ortodônticos fixos.<sup>16</sup>

No entanto, foi demonstrado que os colutórios com flúor têm um efeito prejudicial na superfície dos MIs de Ti-6AL-4V. O flúor demonstra afetar a integridade da camada protetora passiva do Ti-6Al-4V. Isto deve-se ao efeito dos iões  $F^-$  em soluções de ácidos fluorados, que se combinam com  $H^+$  para formar ácido fluorídrico (HF) e são capazes de destruir a camada de óxido do titânio e das suas ligas.<sup>29</sup>

Estes resultados estão de acordo com o estudo de *Alavi et al.* (2021), no qual foi relatado que os iões fluoreto aumentam a libertação de iões do MIs de Ti-6Al-4V, causando corrosão e descoloração.<sup>9</sup> Os autores, neste estudo, utilizaram diferentes colutórios, alguns sem flúor e outros com flúor em diferentes concentrações: os colutórios com concentrações mais elevadas de flúor revelaram-se mais corrosivos, confirmando os efeitos da combinação de  $F^-$  com  $H^+$  encontrados noutros estudos<sup>9</sup>, o que sugere que o efeito dos colutórios que contêm NaF está relacionado com a quantidade de  $F^-$  presente. De acordo com *Putri et al.* (2021), este fenómeno de corrosão é explicado pela formação de um complexo iónico titânio-fluoreto que leva a uma redução da resistência do óxido de titânio protetor, modificando a topografia da superfície dos MIs de Ti-6Al-4V e aumentando a sua rugosidade superficial.<sup>11</sup>

Esta alteração da topografia da superfície causada pela presença e quantidade de  $F^-$  encontrado nos colutórios é também descrita por diferentes tipos de corrosão da superfície, que podem ser observados com o Microscópio Eletrónico de Varrimento (SEM), como no seguinte estudo de *Abboodi et al.* (2018), que encontraram corrosão por pites e fendas nas superfícies dos MIs após imersão em dois colutórios contendo NaF.<sup>13</sup> Esta corrosão superficial também foi observada noutro estudo, o de *Huang et al.* (2017), que observou defeitos de corrosão por picadas

ou fendas e que foram mais significativos em colutórios contendo concentrações mais elevadas com valores de pH mais ácidos.<sup>23</sup>

*Curkovic et al.* (2021) identifica também esses dois parâmetros importantes para as alterações na superfície de MIs<sup>21</sup>:

- pH: quanto mais baixo for o pH (mais ácido), maior será a corrosão;
- Concentração de flúor: quanto maior a percentagem de flúor, maior a corrosão.

Os defeitos de superfície mais significativos foram observados nos MIs imersos no colutório que continha uma concentração mais elevada de fluoreto, o que apoia o estudo de *Alavi et al.* (2021), sobre o facto de o F<sup>-</sup> e a sua concentração terem um efeito considerável na corrosão dos MIs de Ti-6Al-4V e, por conseguinte, na modificação da sua superfície.<sup>9</sup> A percentagem de fluoreto influencia a quantidade de iões libertados.<sup>22</sup>

Os MIs imersos em saliva (a um pH mais elevado que os MIs imersos em colutórios fluorados) apresentaram menor rugosidade superficial e corrosão do que os inseridos nos meios que continham colutórios fluorados.<sup>13</sup> O flúor atua, portanto, como um catalisador da corrosão.

Estes dois parâmetros são também destacados no estudo de *Abboodi et al.* (2018) em que a concentração de iões fluoreto, bem como a diminuição do pH, influenciaram a libertação de iões Ti, Al e V, resultando num aumento em comparação com a saliva artificial neutra.<sup>22</sup>

Segundo *Boccheta et al.* (2021), o aumento da corrosão em pH baixo, deve-se a presença de maior quantidade de halogéneos (aniões) que vão ser incorporados na película passiva formada na solução biológica.<sup>24</sup>

Por conseguinte, os MIs não devem ser colocados num ambiente biológico que combine uma elevada acidez com um elevado teor de fluoreto para limitar a corrosão.<sup>24</sup>

Verificou-se, no estudo de *Abboodi et al.* (2018), outro parâmetro a ter em conta. A libertação de iões difere de acordo com o intervalo de tempo.<sup>22</sup> De facto, os iões Ti e V são libertados em quantidade máxima entre o 1º e o 7º dia de imersão, diminuindo entre o 8º e o 14º dia, bem como entre o 15º e o 28º dia para o Ti mas entre o 15º e o 28º dia a quantidade de V volta a aumentar.

Quanto ao ião Al, este é libertado em quantidade mínima entre o 1º e o 7º dia de imersão, aumento depois entre o 8º e o 14º dia, e diminui entre o 15º e o 28º dia.<sup>22</sup>

Esta redução na taxa de libertação de iões pode ser explicada pela capacidade normal da camada de passivação da liga para formar uma película de óxido protetora estável que suprime o processo de corrosão em vários ambientes.<sup>22</sup> A superfície dos MIs irá inibir o processo de corrosão de modo a proteger a superfície. Isto evidencia o facto de o ião V não ser um ião essencial na produção desta camada protetora de óxido.

Mais recentemente, *Utami et al.* (2022), realizaram um estudo para analisar a citotoxicidade do NaF a 0,2% em contacto com MIs em fibroblastos gengivais, com uma viabilidade celular inferior a 30% após imersão.<sup>8</sup> Os resultados deste estudo mostraram que existe uma diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) na viabilidade celular entre o eluato de flúor (sem MIs) e a solução de flúor contendo MIs.<sup>8</sup> De facto, a viabilidade das células L929 e MC3T3-E1 pode ser reduzida a determinadas concentrações de iões Al que variam entre 0,2 e 0,5 ppm e iões V que variam entre 0,002 e 0,2 ppm. O limiar de toxicidade mais baixo dos iões V significa que os iões de V são mais tóxicos em doses baixas do que os iões Al. Quanto aos iões Ti, foi observado um limiar de toxicidade mais elevado de 11 ppm<sup>8</sup>.

Embora as soluções de flúor sejam importantes para a prevenção da cárie dentária em pacientes ortodônticos, a sua utilização pode levar à corrosão dos MIs de Ti-6Al-4V e consequentemente à fratura dos mesmos.<sup>16</sup>

#### 5.4. Clorexidina e os mini-implantes Ti-6Al-4V

A CHX é amplamente utilizada na prática médico-dentária. É um agente antibacteriano eficaz contra bactérias Gram positivas e Gram negativas, incluindo bactérias, leveduras e fungos.<sup>3</sup>

A CHX tem um amplo espectro bactericida e bacteriostático devido às propriedades de ligação da mesma.<sup>3</sup> A CHX demonstra a sua atividade antisséptica ao precipitar moléculas contendo fosfato da membrana celular bacteriana.<sup>14,28</sup>

Os efeitos bactericidas e bacteriostáticos prolongados da CHX podem ser explicados pela adesão persistente da CHX à superfície dentária e aos tecidos moles. A CHX pode ter um efeito bacteriostático ou bactericida, consoante a dose <sup>14</sup>:

- em concentrações baixas é bacteriostática;
- em concentrações mais elevadas é bactericida e provoca a morte celular ao precipitar.

A toxicidade sistémica da CHX é considerada baixa porque é pouco absorvida pelo trato gastrointestinal. A utilização de colutórios de CHX 0,2%, enxaguado duas vezes por dia, provou ser eficaz na prevenção da acumulação de placa bacteriana e do desenvolvimento de gengivite, e por consequência permite uma diminuição de complicações infecciosas ao redor do MIs.<sup>3,8,9,14</sup>

Na prática atual, a CHX é considerada a referência no controlo químico dos biofilmes e dos antissépticos orais.<sup>9,10</sup>

Durante o tratamento ortodôntico com MIs de Ti-6Al-4V é interessante considerar o efeito da CHX nos MIs de Ti-6Al-4V na saúde gengival. Esse efeito foi avaliado numa série de estudos em que os autores realizaram a emersão de MIs em CHX.

No entanto, apesar destas qualidades notáveis, a CHX pode aumentar a corrosividade do material de Ti ao aumentar a dissolução da camada protetora de óxido de Ti, o que provocará a libertação dos iões que constituem a camada de óxido dos MIs.<sup>8</sup> Ao contrário dos colutórios com NaF, os efeitos da CHX na topografia da superfície, na corrosão e na libertação de iões são menos significativos do que os do NaF. De facto, estudos como o de *Alavi et al.* (2022), que verificaram que a libertação de iões Ti e de iões Al para os MIs em contacto com a CHX (0 ppm), aumentam

com uma diferença não estatisticamente significativa, enquanto a concentração destes dois iões aumenta com uma diferença estatisticamente significativa para os colutórios com NaF (Orthokin® - 500 ppm; e OralB® - 250 ppm) em comparação com a saliva artificial (grupo de controlo).<sup>9</sup> De acordo com estes resultados, os autores afirmam que isto pode ser explicado pelo facto de o colutório CHX não conter flúor, o que mais uma vez realça o efeito dos iões F<sup>-</sup> na camada protetora dos MIs Ti-6Al-4V.

*Alavi et al. (2022)* relataram, por isso, no seu estudo, que a CHX causou uma corrosão mínima.<sup>9</sup> Isto está de acordo com o estudo de *Faverani LP et al. (2014)*, que verificaram, em comparação com a saliva artificial, que não existia uma diferença estatisticamente significativa na alteração da cinética de corrosão dos MIs de liga de Ti imersas em CHX.<sup>15</sup> Estes estudos dão, portanto, um parecer favorável à utilização pós-operatória de colutórios com CHX.<sup>9,15</sup>

Outros estudos também observaram a rugosidade da superfície dos MIs em contacto com colutórios. *Putri AS et al. (2021)*, observaram que os MIs se tornavam mais rugosas após imersão em CHX, mas não apresentavam sinais de corrosão.<sup>11</sup> Os autores sugerem que esta rugosidade se deve à presença de iões cloreto que podem desestabilizar a camada protetora de óxido de Ti dos MIs de Ti-6Al-4V, modificando assim a capacidade de repassivação da camada e tornando-a mais áspera.<sup>11</sup> *Pavlic et al. (2019)*, tendo também estudado esta alteração na rugosidade da superfície, relataram que a CHX a 0,05% não causou um aumento significativo da rugosidade na superfície dos MIs de Ti-6Al-4V quando comparada com o probiótico, que mostrou um aumento significativo da rugosidade.<sup>10</sup>

Em comparação com os efeitos dos colutórios de NaF encontrados nos estudos acima, a maioria dos estudos mostra que os colutórios de CHX não parecem causar corrosão significativa nos MIs de liga de titânio, o que pode ser explicado por *Sousa et al. (2021)* pelo facto de as soluções de CHX bloquearem os locais reativos na superfície das MIs e inibirem a corrosão através da formação de uma camada protetora.<sup>12</sup> O estudo de *Sousa et al. (2021)* é um dos poucos que movimentam as amostras 3 vezes por dia durante 1 min, de forma a reproduzir a fiabilidade dos resultados o mais próximo possível, tornando este estudo mais representativo.<sup>12</sup> Neste estudo, os autores demonstraram mesmo que a CHX foi responsável por uma melhoria significativa no potencial de corrosão da liga dos MIs Ti em comparação com a saliva artificial.<sup>12</sup>

Comparação dos colutórios com NaF com os que contêm CHX e os que continham quitosano, *Putri et al.* (2021) encontraram uma diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre os grupos do flúor e do quitosano, que não foi encontrada no grupo que comparou a CHX com o quitosano. Este facto sugere um efeito mais prejudicial do colutório com flúor do que do colutório com CHX nos MIs de Ti-6Al-4V.<sup>11</sup>

*Mohammadi et al.* (2010) avaliaram a inserção de torque e constataram que não havia diferença estatisticamente significativa entre os pacientes que estão a usar um colutório e os que não usam, no que concerne ao insucesso dos MIs. Concluíram que a CHX será benéfica para reduzir a complicações infecciosas.<sup>3</sup>

Com base nestes estudos, pode deduzir-se que a utilização da CHX apresenta vantagens consideráveis. No entanto, após 14 dias de imersão *Faverani et al.* (2014) observaram um aumento da rugosidade em comparação com MIs em imersão em saliva artificial. É interessante notar que um aumento da rugosidade está associado a um aumento da afinidade do biofilme oral.<sup>15</sup> A utilização de colutórios com CHX seria, por conseguinte, desaconselhada para além de 14 dias, tanto mais que, para além deste período, pode também ter outros efeitos, como a alteração do sabor ou queimadura oral.

### **Há uma diferença relevante entre os colutórios que contem CHX e os que contem flúor na libertação de iões e na topografia da superfície dos MIs de Ti-6Al-V?**

Após a análise de vários estudos, podemos constatar que o flúor parece ter efeitos mais negativos do que a CHX, tanto em termos da quantidade de iões libertados como na alteração da camada superficial com uma maior corrosão e destruição da microestrutura superficial na maioria dos estudos. Mas é importante notar que o tipo de colutório não é o único parâmetro a que se deve prestar atenção para explicar esta diferença na libertação de iões e na alteração da superfície dos MIs. De facto, no seu estudo, *Ananthanarayanan et al.* (2016) compararam a composição da superfície de diferentes marcas de MIs representando a mesma composição metálica e encontraram uma diferença estatisticamente significativa na libertação de iões.<sup>5</sup>

## 5.5. Os efeitos dos iões Al, V, Ti sobre a saúde

É importante notar que os iões metálicos podem ter efeitos tóxicos tanto na gengiva como na saúde em geral. Esta toxicidade pode ser determinada de acordo com o seu tipo, tamanho e concentração.<sup>8</sup>

Ananthanarayanan et al. (2016) observaram que os iões Al e V têm efeitos tóxicos.<sup>5</sup> Os iões Al e V estão também associados a inflamação local, reações alérgicas, efeitos carcinogénicos e distúrbios neurológicos.<sup>18,19</sup>

De facto, os iões Al apresentam: citotoxicidade dose-dependente em células cancerígenas broncoalveolares humanas em doses de 5 a 25 mg/L<sup>5</sup>, aumento da associação com o desenvolvimento da doença de Alzheimer<sup>5</sup>, deteção na interface matriz osteoide-calcificada no osso de doentes com insuficiência renal crónica, o que interfere com a mineralização levando à osteomalácia.<sup>5</sup>

Todos os dados apresentados nesses diversos estudos são, portanto, muito importantes de serem levados em consideração, para que o ortodontista tenha consciência do efeito na saúde dos pacientes. O efeito tóxico da citotoxicidade do Al foi também evidenciado no estudo de *Utami et al.* (2022), no qual os autores observaram que o ião alumínio afetou a atividade metabólica dos osteoblastos, impedindo a sua proliferação e diferenciação<sup>8</sup>. Isto deve-se ao facto dos MIs, quando colocadas no osso, fazerem com que os iões metálicos contidos nos MIs de Ti-6Al-4V sejam expostos aos osteoclastos e aos precursores dos osteoclastos.<sup>31</sup> O papel dos osteoclastos é muito importante durante a implantação dos MIs porque, como são células de reabsorção óssea, estarão consequentemente envolvidas na estabilidade do MI. Assim, qualquer perturbação na atividade dos osteoclastos pode estar associada a uma falha na estabilidade dos MIs.<sup>31</sup>

Os iões metálicos libertados dos MIs de Ti-6Al-4V influenciaram a capacidade dos osteoclastos, mas não foram citotóxicos para os precursores dos osteoclastos e, por conseguinte, não causaram a morte celular.<sup>31</sup>

A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomendou que a dose diária tolerável de alumínio fosse de 1 mg/kg de peso corporal/dia.<sup>9</sup>

No entanto, *Ananthanarayanan et al.* (2016) revelaram que o V é considerado mais tóxico do que o alumínio, devido à capacidade dos iões se ligarem às proteínas de transporte, ferritina e transferrina, e, por conseguinte, de se distribuírem por todo o corpo.<sup>5</sup>

Para além do seu elevado efeito tóxico, o V também foi relatado como inibidor do índice mitótico, o que subseqüentemente causa aberrações cromossómicas. A exposição oral de menos de 0,01 mg/kg/dia (nível de risco mínimo) demonstrou ter efeitos na saúde humana.<sup>5</sup> No entanto, o V é o ião menos libertado. O V não está presente na camada de óxido da superfície do Ti-6Al-4V. O Ti e o Al, estando presentes, são os iões metálicos com maior probabilidade de serem libertados da superfície do Ti-6Al-4V.<sup>9,22</sup>

Segundo *Alavi et al.* (2021), os iões libertados podem ser a causa do stress oxidativo, provocando danos não só nas células, mas também nas proteínas, nos lípidos e nos ácidos nucleicos.<sup>9</sup> Tudo isto pode conduzir ao cancro, provocando um stress oxidativo que danifica as células humanas.<sup>9</sup> O stress oxidativo parece afetar as proteínas, os lípidos e os ácidos nucleicos, provocando danos nos tecidos e a progressão do cancro.<sup>9</sup>

É igualmente importante notar que no seu estudo, *Alavi et al.* (2021), também observaram que os macrófagos que rodeavam MIs dentários falhados estavam carregados com Ti proveniente da corrosão.<sup>9</sup>

Todos estes estudos sublinham o facto de os iões metálicos poderem ser tóxicos para as células e os tecidos no ambiente adjacente aos MIs de Ti-6Al-4V. No entanto, parece que, para ter efeitos significativos, a dose de iões metálicos tem de ser bastante elevada. Na maioria dos estudos, contudo, verificou-se que doses mínimas de iões metálicos não causam efeitos adversos significativos que possam prejudicar a saúde do paciente.

No entanto, é importante escolher um colutório que liberte a menor dose possível de iões para evitar quaisquer efeitos nocivos que podem acontecer nos tecidos adjacentes e na saúde em geral.

## 5.6. Limitação

A maioria dos estudos encontrados, para a base da realização desta revisão sistemática, são estudos *in vitro*, não sendo realizados em pacientes. Os autores tentaram reproduzir condições tão próximas quanto possível do ambiente oral de um doente. No entanto, muitos fatores, tais como fatores individuais e a presença de saliva, não foram tidos em conta nos resultados apresentados.

Em apenas um estudo os autores agitaram regularmente os colutórios orais para obter a reprodutibilidade mais próxima possível. Poderia ser libertado mais metal, em ambiente real, devido à fluidez da saliva na boca e ao facto de as camadas de óxido serem removidas pela escovagem dentária.

O número de estudos é limitado. Dado o reduzido número de estudos efetuados sobre este tema, seria interessante realizar um estudo experimental em pacientes submetidos a tratamento ortodôntico com MIs de Ti-6Al-4V e utilizando um colutório com CHX e um colutório com flúor. O objetivo seria comparar os resultados obtidos com os da nossa revisão sistemática, de modo a obter uma ideia mais clara sobre qual o colutório mais eficaz, tanto para o tratamento como para a saúde do paciente.

## 5.7. Relevância clínica

Uma vez que os MIs ortodônticos são frequentemente utilizadas em tratamentos, o estudo da seleção de colutórios e do seu impacto na área de superfície dos MIs de liga Ti-6AL-4V é clinicamente relevante para um ortodontista. De facto, pode fornecer informações valiosas para compreender e limitar a libertação induzida de iões, prevenir a corrosão, gerir a inflamação e a infeção, e manter a estabilidade dos MIs ortodônticos.

É essencial que o ortodontista prescreva o colutório mais adequado para que não haja alterações na superfície dos MIs utilizados como auxiliares de tratamento nos pacientes.



## 6. Conclusão

Após a análise de vários estudos nesta revisão sistémica, podemos concluir que:

- 1) Os colutórios que contêm NaF não são colutórios de eleição comparativamente aos de CHX, uma vez que provocam maior corrosão dos MIs e libertam mais iões que podem ser prejudiciais para a saúde quando libertados em grandes quantidades e ser citotóxicos para as células dos tecidos adjacentes e saúde.

O NaF tem efeito positivo na redução do aparecimento de lesões de cárie e de mancha branca.

- 2) Os colutórios com CHX parecem alterar muito pouco a superfície dos MIs, sendo que a libertação de iões em contacto com a CHX parece ser mínima, permitindo diminuir o risco de citotoxicidade.

A CHX tem efeito positivo na diminuição do risco de inflamação/infeção após a colocação dos MIs ortodônticos.



## 7. Referências Bibliográficas

1. Johal A, Alyaqoobi I, Patel R, Cox S. The impact of orthodontic treatment on quality of life and self-esteem in adult patients. *Eur J Orthod*. 2015 Jun;37(3):233–7.
2. Alves CBC, Segurado MN, Dorta MCL, Dias FR, Lenza MG, Lenza MA, et al. Evaluation of cytotoxicity and corrosion resistance of orthodontic mini-implants. *Dent Press J Orthod*. 2016 Dec;21(5):39–46.
3. Mohammadi, A.; Moghaddam, S.F. Influence of perioperative chlorhexidine mouthwash regimen on immediate failure rate of orthodontic miniscrews. *Iran J Orthod* 2010, 5(3), 100-104.
4. Chang H, Tseng Y. Miniscrew implant applications in contemporary orthodontics. *Kaohsiung J Med Sci*. 2014 Mar;30(3):111–5.
5. Ananthanarayanan, V.; Padmanabhan, S.; Chitharanjan, A.B. A comparative evaluation of ion release from different commercially-available orthodontic mini-implants - an in-vitro study. *Aust Orthod J* 2016, 32, 165-174.
6. Kharadi L. Applications of mini-implants in orthodontics. *Int J Appl Dent Sci*. 1 avr 2021;7(2):558 60.
7. Capecchi D. The Principle of Action and Reaction According to Newton. *Encyclopedia*. 2023 Jun 8;3(2):705–20.
8. Utami WS, Anggani HS, Purbiati M. Cytotoxicity effect of orthodontic miniscrew-implant in different types of mouthwash: An in-vitro study. *J Orthod Sci*. 2022;11:5.
9. Alavi S, Ahmadvand A. Ions release evaluation and corrosion of titanium mini-implant surface in response to orthokin, oral B and chlorhexidine mouthwashes. *Dent Res J*. 2021;18:32.
10. Pavlic A, Perissinotto F, Turco G, Contardo L, Stjepan S. Do Chlorhexidine and Probiotics Solutions Provoke Corrosion of Orthodontic Mini-implants? An In Vitro Study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2019 Nov;34(6):1379–88.
11. Putri, A.S.; Anganni, H.S.; Ismaniati, N.A. Corrosion Resistance of Titanium Alloy Orthodontic Mini-implants Immersed in Chlorhexidine, Fluoride, and Chitosan Mouthwashes: an in-vitro Study. *J Int Dent Med Res* 2021;14(3):996-1002.
12. Sousa CA, Cordeiro JM, Silva AO, Barão VAR, Faverani LP, Assunção WG. Dynamic Action of

- Mouthwashes Affects the Electrochemical Behavior of Ti6Al4V Alloy. *J Bio- Tribo-Corros.* 2021 Dec;7(4):158.
13. Abboodi HH, Al-dabagh DJN. Analysis of two Different Types of Orthodontic Mini-Implants Immersed in Fluoridated Mouthwashes Using Scanning Electron Microscopy ( SEM ). *Int J Med Res Heal Sci.* 2018;7(6):23-31.
  14. James P, Worthington HV, Parnell C, Harding M, Lamont T, Cheung A, Whelton H, Riley P. Chlorhexidine mouthrinse as an adjunctive treatment for gingival health. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017 Mar 31;3(3):CD008676
  15. Faverani LP, Barao VAR, Pires MFA, Yuan JCC, Sukotjo C, Mathew MT, et al. Corrosion kinetics and topography analysis of Ti–6Al–4V alloy subjected to different mouthwash solutions. *Mater Sci Eng C.* 2014 Oct;43:1–10.
  16. Muguruma T, Iijima M, Brantley WA, Yuasa T, Kyung HM, Mizoguchi I. Effects of sodium fluoride mouth rinses on the torsional properties of miniscrew implants. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011 May;139(5):588–93.
  17. Kim KT, Eo MY, Nguyen TTH, Kim SM. General review of titanium toxicity. *Int J Implant Dent.* 2019 Dec;5(1):10.
  18. Wilk A, Szyplulska-Koziarska D, Wiszniewska B. The toxicity of vanadium on gastrointestinal, urinary and reproductive system, and its influence on fertility and fetuses malformations. *Postępy Hig Med Dośw.* 2017 Sep 25; 71(0):850–859.
  19. Inan-Eroglu E, Ayaz A. Is aluminum exposure a risk factor for neurological disorders? *J Res Med Sci.* 2018;23(1):51.
  20. Sterne JAC, Hernan MA, Reeves BC, Savovic J, Berkman ND, Viswanathan M et al. ROBINS-I: a tool for assessing risk of bias in non-randomised studies of interventions. *BMJ* 2016;355:i49.
  21. Curkovic HO, Ivanko M, Acev DP, Kamenar E, Badovinac IJ, Spalj S. Corrosion of Dental Alloys Used for Mini Implants in Simulated Oral Environment. *Int J Electrochem Sci.* 2021 Aug;16(8):21085.
  22. Abboodi, Hasanain & Jaafar, Dhiaa & Al-Dabagh, Nasir & Aldabagh, Dhiaa. Assessment of Metal Ions Re- leased from Orthodontic Mini-Implants in Fluoridated Mouthwashes. *Int J Med Res Heal Sci .* 2018;156-164.
  23. Huang GY, Jiang HB, Cha JY, Kim KM, Hwang CJ. The effect of fluoride-containing oral rinses

- on the corrosion resistance of titanium alloy (Ti-6Al-4V). *Korean J Orthod*. 2017 Sep;47(5):306–12.
24. Bocchetta P, Chen LY, Tardelli JDC, Reis ACD, Almeraya-Calderón F, Leo P. Passive Layers and Corrosion Resistance of Biomedical Ti-6Al-4V and  $\beta$ -Ti Alloys. *Coatings*. 2021 Apr 21;11(5):487.
25. Safiya Sana SS. Mini- Implant Materials: An Overview. *IOSR J Dent Med Sci*. 2013;7(2):15–20.
26. Hoque ME, Showva NN, Ahmed M, Rashid AB, Sadique SE, El-Bialy T, et al. Titanium and titanium alloys in dentistry: current trends, recent developments, and future prospects. *Heliyon*. 2022 Nov;8(11):e11300
27. Marin E, Lanzutti A. Biomedical Applications of Titanium Alloys: A Comprehensive Review. *Materials*. 2023 Dec 25;17(1):114.
28. House K, Sernetz F, Dymock D, Sandy JR, Ireland AJ. Corrosion of orthodontic appliances—should we care? *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008 Apr;133(4):584–92.
29. Knutson KJ, Berzins DW. Corrosion of orthodontic temporary anchorage devices. *Eur J Orthod*. 2013 Aug 1;35(4):500–6.
30. Brookes ZLS, Belfield LA, Ashworth A, Casas-Agustench P, Raja M, Pollard AJ, et al. Effects of chlorhexidine mouthwash on the oral microbiome. *J Dent*. 2021 Oct;113:103768.
31. Charoenpong H, Ritprajak P. Effect of metal ions released from orthodontic mini-implants on osteoclastogenesis. *Dent Med Probl*. 2021 Aug 27;58(3):327–33.



## 8. Anexos

### 8.1. PRISMA Checklist 2020

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
Title	1	<b>Avaliação do efeito dos colutórios nos mini-implantes de liga de titânio</b>	i
<b>ABSTRACT</b>			
Abstract	2	<p><b>Introdução:</b> Os mini-implantes ortodônticos (MIs), nomeadamente os de Ti-6Al-4V, são cada vez mais utilizados no ramo da ortodontia, proporcionando bons resultados de tratamento. Frequentemente, após a colocação dos MIs, os ortodontistas recorrem à prescrição de colutórios para evitar risco de infeção e garantir uma boa estabilidade, otimizando o resultado do tratamento final.</p> <p><b>Objetivo:</b> Esta revisão sistemática foi conduzida com o intuito analisar os efeitos do colutório de clorexidina (CHX) e do colutório de fluoreto de sódio (NaF) na superfície dos MIs de liga de titânio e analisar a citotoxicidade, a corrosão e a libertação de iões causada</p> <p><b>Matéria e métodos:</b> Foi efectuada uma pesquisa nas bases de dados <i>PubMed</i>, <i>Science Direct</i> e <i>Google Scholar</i> entre janeiro de 2008 e dezembro de 2023, utilizando as seguintes palavras-chave: <i>"dental implants"</i>, <i>"Orthodontic Anchorage Procedures"</i>, <i>"chlorhexidine"</i>, <i>"sodium fluoride"</i>, <i>"corrosion"</i> e <i>"ions"</i></p> <p><b>Resultados:</b> Foram selecionados, para realização desta revisão sistemática, 12 artigos em função dos critérios de inclusão e exclusão definidos</p> <p><b>Discussão:</b> O NaF parece ter efeitos mais negativos do que a CHX nos MIs, quer tendo em conta a quantidade de iões libertados, quer em termos da alteração da camada superficial, com maior corrosão e destruição da microestrutura superficial na maioria dos estudos.</p> <p><b>Conclusão:</b> Os colutórios com NaF alteram a camada superficial dos MIs causando corrosão e libertação de iões que podem ser citotóxicos. Os colutórios com CHX estão associados a bons resultados provocando uma alteração mínima da camada superficial e uma baixa libertação de iões na superfície dos MIs.</p> <p><b>Palavras-chaves:</b> <i>dental implants"</i>, <i>"Orthodontic Anchorage Procedures"</i>, <i>"chlorhexidine"</i>, <i>"sodium fluoride"</i>, <i>"corrosion"</i> e <i>"ions"</i></p>	ix-xi
<b>INTRODUCTION</b>			
Rationale	3	Para alguns tratamentos mais complexos, o uso de sistemas de ancoragem esquelética será mais apropriado com os mini implantes que são cada vez mais utilizados em ortodontia devido às suas muitas vantagens, incluindo o baixo custo e a facilidade de inserção e remoção cirúrgica. Os de liga de titânio (Ti6Al4V) com alumínio e titânio são muito utilizados, têm um módulo de elasticidade baixo e um elevado nível de resistência. No entanto, podem ocorrer complicações após a colocação de mini-implantes relacionadas com a inflamação e a infeção peri-implantar por causa de uma má higiene oral a nível do mini-implante por exemplo. Por conseguinte, pode recomenda-se a utilização de clorexidina ou também os colutórios de fluoreto de sódio. Apesar da sua utilização generalizada e eficácia como agentes antimicrobianos em medicina dentária, a clorexidina e o fluoreto de sódio são suscetíveis de causar alterações na superfície dos mini-implantes e na libertação de iões. Por conseguinte, é importante analisar o efeito destes colutórios nas propriedades dos mini-implantes ortodônticos, a fim de identificar aquele que proporciona uma função antimicrobiana sem alterar muito as características da superfície do implante dentário.	1
Objectives	4	Analisar os efeitos do colutório de clorexidina (CHX) e do colutório de fluoreto de sódio (NaF) na superfície dos MIs de liga de titânio e analisar a citotoxicidade, a corrosão e a libertação de iões causada	5

METHODS			
Eligibility criteria	5	Os critérios de inclusão correspondentes às perguntas do PICO foram: artigos completos e acessíveis, artigos relacionados ao tema e cujo resumo seja relevante, artigos publicados entre janeiro de 2008 e dezembro de 2023, estudos in vitro, estudos utilizando MIs ou discos de liga de titânio e artigos em português ou inglês.  Os critérios de exclusão foram: artigos não relacionados ao tema, artigos publicados antes de janeiro de 2008, artigos em outros idiomas que não inglês ou português, estudos excluindo MIs de titânio e estudos que não especificam a percentagem de CHX ou NaF.	8
Information sources	6	<i>Pubmed, Science direct e Google Scholar até dezembro 2023</i>	7
Search strategy	7	<i>dental implants”, “Orthodontic Anchorage Procedures”, “chlorhexidine”, “sodium fluoride”, “corrosion” e “ions”</i>	7
Selection process	8	<b>Seleção preliminar:</b> Foram realizadas pesquisas avançadas utilizando as palavras-chave acima referenciadas nas bases de dados com diferentes combinações. Após a aplicação dos critérios de inclusão e a remoção dos artigos duplicados usando a ferramenta <i>Zotero</i> <sup>®</sup> , foram selecionados 286 artigos. Foram aplicados os critérios de exclusão e uma análise preliminar dos títulos e resumos foi realizada para determinar se os artigos iam de encontro ao objetivo do estudo. <b>Seleção aprofundada:</b> Os estudos potencialmente elegíveis foram lidos na íntegra e avaliados. <b>Seleção final:</b> Foi concluída a avaliação completa dos artigos. Os dados foram extraídos e organizados em forma de tabela.	8-9
Data collection process	9	No total, trezentos e trinta e quatro foram inicialmente identificados e, depois de eliminados os duplicados, procedeu-se à análise do texto integral: 286 foram inicialmente seleccionados, duzentos e setenta foram excluídos com base nos critérios de exclusão, quatro artigos foram excluídos após leitura integral	11
Data items	10a	12 artigos relevantes foram selecionados para esta revisão sistemática.	11
	10b	<b>PICOS</b> <u>Population:</u> MIs ou discos de liga de titânio <u>Intervention:</u> Imersão dos MIs em colutórios ou dos discos em diferentes colutórios <u>Comparison:</u> Comparar as diferentes alterações da superfície de acordo com o colutório utilizado <u>Outcomes:</u> Analisar a citotoxicidade, a libertação de iões e a corrosão	7
Study risk of bias assessment	11	Baixo na maioria dos estudos segundo <i>Cochrane risk of bias for included studies a Cochrane’s risk of bias in non-randomized studies of interventions tool (ROBINS-I)</i> <sup>0</sup>	9
RESULTS			
Study selection	16a	<u>Identificação:</u> A pesquisa bibliográfica identificou um total de 334 artigos inicialmente selecionados, 48 foram excluídos por causa de duplicado. <u>Triagem:</u> 286 foram selecionados, 270 foram excluídos -> 16 foram selecionados consoante os critérios de elegibilidade e ao final da triagem, 12 artigos foram selecionados após leitura completa. <u>Incluídos:</u> 12 artigos ao total dos estudos incluídos na revisão. O processo de seleção dos artigos é ilustrado no diagrama de fluxo PRISMA. Os dados foram extraídos e organizados em forma de tabela com variáveis de estudo.	11

	16b	Foram selecionados artigos científicos publicados entre 2008 e dezembro de 2023, escritos em inglês e em português, que tratam dos mini-implantes de liga de titânio Ti-6Al-4V. Foram incluídos os: estudos in vitro, os artigos originais.	11
Study characteristics	17	Dos 12 artigos selecionados : os autores fazem uma imersão dos MIs ou discos de liga de titânio em diferentes tipos de colutórios e saliva artificial, a fim de avaliar e compreender os seus efeitos nos MIs.	11
Risk of bias in studies	18	Baixo na maioria dos estudos segundo <i>Cochrane risk of bias for included studies a Cochrane's risk of bias in non-randomized studies of interventions tool (ROBINS-I)</i> <sup>10</sup>	9
Results of individual studies	19	Tabela 4: Tabela dos resultados	12-18
Results of syntheses	20a	Tabela 4: Tabela dos resultados	12-18
	20b	Tabela 4: Tabela dos resultados	12-18
	20c	Tabela 4: Tabela dos resultados	12-18
	20d	Tabela 4: Tabela dos resultados	12-18
Reporting biases	21	A maioria dos estudos são estudos in vitro, que não são efetuados em doentes, aumentando assim o risco de viés.	
Certainty of evidence	22	A maioria dos autores descreve as limitações do seu estudo como o facto de não ter sido realizado em doentes, mas sim em condições tão próximas quanto possível da realidade.	
<b>DISCUSSION</b>			
Discussion	23a	A análise dos vários estudos mostra que o flúor parece ter efeitos mais negativos do que a CHX, quer em termos da quantidade de iões libertados, quer em termos da alteração da camada superficial, com maior corrosão e destruição da microestrutura superficial na maioria dos estudos.	21-33
	23b	Não existem muitos estudos que examinem o efeito dos colutórios de clorexidina e de fluoreto de sódio sobre os Mis Ti-6Al-4V em paciente. A maioria dos estudos são estudos in vitro com imersão dos Mis fora da boca. Então os resultados podem ser afetados pela ausência do ambiente oral, mesmo que os autores tenham reproduzido condições tão próximas quanto possível da realidade.	21-33
	23c	Os estudos foram selecionados apenas por uma pessoa, os artigos foram selecionados no intervalo de tempo 2008 até Dezembro 2023. Seria preferível efetuar uma pesquisa com um período de referência mais longo, de modo a incluir mais estudos que pudessem ser relevantes. No entanto, o objetivo da nossa revisão sistemática é examinar os dados mais recentes possíveis.	21-33
	23d	Dado o reduzido número de estudos efetuados sobre este tema, seria interessante realizar um estudo experimental em pacientes submetidos a tratamento ortodôntico com Mis Ti-6Al-4V e utilizando colutórios de clorexidina e colutórios fluoretados. O objetivo é comparar os resultados obtidos com os encontrados na nossa revisão sistemática de modo a ter uma visão mais precisa do colutório mais eficaz, tanto para o tratamento como para a saúde do paciente.	21-33
<b>OTHER INFORMATION</b>			
Registration and protocol	24a	Esta revisão sistemática foi registada no PROSPERO (CRD42024521845).	
	24b	Não foi preparado um protocolo.	

Support	25	Este trabalho não foi apoiado por nenhuma bolsa.	
Competing interests	26	Este trabalho não foi apoiado por nenhuma bolsa.	
Availability of data, code and other materials	27	Esta revisão sistemática foi publicada sob forma dum artigo disponível na revista <i>Scientific Letters</i> . DOI: <a href="https://doi.org/10.48797/sl.2024.123">https://doi.org/10.48797/sl.2024.123</a>	

**Tabela 6:** PRISMA checklist 2020

## 8.2. Diplomas e certificados 2023-2024



**XXIX CONGRESSO**  
SOCIEDADE PORTUGUESA DE  
**ORTODONTIA**

O **PODER** da Escolha

**CERTIFICADO**

Certificamos que,

**LAMIAE ES-SAMTI**

esteve presente no **XXIX Congresso da Sociedade Portuguesa de Ortodontia**, que decorreu nos dias 27 e 28 de outubro de 2023 no Centro de Congressos Taguspark, Lisboa.

Lisboa, 28 de outubro de 2023

*Helena Afonso Agostinho*      *Maria Cristina de Faria Teixeira*  
 Profa. Doutora Helena Afonso Agostinho      Dra. Maria Cristina de Faria Teixeira  
 Presidente da Sociedade Portuguesa de Ortodontia      Presidente do Congresso

Organização

 SOCIEDADE PORTUGUESA DE ORTODONTIA

 SOCIEDADE PORTUGUESA DE ORTODONTIA

**V Simpósio**  
**Ortodontia Digital**

**CERTIFICADO**

Lamiae Es-samti

Participou no **V SIMPÓSIO** da Sociedade Portuguesa de Ortodontia realizado no dia 16 de Março de 2024, no auditório da CESPU-INSTITUTO UNIVERSITÁRIO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE.

COMISSÃO ORGANIZADORA E CIENTÍFICA

*Primavera Sousa Santos*      *Helena Afonso Agostinho*  
 Prof. Doutora Primavera Sousa Santos      Prof. Doutora Helena Afonso Agostinho

 **CESPU** INSTITUTO UNIVERSITÁRIO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  **Ormco**   

