

# Liberação de níquel e cromo de braquetes metálicos utilizados para tratamento ortodôntico: estudo *in vitro*

Edelmira Diana Durand-Zea<sup>1</sup>  Tania Carola Padilla-Cáceres<sup>1</sup>  Juan Carlos Tuesta Hidalgo<sup>2</sup>  Nadia Rodríguez Hamamura<sup>3</sup>   
Roy Alexander Arévalo Pérez<sup>2</sup>  Gaelord Vladimir Huacasi-Supo<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Altiplano Puno – UNAP. Puno, Peru.

<sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas – UNAAA. Yurimaguas, Peru.

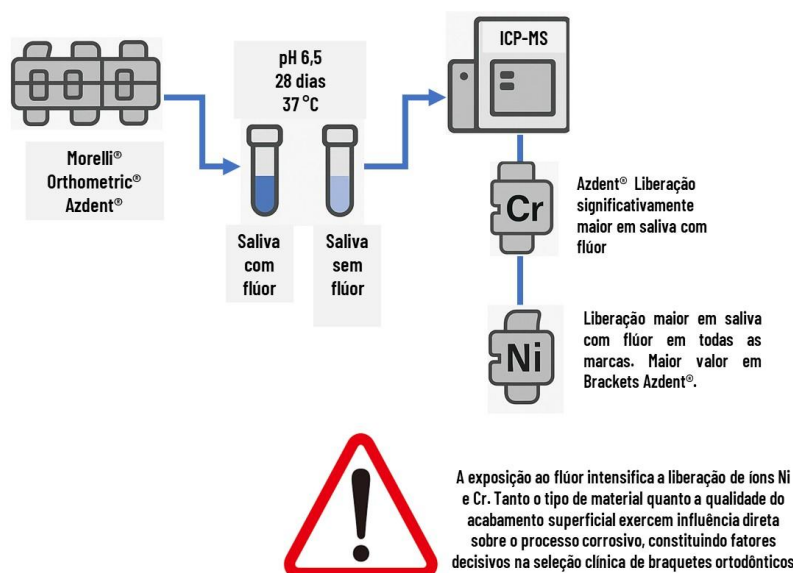
<sup>3</sup>Universidad Nacional de Ingeniería – UNI. Lima, Peru.

E-mail: tpadilla@unap.edu.pe

## Resumo Gráfico

### Highlights

- Existe uma grande procura pelo uso de brackets metálicos devido à alta prevalência de má oclusões dentárias.
- Os brackets de aço inoxidável são constituídos por Ni e Cr e outros elementos que podem libertar-se na cavidade oral.
- A libertação de íons de Ni e Cr é maior na presença de flúor.
- O níquel pode produzir hipersensibilidade do tipo IV, caracterizada principalmente por hipertrofia gengival, queilite angular e descamação.



## Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a liberação de íons níquel (Ni) e cromo (Cr) provenientes de *brackets* metálicos convencionais de diferentes marcas comerciais submetidos à saliva artificial com e sem flúor. Foram utilizados 600 *brackets* metálicos (Morelli®, Orthometric® e Azdent®), distribuídos aleatoriamente em um grupo experimental (saliva artificial com flúor) e um grupo controle (saliva artificial sem flúor), ambos mantidos em pH 6,5 e a 37 °C durante 28 dias. A liberação iônica de Ni e Cr foi determinada por espectrometria de massas com plasma acoplado indutivamente (ICP-MS). Os dados foram analisados por meio dos testes U de Mann-Whitney e Kruskal-Wallis. Os resultados mostraram que a liberação de íons Ni foi maior na presença de flúor em todas as marcas avaliadas, com tendência a valores mais elevados nos *brackets* Azdent® (383,36 µg/L). Em relação aos íons Cr, os *brackets* Azdent® apresentaram liberação significativamente maior em saliva com flúor (1,52 µg/L), enquanto nos grupos Morelli® e Orthometric® não foram observadas diferenças significativas. Ao comparar as três marcas em saliva artificial com flúor, todas apresentaram maior liberação iônica, sendo significativa nos *brackets* Azdent® ( $p < 0,05$ ). A exposição ao flúor aumenta a liberação de Ni e Cr, especialmente nos *brackets* Azdent®. O material e seu acabamento influenciam a corrosão, constituindo um fator chave na seleção clínica ortodôntica.

**Palavras-chave:** Brackets Metálicos. Íon Níquel. Íon Cromo. Flúor. pH Salivar.

**Editor de área:** Edison Barbieri  
Mundo Saúde. 2025;49:e17532025  
O Mundo da Saúde, São Paulo, SP, Brasil.  
<https://revistamundodasaude.emnuvens.com.br>

**Recebido:** 05 maio 2025.  
**Aprovado:** 18 novembro 2025.  
**Publicado:** 09 dezembro 2025.

## INTRODUÇÃO

A elevada demanda por *brackets* metálicos é consequência da alta prevalência de maloclusões na América Latina, estimada em 53%<sup>1,2</sup>. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), essas alterações constituem a terceira maior prevalência (70%) entre as doenças bucais no Peru<sup>3</sup>.

Os *brackets* de aço inoxidável são compostos principalmente por uma liga de Ni e Cr, além de outros elementos como ferro, molibdênio e carbono, que conferem propriedades como brilho, maleabilidade, resistência à corrosão e dureza<sup>4,5,6</sup>. Contudo, a exposição contínua ao meio bucal — caracterizado por variações de pH, temperatura, oxigênio e presença de flúor — pode alterar a camada passiva superficial do aço inoxidável e favorecer a liberação de íons metálicos<sup>4,5</sup>.

Relatos indicam que o Ni pode desencadear hipersensibilidade do tipo IV, manifestada por reações alérgicas tardias mediadas por linfócitos T em pacientes portadores de aparelhos ortodônticos metálicos<sup>7</sup>. Essa condição é caracterizada principalmente por hipertrofia gengival, queilite angular, descamação labial, eritema facial, irritação, prurido, eczema e dor. Concentrações elevadas de Ni podem ainda causar problemas respiratórios, como asma, além de náuseas, diarreia, vômitos ou cólicas, e afetar fígado e rins, motivo pelo qual sua liberação iônica possui implicações tanto locais quanto toxicológicas<sup>8,9</sup>.

A liberação de íons Ni e Cr ocorre a partir dos *brackets* metálicos, sendo ainda maior na presença de flúor<sup>10</sup>. Já foi demonstrado que concentrações não tóxicas podem ser suficientes para provocar alterações biológicas na mucosa oral<sup>11</sup>. A prevalência de hipersensibilidade ao níquel entre pacientes com aparelhos ortodônticos chega a 30%, ocorrendo mais frequentemente em mulheres jovens<sup>7,12</sup>.

A efetividade do tratamento ortodôntico também pode ser comprometida por alterações na re-

sistência ao desgaste e à fadiga do material<sup>13,14</sup>. A corrosão — resultante de reações químicas ou eletroquímicas entre o material e o meio — provoca modificações em suas propriedades e características<sup>15</sup>.

Além disso, as propriedades mecânicas de *brackets* e arcos ortodônticos podem ser afetadas pela exposição tópica a agentes fluorados, que promovem maior liberação de íons, especialmente sob flúor acidulado<sup>10</sup>. Tais modificações não apenas reduzem a durabilidade do dispositivo, mas também aumentam a fricção no deslizamento entre o arco e o slot do *bracket*, prejudicando a eficiência biomecânica do tratamento ortodôntico<sup>15,16,17</sup>.

Adicionalmente, enxaguantes e dentifrícios fluorados de baixo pH disponíveis no mercado podem reduzir a resistência à corrosão de ligas de aço inoxidável e titânio, aumentando a liberação de Ni e Cr, sobretudo quando combinados com a fricção mecânica gerada pelo aparelho<sup>9,18,19,20</sup>. Estudos mostram que *brackets* expostos a enxaguantes bucais fluoretados apresentam maior liberação de íons, especialmente Ni e Cr, recomendando-se cautela em seu uso<sup>21</sup>. Assim, torna-se essencial avaliar a biocompatibilidade e o comportamento corrosivo de diferentes marcas comerciais de *brackets*, particularmente sob condições que simulem a cavidade oral<sup>4</sup>.

Apesar da literatura existente sobre corrosão em materiais ortodônticos, ainda são escassos os estudos comparativos entre distintas marcas de *brackets* metálicos testadas sob condições experimentais controladas que reproduzam o ambiente bucal. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a liberação de íons Ni e Cr de *brackets* metálicos convencionais de três marcas comerciais, sob saliva artificial com e sem flúor, contribuindo para uma compreensão mais ampla do comportamento iônico e de seu impacto na prática clínica.

## METODOLOGIA

Foi realizado um estudo experimental descritivo in vitro para avaliar a liberação de íons Ni e Cr a partir de *brackets* metálicos convencionais submetidos a condições controladas de exposição à saliva artificial Fusayama-Meyer, com e sem flúor.

Foram utilizados 600 *brackets* metálicos de prescrição Roth, slot 0,022, pertencentes a três marcas comerciais: Morelli® (Brasil), Orthometric® (Brasil) e Azdent® (China). Cada lote foi composto por 200

*brackets*, distribuídos igualmente em dois grupos:

- Grupo 1 (controle): saliva artificial sem flúor.
- Grupo 2 (experimental): saliva artificial com flúor a 1000 ppm.

Foram colocados 20 *brackets* correspondentes a um kit ortodôntico completo (do segundo pré-molar direito ao segundo pré-molar esquerdo, em ambas as arcadas) em tubos de centrífuga estéreis de polipropileno de 15 ml (Samlip®).

Cada tubo continha 10 ml de saliva artificial Fusayama-Meyer, com pH 6,5, contendo ou não flúor (1000 ppm), conforme o grupo designado.

Ao todo, prepararam-se 15 tubos para o grupo experimental (saliva com flúor) e 15 tubos para o grupo controle (saliva sem flúor). As amostras foram mantidas a 37 °C durante 28 dias em câmara incubadora, sob condições controladas de temperatura e sem exposição à luz. Cada grupo incluiu 15 réplicas por marca.

Ao final do período de imersão, a liberação de íons Ni e Cr foi determinada por espectrometria de massas com plasma acoplado indutivamente (ICP-MS). Antes da análise, cada tubo foi homogeneizado e seu conteúdo pesado em balança microanalítica para assegurar consistência nas medições.

A concentração de 1000 ppm de flúor foi adotada porque a maioria dos dentifrícios comerciais e produtos de higiene oral de uso diário contém esse teor de flúor, reproduzindo condições clínicas de exposição contínua ao flúor, semelhantes às que ocorrem durante a higienização diária de pacientes em tratamento ortodôntico<sup>22</sup>.

#### **Procedimento para avaliar a concentração de liberação de íons de níquel e cromo**

Antes da avaliação, verificou-se que os *brackets* não apresentavam sinais visíveis de alteração ou deterioração. Todos foram inspecionados da mesma forma, pelo mesmo observador, com visão cromaticamente normal, utilizando um refletor com intensidade luminosa mínima de 1000 lx e distância inferior a 25 cm.

As superfícies dos *brackets* foram limpas em ultrassom por 2 minutos em etanol, lavadas com água e secas com ar comprimido livre de óleo ou água.

Para controle de contaminação, empregaram-se controles negativos (solução sem *brackets*) e pipetas automáticas com pontas filtradas. Todo o procedimento foi conduzido sob capela de exaustão para minimizar contaminação ambiental.

#### **Teste de imersão estática dos brackets ortodônticos**

Este procedimento foi realizado utilizando-se

as soluções preparadas de saliva Fusayama-Meyer: sem flúor para o grupo controle e com flúor a 1000 ppm para o grupo experimental. Utilizaram-se tubos descartáveis de polipropileno estéreis de 15 ml com tampa, contendo 10 ml da solução de saliva artificial com ou sem flúor, e em seguida foram inseridos os *brackets* correspondentes.

Todas as amostras foram mantidas a 37 °C, com pH 6,5 por 28 dias, em condições de mobilidade mínima. Ao término do período experimental, procedeu-se à observação e medição da liberação de íons Ni e Cr de cada amostra.

#### **Avaliação por espectrômetro de massas com plasma acoplado indutivamente (ICP-MS), marca thermo fisher scientific, modelo ICAP-RP**

Esta técnica apresenta alta sensibilidade e precisão para quantificar traços desses metais em soluções aquosas. No presente estudo *in vitro*, os *brackets* foram imersos em meio simulador do ambiente oral, como saliva artificial, sob temperatura e pH controlados. Alíquotas do meio foram coletadas para análise das concentrações liberadas de Ni e Cr.

O ICP-MS permite detectar concentrações extremamente baixas, até mesmo na faixa de partes por bilhão (ppb), graças à capacidade de ionização dos elementos em plasma de argônio em alta temperatura e sua separação conforme a razão massa/carga (*m/z*). A calibração do equipamento foi realizada com padrões de concentrações conhecidas de Ni e Cr e utilizou-se um padrão interno, como o índio (In), para corrigir potenciais variações instrumentais<sup>23</sup>.

Os dados foram registrados em matriz eletrônica e analisados no software IBM SPSS *Statistics* v.27. A normalidade dos dados foi verificada pelos testes de Shapiro-Wilk e Kolmogorov-Smirnov. Como as distribuições não foram normais, aplicaram-se testes não paramétricos U de Mann-Whitney (comparações intragrupos) e Kruskal-Wallis (comparações intergrupos). Relataram-se os valores de *p* para estimar a magnitude prática das diferenças observadas. O nível de significância foi estabelecido em *p* < 0,05.

## **RESULTADOS**

A análise da liberação de íons Ni por espectrometria de massas com plasma acoplado indutivamente (ICP-MS) mostrou, para a marca Azdent®, uma liberação média de Ni de 10,62 µg/L em saliva sem flúor e de 383,36 µg/L em saliva com flúor; a diferença foi estatisticamente significativa (*p* =

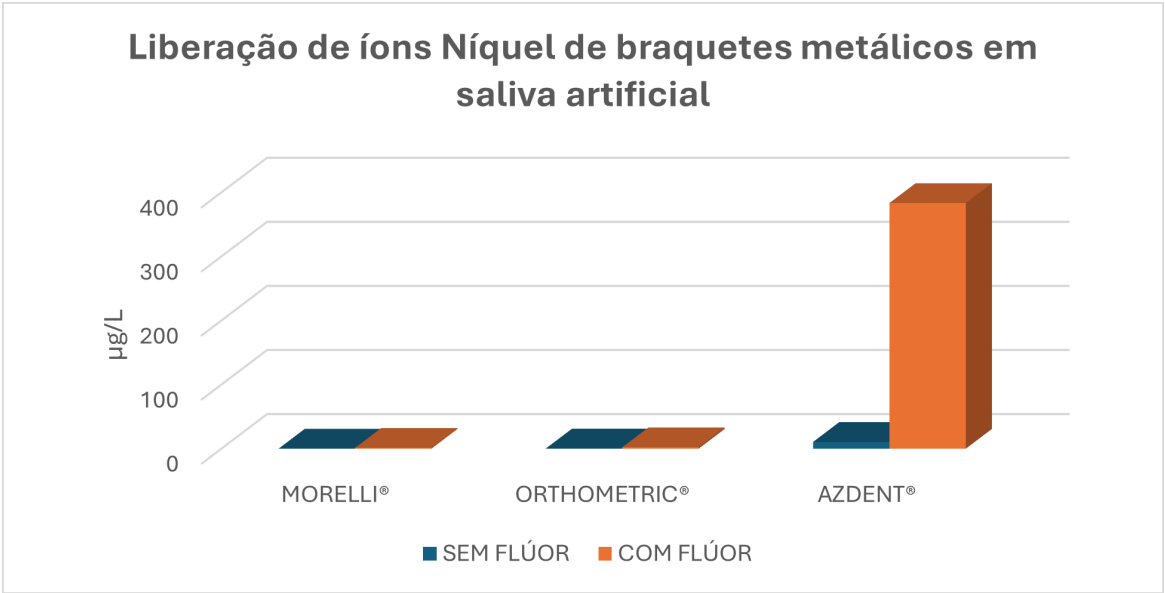
0,009). Na marca Morelli®, a média de Ni foi de 0,14 µg/L (sem flúor) versus 1,26 µg/L (com flúor), sem diferenças significativas (*p* = 0,841). Na Orthometric®, as médias foram de 0,34 µg/L (sem flúor) e 2,20 µg/L (com flúor), também sem diferenças significativas (*p* = 0,310). (Tabela 1), (Figura 1).

A comparação entre marcas por meio do teste Kruskal–Wallis evidenciou diferenças globais para a saliva sem flúor ( $p = 0,006$ ) e para a saliva com flúor ( $p = 0,005$ ), com Azdent® apresentando os valores mais elevados em ambos os casos. (Tabela 1), (Figura 1).

**Tabela 1** – Comparação da liberação de íons Ni de *brackets* metálicos em saliva artificial com e sem flúor. Puno, Peru; abril–maio de 2024.

BRACKETS	SEM FLÚOR	COM FLÚOR	p valor
	µg/L	µg/L	
MORELLI®	0,14 [0,00 – 0,50]	1,26 [0,00 – 5,90]	0,814
ORTHOMETRIC®	0,34 [0,00 – 0,50]	2,20 [0,00 – 7,40]	0,246
AZDENT®	10,62 [6,40 – 13,30]	383,36 [177,30 – 625,80]	0,009
	p = 0,006 (saliva sem flúor)	p = 0,005 (saliva com flúor)	

Fonte: Elaboração própria a partir de medições ICP-MS realizadas no Laboratório de Biotecnologia, Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas, Yurimaguas, Peru.  
Nota: Testes não paramétricos: intergrupos = Kruskal–Wallis; intragrupo = U de Mann–Whitney;  $\alpha = 0,05$ . Os valores são apresentados em µg/L.



**Figura 1** – Liberação de níquel (Ni) por marca (Morelli®, Orthometric®, Azdent®) em saliva artificial sem e com flúor (pH 6,5; 37 °C; 28 dias). São exibidos diagramas de barras. Na presença de flúor, os três grupos tendem a apresentar valores mais elevados de Ni; entretanto, o aumento foi significativo intragrupo apenas para Azdent® ( $p = 0,0095$ ); Morelli®:  $p = 0,814$ ; Orthometric®:  $p = 0,246$ . Na análise intergrupos com flúor, Azdent® apresentou as maiores concentrações (Kruskal–Wallis  $p = 0,005$ ), destacando sua maior liberação relativa.

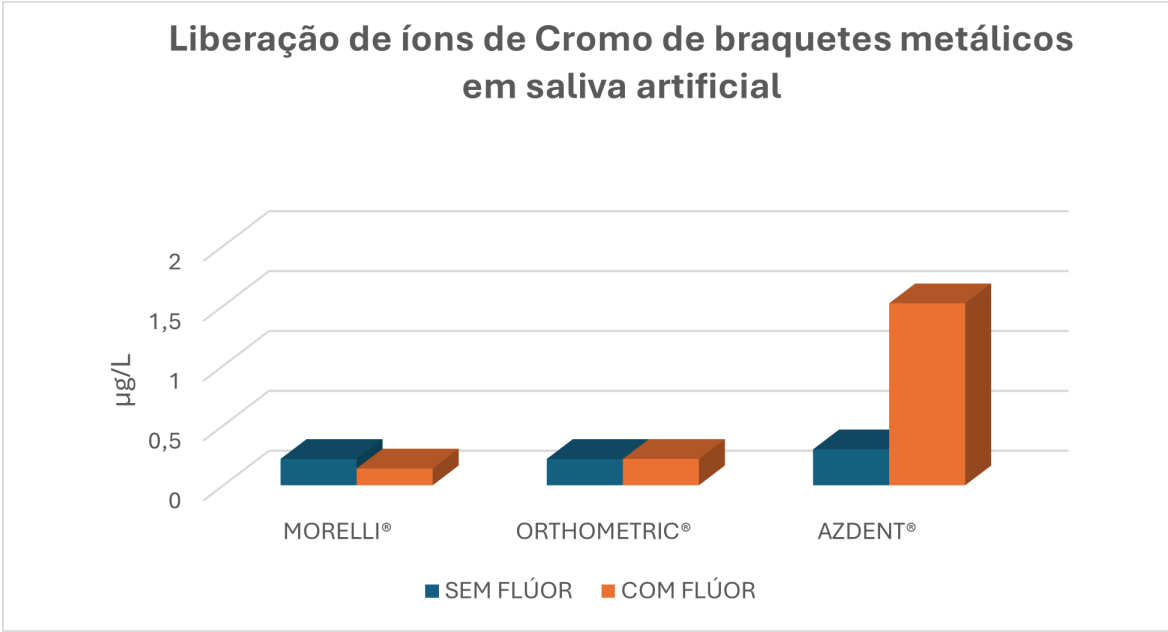
Na Tabela 2 e Figura 2, observam-se os resultados de liberação de íons Cr em saliva artificial com e sem flúor. Para os *brackets* Morelli® em saliva artificial sem flúor observou-se média de 0,22 µg/L, enquanto no grupo com flúor a média foi de 0,14 µg/L, havendo diferenças estatisticamente significativas ( $p = 0,042$ ). Em Orthometric®, ambos os grupos apresentaram média de 0,22 µg/L ( $p = 0,905$ ).

Para os *brackets* Azdent®, a saliva artificial sem flúor apresentou média de 0,30 µg/L e o grupo com flúor média de 1,52 µg/L, havendo diferenças estatisticamente significativas ( $p = 0,005$ ).  
A comparação entre marcas em saliva sem flúor por meio do teste Kruskal–Wallis evidenciou diferenças globais significativas em ambas as condições.

**Tabela 2** – Comparação da liberação de íons Cr de *brackets* metálicos em saliva artificial com e sem flúor. Puno, Peru; abril-maio de 2024.

BRACKETS	SEM FLÚOR	COM FLÚOR	p valor
	µg/L	µg/L	
MORELLI®	0,22 [0,20-0,30]	0,14 [0,10-0,20]	0,042
ORTHOMETRIC®	0,22 [0,20-0,30]	0,22 [0,10-0,30]	0,905
AZDENT®	0,30 [0,30-0,30]	1,52 [0,60-2,70]	0,005
	p=0,006	p=0,005	

Fonte: Elaboração própria a partir de medições por ICP-MS realizadas no Laboratório de Biotecnologia da Universidade Nacional Autônoma de Alto Amazonas, Yurimaguas, Peru.  
Nota: Testes não paramétricos: intergrupos – Kruskal-Wallis; intragrupo – Mann-Whitney;  $\alpha = 0,05$ . Valores expressos em µg/L.



**Figura 2** – Liberação de cromo (Cr) por marca (Morelli®, Orthometric®, Azdent®) em saliva artificial sem e com flúor (pH 6,5; 37 °C; 28 dias). São mostrados diagramas de barras. Na presença de flúor, o grupo Azdent® apresenta maior liberação de Cr ( $p = 0,005$ ); contudo, para Orthometric® não houve diferenças entre as condições ( $p = 0,905$ ) e para Morelli®:  $p = 0,042$ . Na análise intergrupos com flúor, Azdent® apresentou as maiores concentrações (Kruskal-Wallis  $p = 0,005$ ), destacando sua maior liberação relativa.

DISCUSSÃO

O fator mais importante na determinação da segurança biológica de uma liga metálica é a corrosão, que pode afetar a estética, a resistência e a biocompatibilidade<sup>24</sup>. A corrosão é uma reação eletroquímica entre materiais metálicos e os ambientes que os circundam. Na cavidade bucal, essa corrosão úmida ocorre pela liberação de íons metálicos positivos provenientes de ligas ortodônticas. Os principais produtos de corrosão dos *brackets* de aço inoxidável são ferro, cromo (Cr) e níquel (Ni)<sup>22</sup>. A liberação de íons de Ni e Cr pode ocorrer devido à presença de íons flúor existentes em dentifrícios e enxaguantes bucais; o flúor pode de-

gradar as superfícies de aço inoxidável, danificando a camada de óxido e promovendo a liberação de íons como Ni e Cr<sup>25</sup>.  
A resistência à corrosão dos metais depende da série galvânica de metais e ligas. Quanto mais eletro-negativo for o material, maior será sua propensão à corrosão<sup>19,26</sup>.  
A toxicidade sistêmica e local, bem como o poten-cial carcinogênico de uma liga, resultam dos elemen-tos liberados na boca durante o processo de corrosão; por isso, para a prática clínica devem ser preferidas ligas com elevada resistência à corrosão<sup>27</sup>.



Matusiewicz<sup>28</sup> enfatiza que diversos materiais dentários constituídos por ligas metálicas, como os *brackets* de aço inoxidável, são capazes de liberar uma variedade de íons na presença da saliva, sendo Ni, Cr, ferro, magnésio e cobre os mais relevantes. Neste estudo, a marca Azdent® apresentou os maiores valores de liberação iônica de Ni e Cr. Esse achado pode ser atribuído a diferenças na composição metalográfica da liga, a menor controle de pureza do aço inoxidável ou a um acabamento superficial menos homogêneo — fatores que aumentam a suscetibilidade à corrosão. Estudos anteriores corroboram essa interpretação, mostrando maior liberação de íons em marcas de menor custo ou com processos de manufatura menos controlados<sup>21,25</sup>. Da mesma forma, Wu *et al.*<sup>29</sup> destacam que a rugosidade superficial influencia diretamente a liberação de íons metálicos, devido ao aumento da área exposta ao meio corrosivo.

Com relação à liberação de íons Ni, observou-se que os *brackets* Morelli®, Orthometric® e Azdent® apresentaram maior liberação em saliva com flúor, sendo significativa nos *brackets* Azdent® ( $p > 0,005$ ). Para o íon Cr, verificou-se que os *brackets* Azdent® apresentaram diferenças significativas entre os grupos controle e experimental; em contraste, para a marca Orthometric® não foram observadas diferenças estatisticamente significativas. Esses achados coincidem com os de Yanisarapan<sup>25</sup>, que em 2018 observou que *brackets* e fios de aço inoxidável expostos a saliva artificial liberavam até 265,6 mg/L ( $\pm 27,9$  mg/L) de Ni, enquanto para Cr registrou valores de até 112,0 mg/L ( $\pm 10,9$  mg/L). No mesmo sentido, Tahmasbi comparou os produtos de corrosão galvânica em *brackets* e fios de quatro marcas (*Dentaurum*, *American Orthodontic*, ORJ e *Shinye*), expondo-os a um enxaguante bucal com fluoreto de sódio a 0,05% por 28 dias, encontrando que os íons Ni liberados foram significativamente maiores nas marcas *Shinye* e ORJ em comparação às demais<sup>21</sup>.

Os resultados deste estudo também concordam com os de Hajjar<sup>30</sup>, que avaliou a liberação de íons metálicos de *brackets* padrão e de baixo custo em pH 4,9 e 7,8 em saliva artificial Fusayama Meyer. As amostras foram analisadas aos 1, 14 e 28 dias por espectrometria de massas com plasma acoplado indutivamente, revelando maior liberação iônica em pH 7,8: para Cr ao dia 28 observou 2496,0 µg/L em *brackets* padrão e 3293,3 µg/L nos econômicos; para Ni, encontrou 1746,7 µg/L e 3240,0 µg/L, respectivamente. Kriswandini e Bagus<sup>22</sup>, em um estudo de revisão, observaram que imersões em saliva artificial por 30 dias em pH 6,8 e temperatura de 37 °C mostraram menor liberação de Cr em relação ao Ni — possivelmente porque a composição da liga contém menos Cr do que Ni.

A liberação excessiva de metais como Cr e Ni pode

causar alterações nas dimensões e forma do *bracket*, resultando em fragilidade estrutural e afetando a saúde humana, pois ambos pertencem ao grupo dos metais pesados capazes de provocar reações de hipersensibilidade do tipo IV<sup>31</sup>.

Amini, em um estudo de casos e controles, observou concentrações de íons Ni de  $18,5 \pm 13,5$  ng/mL em indivíduos com ortodontia fixa, com diferenças significativas em comparação aos controles. Para Cr, registrou  $2,6 \pm 1,6$  ng/mL no grupo experimental e  $2,2 \pm 1,6$  ng/mL no grupo controle ( $p < 0,005$ )<sup>32</sup>. Jurela avaliou a liberação iônica em *brackets* metálicos e não metálicos antes e após o tratamento ortodôntico, constatando que a liberação de Ni não diferiu significativamente entre os momentos nos *brackets* metálicos, mas para Cr houve diferença significativa ( $p = 0,004$ )<sup>33</sup>.

Schiff<sup>34</sup> investigou a influência do flúor presente em enxaguantes bucais sobre o risco de corrosão por acoplamento galvânico entre arcos e *brackets*, utilizando dois tipos de enxaguantes, um contendo fluoreto estânico e outro fluoreto de sódio. Observou que, no acoplamento *bracket*/fio, o íon Ni apresentou maior liberação — 109 µg/L em *brackets* contendo ligas de CoCr, seguido de *brackets* com FeCrNi (52 µg/L a 4,2 µg/L). Nahidh<sup>35</sup> conclui que a corrosividade do enxaguante depende da estrutura química do composto e que o processo de fabricação dos *brackets* é um dos principais responsáveis pela liberação iônica. Os perfis variáveis de liberação observados provavelmente refletem diferentes graus de passivação superficial dos *brackets*, dado que uma camada de passivação hermética impediria maior corrosão.

Tanto Cr quanto Ni podem ter efeitos tóxicos sobre a saúde humana, dependendo da forma química e da via de exposição. A inalação do cromo hexavalente Cr (VI) está associada a câncer de pulmão, nasal e de seios paranasais, e sua ingestão em água potável também levanta preocupações quanto ao risco de câncer gástrico<sup>2</sup>. A exposição ao Cr (VI) pode ainda causar irritação respiratória, ulceração nasal, asma, danos oculares e problemas cutâneos como dermatite alérgica e úlceras; em nível celular, é hematotóxico e genotóxico, afetando células sanguíneas e o DNA<sup>20</sup>. Em contraste, o Cr trivalente (Cr (III)) é considerado um oligoelemento essencial de baixa toxicidade, embora doses elevadas possam provocar distúrbios gastrointestinais e, raramente, danos renais e hepáticos<sup>19</sup>.

O Ni também apresenta riscos à saúde. A dermatite de contato é uma reação comum decorrente da exposição a objetos contendo esse metal. Sua inalação, especialmente em ambientes ocupacionais, associa-se a irritação respiratória, asma ocupacional, fibrose pulmonar e maior risco de câncer de pulmão e nasal<sup>32</sup>.

A exposição combinada a Cr e Ni, comum em de-

terminados ambientes industriais, pode gerar efeitos sinérgicos, aumentando o risco de genotoxicidade e carcinogenicidade. Assim, é essencial reduzir ao mínimo a exposição humana a ambos os metais<sup>36</sup>.

De acordo com a IARC (*International Agency for Research on Cancer*)<sup>37</sup>, certos compostos de níquel e as formas hexavalentes de cromo apresentam evidências de carcinogenicidade em humanos. No âmbito normativo odontológico, a ISO 10271 define métodos de ensaio para avaliação da corrosão de materiais metálicos, enquanto a ISO 22674 exige que, no ensaio de imersão estática, a liberação total de íons não ultra-

passse 200 µg/cm<sup>2</sup> em 7 dias<sup>38</sup> — critério utilizado para assegurar a resistência à corrosão. Quando expressos em unidades comparáveis por área, nossos resultados permanecem bem abaixo desse limite.

Portanto, embora a exposição ao flúor tenha aumentado a liberação de íons metálicos, os valores obtidos não configuram risco biológico significativo, desde que produtos fluorados sejam usados em concentrações clínicas usuais (≈1000 ppm). Ainda assim, recomenda-se cautela em pacientes com alergia conhecida a metais, optando por *brackets* alternativos como os de titânio ou cerâmica.

**Tabela 3** – Estudos comparativos sobre a liberação de íons metálicos (Ni e Cr) em *brackets* ortodônticos de aço inoxidável.

Estudo (Autor, ano)	Desenho / Modelo	Materiais / Marcas	Meio / Condições	Íons avaliados	Resultado (unidades)	Achado principal
Yanisarapan et al., 2018 <sup>25</sup> ( <i>Orthodontic Waves</i> )	<i>In vitro</i>	<i>Brackets</i> e arcos de aço inoxidável	Saliva artificial; produtos com flúor	Ni, Cr	Ni até 265,6 mg/L (±27,9); Cr até 112,0 mg/L (±10,9)	O flúor incrementa a liberação de Ni e Cr; níveis elevados em condições com produtos fluorados
Tahmasbi et al., 2015 <sup>21</sup> ( <i>J Dent Res Dent Clin Dent Prospects</i> )	<i>In vitro</i> ; 28 dias	<i>Brackets</i> e arcos (Dentaurum, American Orthodontics, ORJ, Shinye)	Enxaguante com NaF 0,05% por 28 dias	Ni (principal)	Ni significativamente maior nas marcas Shinye e ORJ (vs. demais)	Diferenças entre marcas; o NaF potencializa a corrosão galvânica e a liberação de Ni
Hajjar et al., 2021 <sup>30</sup> (IMJM)	<i>In vitro</i> ; 1, 14 e 28 dias; ICP-MS	<i>Brackets</i> padrão vs. de baixo custo	Saliva artificial Fussyama-Meyer; pH 4,9 vs. 7,8	Ni, Cr	Dia 28: Cr 2496,0 µg/L (padrão) vs. 3293,3 µg/L (econômico); Ni 1746,7 µg/L vs. 3240,0 µg/L	Maior liberação em pH 7,8; marcas econômicas liberam mais íons
Kriswandini & Bagus, 2024 <sup>22</sup> ( <i>Indo-nesian J Dent Med</i> )	Exposição prolongada (30 dias)	<i>Brackets</i> de aço inoxidável	Saliva artificial; pH 6,8; 37 °C; exposição a dentifríco de uso comum	Ni, Cr	Cr < Ni (sem valores exatos reportados no texto fornecido)	A liberação de Cr foi menor que a de Ni; possível relação com composição da liga
Schiff et al., 2006 <sup>34</sup> ( <i>Eur J Orthod</i> )	<i>In vitro</i> ; acoplamento galvânico	<i>Brackets</i> e arcos (aleações CoCr e FeCrNi)	Enxaguantes com fluoreto estano e NaF	Ni (principal)	Ni até 109 µg/L (CoCr); 52–4,2 µg/L (FeCrNi)	O tipo de aleação e o enxaguante influenciam a liberação; maior com aleações CoCr
Amini et al., 2012 <sup>32</sup> ( <i>Eur J Orthod</i> )	<i>In vivo</i> ; casos e controles	Aparelho ortodôntico fixo	Pacientes vs. controles	Ni, Cr (em fluidos biológicos)	Ni: 18,5 ± 13,5 ng/mL (pacientes); Cr: 2,6 ± 1,6 ng/mL (pacientes) vs. 2,2 ± 1,6 ng/mL (controles); p < 0,005	Maior Ni em usuários de aparatologia fixa; diferença significativa
Jurela et al., 2018 <sup>33</sup> ( <i>Acta Stomatol Croat</i> )	<i>In vivo</i> ; pré vs. pós-tratamento	<i>Brackets</i> metálicos e cerâmicos	Pacientes antes e depois do tratamento	Ni, Cr	Ni: sem diferenças significativas; Cr: diferença significativa (p = 0,004)	O Cr aumenta após o tratamento em certas condições; Ni não apresenta variação significativa

continua...

Estudo (Autor, ano)	Diseño / Modelo	Materiales/Marcas	Medio / Condiciones	Iones evaluados	Resultado (unidades)	Hallazgo principal
Nahidh <i>et al.</i> , 2018 <sup>35</sup> ( <i>J Contemp Dent Pract</i> )	In vitro	Três tipos de brackets	Diferentes enxaguantes bucais	Ni, Cr	Liberação variável segundo o enxaguante (sem valores exatos no texto fornecido)	A corrosividade depende da estrutura química do enxaguante e do processo de fabricação; passivação superficial é determinante
Matusiewicz, 2023 <sup>28</sup> ( <i>World J Adv Res Rev</i> )	Revisão (in vitro e in vivo)	Aparelhos e ligas metálicas	Presença de saliva	Ni, Cr, Fe, Mg, Cu (entre outros)	—	Dispositivos liberam múltiplos íons em saliva; Ni e Cr entre os mais relevantes
Wu <i>et al.</i> , 2024 <sup>29</sup> ( <i>Technology and Health Care</i> )	Experimental (foco em fricção)	Bracket estético (PEEK) vs. aço inoxidável (referência)	—	— (do texto: relação indireta)	—	Maior rugosidade superficial associa-se a maior liberação iônica devido ao aumento da área exposta

CONCLUSÕES

Ao comparar as três marcas de brackets metálicos (Morelli®, Orthometric® e Azdent®), observou-se maior liberação de íons Ni em saliva artificial com flúor em todas elas; entretanto, essa diferença foi estatisticamente significativa apenas nos *brackets* Azdent®.

Para o Cr, os *brackets* Azdent® também apresentaram liberação significativamente superior, enquanto Orthometric® mostrou aumento não significativo. Contrariamente ao esperado, os *brackets* Morelli® exibiram menor liberação de Cr na presença de flúor, o que pode estar associado a diferenças na composição da liga, no processo de passivação ou no acabamento superficial durante a manufatura.

De forma geral, todos os valores obtidos permaneceram abaixo dos limites considerados biologicamente seguros, sugerindo que o uso rotineiro de produtos fluorados em concentrações aproximadas de 1000 ppm não representa risco clínico relevan-

te quanto à liberação de metais. Contudo, é fundamental manter vigilância contínua e uma seleção criteriosa de materiais ortodônticos, priorizando aqueles com maior resistência à corrosão e menor potencial alergênico, especialmente em pacientes com histórico de hipersensibilidade a metais.

Este estudo apresenta limitações inerentes ao desenho in vitro, uma vez que foram utilizados kits completos de 20 *brackets* com diferentes morfologias e massas metálicas. Além disso, não foram incluídos fatores biológicos como microbiota, fluxo salivar ou forças mastigatórias, que podem alterar os padrões de liberação iônica observados.

Investigações futuras devem avaliar a influência de variações de pH, a presença de enzimas salivares e comparações com *brackets* de cerâmica, titânio ou outras ligas biocompatíveis, sob condições controladas que reproduzam mais fielmente o ambiente clínico real.

Declaração do autor CRediT

Conceitualização: Duran-Zea, E; Padilla-Cáceres, T. Metodologia: Duran-Zea, E; Padilla-Cáceres, T; Huacasi-Supo, G. Validação: Padilla-Cáceres, T; Huacasi-Supo, G. Análise estatística: Duran-Zea, E; Huacasi-Supo, G. Análise formal: Duran-Zea, E; Padilla-Cáceres, T; Huacasi-Supo, G; Tuesta, J; Rodríguez, N; Arévalo, R. Investigação: Duran-Zea, E; Tuesta, J; Rodríguez, N; Arévalo, R. Recursos: Duran-Zea, E. Redação – preparação do rascunho original: Duran-Zea, E; Padilla-Cáceres, T. Redação – revisão e edição: Duran-Zea, E; Padilla-Cáceres, T; Huacasi-Supo, G; Tuesta, J; Rodríguez, N; Arévalo, R. Visualização: Duran-Zea, E; Padilla-Cáceres, T; Huacasi-Supo, G. Supervisão: Duran-Zea, E; Padilla-Cáceres, T; Huacasi-Supo, G; Tuesta, J; Rodríguez, N; Arévalo, R. Administração do projeto: Duran-Zea, E; Tuesta, J; Rodríguez, N; Arévalo, R.

Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Declaração de conflito de interesse

Os autores declaram que não têm interesses financeiros concorrentes ou relações pessoais conhecidas que possam ter influenciado o trabalho relatado neste artigo.



## REFERÊNCIAS

1. Cheng YH, Liao Y, Chen DY, Wang Y, Wu Y (2019) Prevalence of dental caries and its association with body mass index among school-age children in Shenzhen, China. *BMC Oral Health*. <https://doi.org/10.1186/s12903-019-0950-y>
2. Lombardo G, Vena F, Negri P, Pagano S, Barilotti C, Paglia L, Colombo S, Orso M, Cianetti S (2020) Worldwide prevalence of malocclusion in the different stages of dentition: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Paediatr Dent* 21:115–122. <https://doi.org/10.23804/ejpd.2020.21.02.05>.
3. Castillo AA Del, Mattos-Vela MA, Castillo RA Del, Castillo-Mendoza C Del (2011) Malocclusions in children and adolescents from villages and native communities in the ucajali amazon region in peru. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* 28:87–91. <https://doi.org/10.1590/S1726-46342011000100014>.
4. Mundhada V V, Jadhav V V, Reche A (2023) A Review on Orthodontic Brackets and Their Application in Clinical Orthodontics. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.46615>
5. Triwardhani A, Amanda YA, Hamid T, Nugraha AP, Stevenhie L, Hariati IVD (2023) Biocompatibility Stainless Steel Brackets with Nickel and Chromium Ions: A Scoping Review. *Res J Pharm Technol* 16:3251–3256. <https://doi.org/10.52711/0974-360X.2023.00534>.
6. Rasool N, Veena K, Parson P, Anjali N (2023) Comparative evaluation of Nickel and Chromium release from three different metal brackets in artificial saliva. *International Journal of Current Research*. <https://doi.org/10.24941/ijcr.44894.03.2023>
7. Amato A, Martina S, De Benedetto G, Michelotti A, Amato M, Di Spirito F (2025) Hypersensitivity in Orthodontics: A Systematic Review of Oral and Extra-Oral Reactions. *J Clin Med* 14:4766. <https://doi.org/10.3390/jcm14134766>.
8. Kolokitha OE, Chatzistavrou E (2009) A severe reaction to Ni-containing orthodontic appliances. *Angle Orthodontist* 79:186–192. <https://doi.org/10.2319/111507-531.1>.
9. Houb-Dine A, Bahije L, Zaoui F (2018) Fluoride induced corrosion affecting Titanium brackets: A systematic review. <https://doi.org/10.1016/j.ortho.2018.09.003>.
10. Khanloghi M, Sheikhzadeh S, Khafri S, Mirzaie M (2023) Frontiers in Dentistry Effect of Different Forms of Fluoride Application on Surface Roughness of Rhodium-Coated NiTi Orthodontic Wires: A Clinical Trial. *Front Dent*. <https://doi.org/doi:10.18502/fid.v20i13.12660>
11. Durgo K, Orešić S, Rinčić Mlinarić M, Fiket Ž, Jurešić GČ (2023) Toxicity of Metal Ions Released from a Fixed Orthodontic Appliance to Gastrointestinal Tract Cell Lines. *Int J Mol Sci*. <https://doi.org/10.3390/ijms24129940>
12. Di Spirito F, Amato A, Di Palo MP, Ferraro R, Cannatà D, Galdi M, Sacco E, Amato M (2024) Oral and Extra-Oral Manifestations of Hypersensitivity Reactions in Orthodontics: A Comprehensive Review. *J Funct Biomater*. <https://doi.org/10.3390/jfb15070175>
13. Velazco G, Ortiz R, Yopez J (2008) Corrosión por picadura en aleaciones de níquel-cromo (Ni-Cr) utilizadas en odontología. *Revista Odontologica de los Andes* 4:23–30
14. Karadede B (2025) Metals Used in Orthodontics and Their Side Effects. *Journal of Oral Medicine and Dental Research* 6:6–1. [https://doi.org/10.52793/JOMDR.2025.6\(1\)-84](https://doi.org/10.52793/JOMDR.2025.6(1)-84)
15. Mejía-Carrillo CR, Gutiérrez-Rojo JF (2020) Corrosión de los metales en ortodoncia. *Rev Tamé* 9:1037-1039.
16. Xu Y, Li Y, Chen T, Dong C, Zhang K, Bao X (2024) A short review of medical-grade stainless steel: Corrosion resistance and novel techniques. *Journal of Materials Research and Technology* 29:2788–2798. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2024.01.240>.
17. Alvarado-Gámez A, Blanco-Sáenz R, Mora-Morales E (2002) El cromo como elemento esencial en los humanos. *Rev Costarric Cienc Med* 23:55–68
18. Huang GY, Jiang HB, Cha JY, Kim KM, Hwang CJ (2017) The effect of fluoride-containing oral rinses on the corrosion resistance of titanium alloy (Ti-6Al-4V). *Korean J Orthod* 47:306–312
19. Nayak RS, Shafiuddin B, Pasha A, Vinay K, Narayan A, Shetty S V (2015) Comparison of Galvanic Currents Generated Between Different Combinations of Orthodontic Brackets and Archwires Using Potentiostat: An In Vitro Study. *Journal of International Oral Health* 7:29–35. PMID: PMC4513772 PMID: 26229367.
20. Gözl L, Knickenberg AC, Keilig L, Reimann S, Papageorgiou SN, Jäger A, Bourauel C (2016) Nickelionenkonzentration im Speichel von Patienten mit selbstligierenden festsitzenden Apparaturen: Eine prospektive Kohortenstudie. *Journal of Orofacial Orthopedics* 77:85–93. <https://doi.org/10.1007/s00056-016-0012-x>
21. Tahmasbi S, Ghorbani M, Masudrad M (2015) Galvanic Corrosion of and Ion Release from Various Orthodontic Brackets and Wires in a Fluoride-containing Mouthwash. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects* 9:159–165. <https://doi.org/10.1517/joddd.2015.030>.
22. Kriswandini IL, Bagus API (2024) Release of nickel and chromium ions from stainless steel brackets as a result of long-term exposure to commonly used toothpaste. *Indonesian Journal of Dental Medicine* 7:35–39. <https://doi.org/10.20473/ijdm.v7i1.2024.35-39>
23. Mikulewicz M, Chojnacka K, Woźniak B, Downarowicz P (2012) Release of metal ions from orthodontic appliances: An in vitro study. *Biol Trace Elem Res* 146:272–280. <https://doi.org/10.1007/s12011-011-9233-4>
24. Wataha J (2000) Biocompatibility of dental casting alloys: a review. *Review J Prosthet Dent* 83:223–34. [https://doi.org/10.1016/s0022-3913\(00\)80016-5](https://doi.org/10.1016/s0022-3913(00)80016-5)
25. Yanisarapan T, Thunyakitpisal P, Chantarawatit P (2018) Corrosion of metal orthodontic brackets and archwires caused by fluoride-containing products: Cytotoxicity, metal ion release and surface roughness. *Orthodontic Waves* 77:78–89. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2020.03.035>
26. Salazar-Jiménez J (2015) Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales. *Tecnología en Marcha* 28:128–136. <https://doi.org/10.18845/tm.v28i3.2417>
27. Giraldo O (2004) Metales y aleaciones en odontología. *Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia* 15:53–62. ISSN 0121-246X, ISSN-e 2145-7670.
28. Matusiewicz H (2023) Potential release of trace metal ions from metallic orthodontic appliances and dental metal implants: A Review of in vitro and in vivo experimental studies. *World Journal of Advanced Research and Reviews* 19:032–090. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2023.19.2.1404>
29. Wu J, Wang X, Jiang J, Bai Y (2024) Fabrication of a novel aesthetic orthodontic bracket and evaluation of friction properties between PEEK and stainless steel wires. *Technology and Health Care* 32:269–278. <https://doi.org/10.3233/THC-230001>
30. Hajjar SN, Syahmi MM, Muaz MA, Hajjar Nasir S, Sultan Ahmad Shah J (2021) Metal Release of Standard and Fake Orthodontic Braces: An In Vitro Study. *IMJM* 20:75–80. <https://doi.org/10.31436/imjm.v20i2.1707>
31. Bagus Narmada I, Jaddiyya Farha N, Dwi Virgianti I, Pramita Larasati P, Patera Nugraha A, Natasha Eleena binti Tengku Ahmad Noor T (2023) Liberación de iones de níquel y cromo de brackets de ortodoncia de acero inoxidable: una revisión. *Investigación J Pharm y Tech* 16:4935-4942. <https://doi.org/10.52711/0974-360X.2023.00800>
32. Amini F, Jafari A, Amini P, Sepasi S (2012) Metal ion release from fixed orthodontic appliances - An in vivo study. *Eur J Orthod* 34:126–130. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjq181>
33. Jurela A, Verzak Ž, Brailo V, Škrinjar I, Sudarević K, Janković B (2018) Elektroliti u slini pacijenata s metalnim i keramičkim ortodontskim bravicama. *Acta Stomatol Croat* 52:32–36. <https://doi.org/10.15644/asc52/1/5>

- 
34. Schiff N, Boinet M, Morgon L, Lissac M, Dalard F, Grosogeat B (2006) Galvanic corrosion between orthodontic wires and brackets in fluoride mouthwashes. *Eur J Orthod* 28:298–304. . <https://doi.org/10.1093/ejo/cji102>
35. Nahidh M, Garma NMH, Jasim ES (2018) Assessment of ions released from three types of orthodontic brackets immersed in different mouthwashes: An in vitro study. *Journal of Contemporary Dental Practice* 19:73–80. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10024-2214>
36. Alvarez CC, Bravo Gómez ME, Hernández Zavala A (2021) Hexavalent chromium: Regulation and health effects. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2021.126729>.
37. International Programme on Chemical Safety (IPCS) (1990) International Agency for Research on Cancer.
38. Haugli KH, Syverud M, Samuelsen JT (2020) Ion release from three different dental alloys–effect of dynamic loading and toxicity of released elements. *Biomater Investig Dent* 7:71–79. <https://doi.org/10.1080/26415275.2020.1747471>.
- 

**Como citar este artigo:** Durand-Zea, E.D., Padilla-Cáceres, T.C., Hidalgo, J.C.T., Hamamura, N.R., Pérez, R.A.A., Huacasi-Supo, G.V. (2025). Liberação de níquel e cromo de braquetes metálicos utilizados para tratamento ortodôntico: estudo *in vitro*. *O Mundo Da Saúde*, 49. <https://doi.org/10.15343/0104-7809.202549e17532025P>. *Mundo Saúde*. 2025,49:e17532025.