

Matheus Melo **PITHON**^{1,2} ✉

 <https://orcid.org/0000-0002-8418-4139>

Enviado em: 01 de setembro de 2021 • Revisado e aceito: 16 de setembro de 2021

✉ matheuspithon@gmail.com

EXTRAÇÕES ASSIMÉTRICAS FAVORECEM O AUMENTO DE ESPAÇOS PARA ERUPÇÃO DOS TERCEIROS MOLARES

Ao longo dos anos, os terceiros molares têm sido vistos como vilões. Sua extração precoce tem se tornado protocolo de tratamento para muitos profissionais desavisados da sua importância. O terceiro molar pode ser considerado um “dente de reserva” quando algum dente posterior venha a faltar. Alguns estudos publicados dedicaram-se a avaliar o espaço disponível para erupção dos terceiros molares na presença das mais diversas más oclusões. No entanto, nenhum estudo até o presente momento tinha se preocupado em avaliar como ficaria esse espaço após o tratamento da má oclusão de Classe II com extrações assimétricas. Com o intuito de preencher essa lacuna da literatura, um grupo de pesquisadores brasileiros, capitaneados pelo saudoso Dr. Guilherme Janson, desenvolveu um estudo¹ que teve como objetivo avaliar as mudanças na angulação dos terceiros

(1) Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Departamento de Saúde I (Jequié/BA, Brasil). (2) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de pós-graduação em Odontopediatria e Ortodontia (Rio de Janeiro/RJ, Brasil).

molares e o espaço disponível após o tratamento da má oclusão de Classe II com subdivisão tratada com extrações assimétricas de pré-molares. Para tal, usou-se uma amostra composta por 53 pacientes, divididos em: grupo 1, com má oclusão de Classe II, subdivisão, tipo 1; e grupo 2, com má oclusão de Classe II, subdivisão, tipo 2. No grupo 1, foram realizadas extrações nos dois quadrantes superiores e no quadrante inferior do lado de Classe II, em 37 pacientes. No grupo 2, foi realizada extração apenas no quadrante superior do lado de Classe II, em 25 pacientes. Radiografias panorâmicas foram usadas para avaliar as angulações dos terceiros molares e o espaço disponível para sua erupção, antes e depois do tratamento (Fig. 1). Os resultados do estudo demonstraram que ambos os grupos apresentaram melhor angulação e espaço disponível significativamente maior para a erupção dos terceiros molares nos quadrantes de extração, quando comparados aos quadrantes homólogos sem extração.

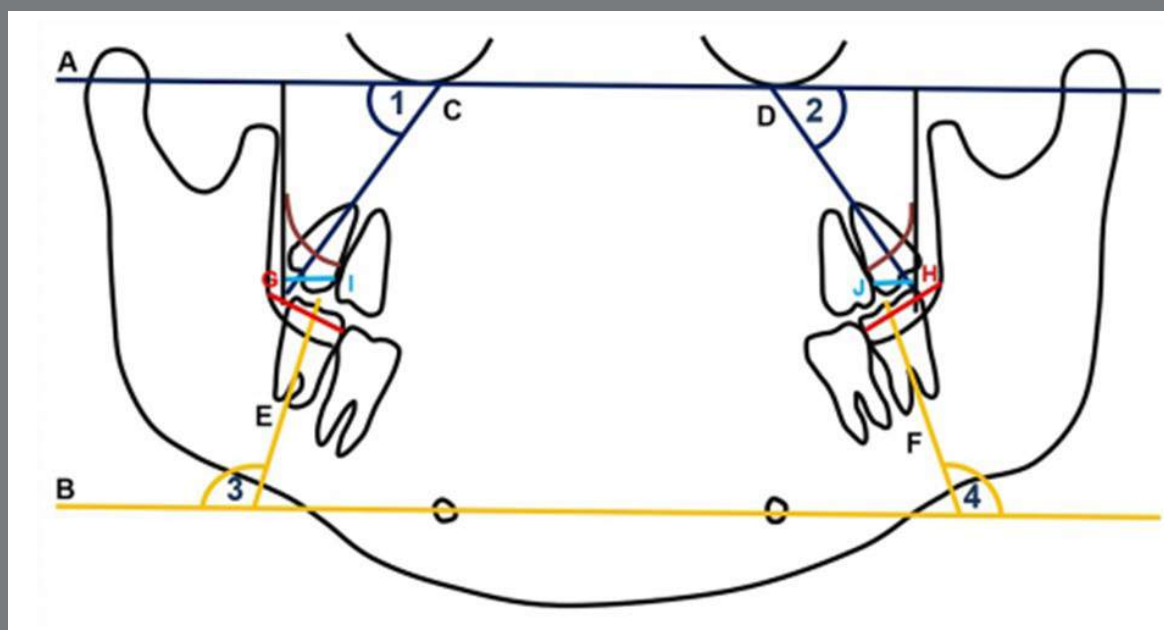


Figura 1: Linhas de referência e variáveis cefalométricas avaliadas nas radiografias panorâmicas. Fonte: Janson et al.¹, 2021.

PARA EXPANDIR A MAXILA COM A MENOR REABSORÇÃO RADICULAR POSSÍVEL, O EXPANSOR APOIADO EM MINI-IMPLANTES É A SOLUÇÃO

A expansão rápida da maxila é considerada padrão-ouro quando se pensa no tratamento de problemas transversos da maxila. Essa técnica de tratamento envolve a aplicação de forças pesadas sobre os dentes e estruturas de suporte, a fim de expandir a maxila, corrigindo o problema transverso. Vários são os dispositivos desenvolvidos ao longo da história com esse propósito, desde o clássico expensor de Haas, passando pelo Hyrax, os encapsulados e os apoiados em mini-implantes. Um efeito indesejável comum quando do uso desses dispositivos é um certo grau de reabsorção nos dentes de apoio. Até o presente momento, não havia evidências a respeito do grau de reabsorção radicular dos diferentes tipos de expansores. Com o objetivo de elucidar essa questão, pesquisadores turcos desenvolveram um estudo² que avaliou o volume, a localização e a quantidade de reabsorção radicular nos primeiros pré-molares superiores, usando tomografia (micro-CT), após a expansão com quatro diferentes expansores maxilares (Fig. 2). Para essa avaliação, foram recrutados 20 pacientes que necessitavam de expansão rápida da maxila e de extração dos primeiros pré-molares superiores. Os resultados do estudo fizeram os autores concluir que todos os aparelhos de expansão causam reabsorção radicular, com áreas de reabsorção geralmente concentradas na superfície vestibular. No entanto, os autores salientam que o aparelho expensor apoiado em mini-implantes causa menor reabsorção radicular do que outros aparelhos convencionais.

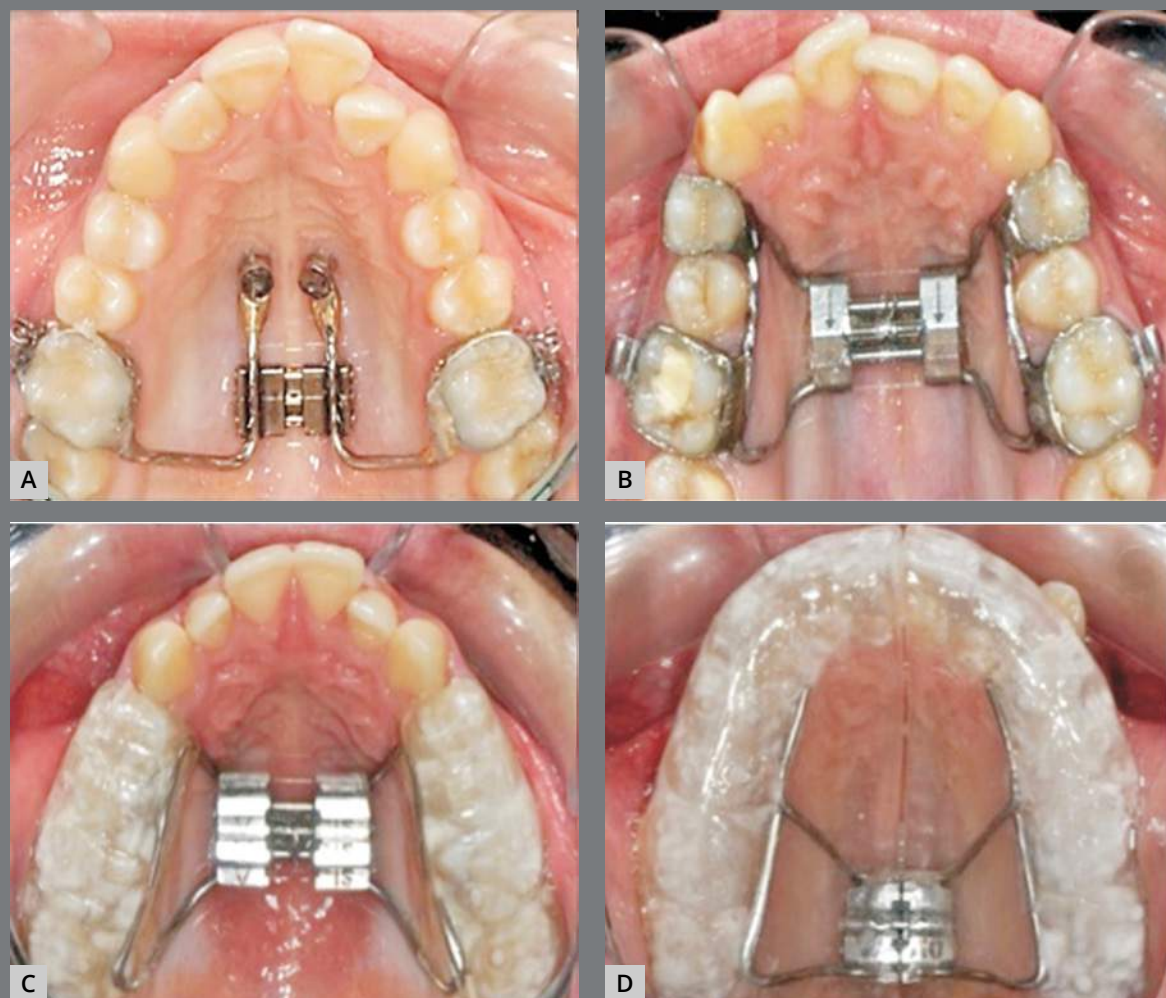


Figura 2: Aparelhos para expansão maxilar avaliados no estudo: **A)** expansor híbrido apoiado em mini-implantes; **B)** Hyrax; **C)** expansor com cobertura oclusal posterior; e **D)** expansor com cobertura total. Fonte: Alcin e Malkoc², 2021.

MINI-HYRAX, UMA BOA OPÇÃO PARA EXPANSÃO MAXILAR

Seguindo com o tópico expansores, um grupo de pesquisadores brasileiros publicou, recentemente, um estudo comparando os expansores Hyrax e Mini-Hyrax, quanto aos seguintes aspectos: efeitos dentários, impacto na qualidade de vida e percepção da dor. O expansor do tipo Mini-Hyrax tem ganhado adeptos nos últimos anos, em virtude do menor volume, o que sugere ser mais confortável aos pacientes. No entanto, essa hipótese nunca tinha sido comprovada, fato que motivou o desenvolvimento desse estudo (Fig. 3)³. Para tal, desenvolveu-se um estudo clínico randomizado com 34 pacientes adolescentes, na faixa

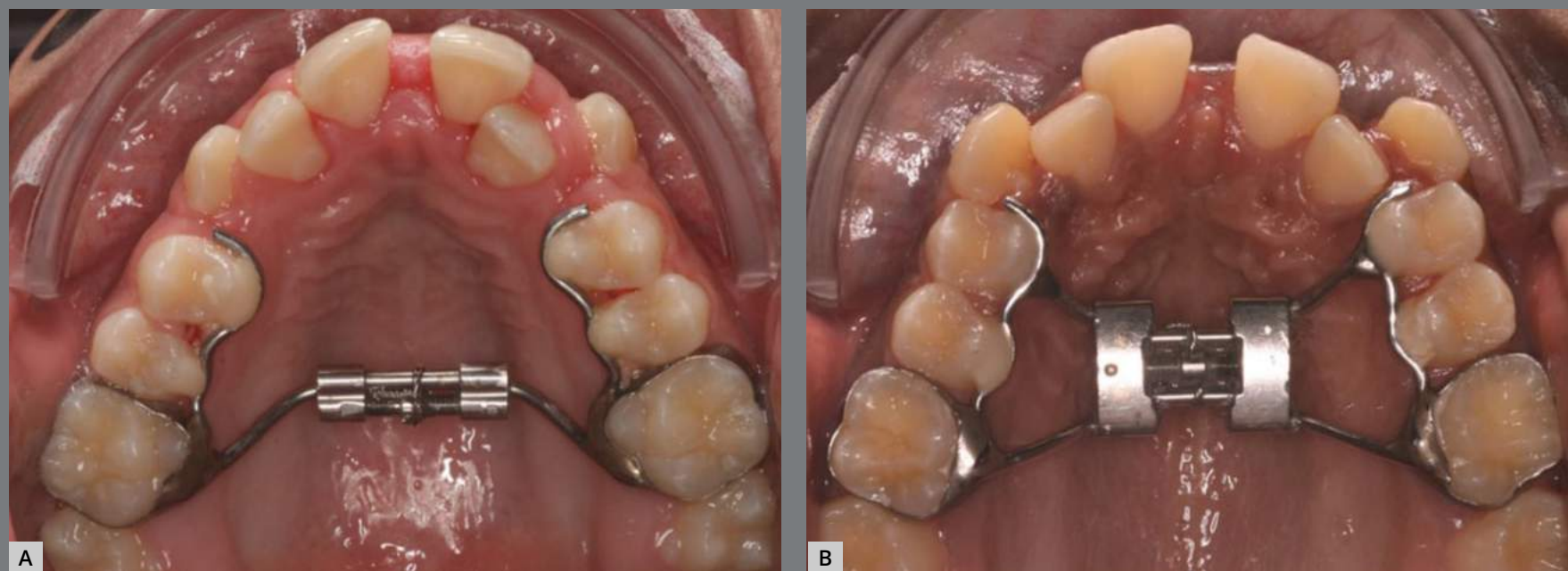


Figura 3: Expansores avaliados: **A)** Mini-Hyrax; **B)** Hyrax. Fonte: Silveira et al.³, 2021.

etária de 11 a 16 anos, com deficiência transversa da maxila (mordida cruzada posterior unilateral ou bilateral). Os resultados do estudo revelaram não haver diferenças significativas nos efeitos dentários, impacto na qualidade de vida e percepção da dor entre adolescentes usando aparelhos dos tipos Hyrax e Mini-Hyrax para expansão rápida da maxila.

LACTOBACILOS: NOVOS ALIADOS NO TRATAMENTO DE LESÕES TRAUMÁTICAS EM PACIENTES ORTODÔNTICOS

Após a instalação dos aparelhos ortodônticos, não é surpresa o aparecimento de lesões traumáticas na mucosa e gengiva dos pacientes. Tais lesões são acompanhadas da sensação de desconforto e dor. A presença de dor dificulta a higiene bucal, com consequente aumento na formação de placa bacteriana. O acúmulo bacteriano prejudica o equilíbrio intrabucal, piorando a

saúde dos tecidos moles. Nos últimos anos, muito tem se falado do poder anti-inflamatório dos probióticos. Essa classe de produtos tem sido usada em pacientes oncológicos com doenças periodontais e úlceras bucais. Diante disso, surge um questionamento: seriam esses produtos eficazes para tratamento de lesões traumáticas pós-instalação do aparelho ortodôntico? Com a proposta de elucidar essa questão, um grupo de pesquisadores brasileiros desenvolveu um estudo⁴ que teve como objetivo avaliar o efeito do probiótico *Lactobacillus brevis* na prevenção de lesões bucais traumáticas precoces induzidas por aparelho ortodôntico fixo. Realizou-se um estudo clínico randomizado duplo cego, em que os pacientes do grupo experimental fizeram uso de comprimidos solúveis contendo *Lactobacillus brevis* (quatro bilhões de unidades formadoras de colônia após o café da manhã, almoço e jantar) por 21 dias. Os resultados do estudo revelaram que o *Lactobacillus brevis* reduziu em quase 50% a persistência de lesões traumáticas em pacientes portadores de aparelho fixo.

INSTALAÇÃO DO APARELHO ORTODÔNTICO ASSOCIADA A MUDANÇAS ALIMENTARES

Como visto no resumo anterior, a instalação do aparelho ortodôntico fixo está associada ao aparecimento de lesões traumáticas, desconforto e dor. Corriqueiramente, nos deparamos com pacientes falando que deixaram de comer e perderam peso após o início do tratamento. Apesar de essa ocorrência ser

óbvia, a literatura avaliando o que realmente ocorre era carente. A partir disso, um grupo de pesquisadores turcos desenvolveu um estudo⁵ que teve como objetivo avaliar as mudanças na alimentação de adolescentes durante o tratamento ortodôntico. Para realizar esse estudo, os pesquisadores recrutaram 25 adolescentes com idades entre 12 e 18 anos. Antes do tratamento, os participantes foram entrevistados e a frequência e os registros de consumo alimentar retrospectivos de 24 horas foram registrados. Os participantes foram acompanhados por três meses, ou seja, na primeira, quarta e décima segunda semanas de tratamento. Os resultados obtidos com o estudo revelaram que, nos adolescentes em tratamento ortodôntico, a ingestão de vitamina C, vitamina E e fibras diminuiu significativamente, principalmente nas primeiras semanas de tratamento. A ingestão desses nutrientes não voltou aos níveis iniciais até a décima segunda semana de tratamento ortodôntico. Os autores ressaltam a necessidade de acompanhamento com nutricionista, para minimizar esses efeitos indesejáveis do tratamento ortodôntico.

REFERÊNCIAS

1. Janson G, Almeida JF, Valerio MV, Velasquez G, Aliaga-Del Castillo A, Garib D. Changes in third molar position after class II subdivision malocclusion treatment with asymmetric extractions. *Orthod Craniofac Res*. 2021 Aug 17 [Epub ahead of print].
2. Alcin R, Malkoc S. Does mini-implant-supported rapid maxillary expansion cause less root resorption than traditional approaches? A micro-computed tomography study. *Korean J Orthod*. 2021 Jul 25;51(4):241-9.
3. Silveira GS, Abreu LG, Palomo JM, da Matta Cid Pinto LS, de Sousa AA, Gribel BF, et al. Mini Hyrax vs Hyrax expanders in the rapid palatal expansion in adolescents with posterior crossbite: a randomized controlled clinical trial. *Prog Orthod*. 2021 Sep 1;22(1):30.
4. Silva NLNV, Della Bona A, Cardoso M, Callegari-Jacques SM, Fornari F. *Lactobacillus brevis* CD2 attenuates traumatic oral lesions induced by fixed orthodontic appliance: A randomized phase 2 trial. *Orthod Craniofac Res*. 2021 Aug;24(3):379-85.
5. Ozdemir M, Ilhan A, Gorucu-Coskuner H, Taner T, Bilgic P. Assessment of food consumption changes in adolescents during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2021 May;159(5):604-12.

Intrusão em dentes posteriores com uso de miniplacas: mecânica intrusiva não é igual força de intrusão

Suzana T. M. P. M. **APOLINÁRIO**¹

 <https://orcid.org/0000-0001-7228-184X>

Aparecida Fernanda **MELOTI**¹

 <https://orcid.org/0000-0002-9336-1045>

Ertty **SILVA**¹

 <https://orcid.org/0000-0003-0358-5465>

Mauricio de Almeida **CARDOSO**¹

 <https://orcid.org/0000-0002-6579-7095>

Alberto **CONSOLARO**²✉

 <https://orcid.org/0000-0002-5902-5646>

Enviado em: 04 de agosto de 2021 • Revisado e aceito: 26 de agosto de 2021

✉ consolaro@uol.com.br

Como citar: Apolinário STMPM, Meloti AF, Silva E, Cardoso MA, Consolaro A. Intrusion of posterior teeth using miniplates: intrusive mechanics is not the same as intrusion force. Dental Press J Orthod. 2021;26(5):e21ins5.

(1) Faculdade São Leopoldo Mandic, Programa de Pós-Graduação em Ortodontia (Campinas/SP, Brasil).

(2) Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia de Bauru (Bauru/SP, Brasil). Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Programa de Pós-Graduação em Odontopediatria (Ribeirão Preto/SP, Brasil).

RESUMO

Objetivo: Explicar, biologicamente, alguns dos mecanismos ósseos envolvidos na intrusão, ou efeito intrusivo, de dentes submetidos à correção da mordida aberta esquelética por meio do uso de quatro miniplacas.

Métodos: Foram mensurados, em reconstruções 3D de tomografias computadorizadas de feixe cônico, os resultados da intrusão dentária, comparando-se o antes e o depois em 20 pacientes com mordida aberta esquelética, com idades entre 18 e 59 anos.

Resultados: Os resultados permitem deduzir que as forças de compressão e de tração promovem, biologicamente, deformação ou deflexão da rede osteocítica controladora do *design* ósseo, e esses efeitos envolvem as superfícies externas e internas do osso, com formação de novas camadas, incluindo a parte cervical da crista óssea alveolar. Isso ajuda a compreender como ocorre a intrusão dentária nas mecânicas intrusivas cujas forças são de inclinação, e não de intrusão. As reabsorções radiculares promovidas pelo uso de miniplacas são insignificantes, em função da distribuição mais homogênea das forças nos vários dentes simultaneamente envolvidos.

Conclusão: Os estudos imagiológicos tendem a captar, nas tomografias, cada vez mais detalhadamente os fenômenos subperiosteais e endosteais da intrusão dentária nos pacientes – antes e depois da aplicação das mecânicas intrusivas –, na forma de um conjunto de modificações que se chama intrusão dentária ou efeito intrusivo.

Palavras-chave: Intrusão. Mordida aberta esquelética. Reabsorção radicular. Mecânica intrusiva. Miniplacas. Ancoragem absoluta.

INTRODUÇÃO

O reposicionamento dos dentes no osso se faz graças à remodelação óssea, que representa um conjunto de eventos periodontais e maxilares que permitem a reformatação óssea desejada¹. Apenas a movimentação exclusivamente dentária não justifica os benefícios estéticos e funcionais promovidos pela Ortodontia, pois o tratamento ortodôntico é o resultado de uma movimentação osseodentária induzida. Anteriormente, pensava-se que a movimentação dentária se fazia através ou pelo osso, mas o avanço do conhecimento revelou que os dentes e o osso se reposicionam continuamente e se reformatam harmoniosamente juntos.

Na clínica, não se utilizam forças de intrusão puras, específicas e paralelas ao longo eixo da raiz e perpendicularmente ao fundo do alvéolo². As mecânicas intrusivas podem ter esse efeito de aprofundar o dente na massa óssea maxilar, mas as forças que promovem esses efeitos não são de intrusão, e sim de inclinação² (Fig. 1 e 2). A posição dentária nos processos alveolares e as inclinações da raiz em relação à coroa dentária, nos dentes mono- e multirradiculados, reforçam esse raciocínio de que, na prática clínica ortodôntica, não existem forças puras de intrusão².

Destaca-se que:

1. **Força de intrusão:** atua no eixo longitudinal do dente ou paralelamente a ele, na estrutura radicular, formando ângulos retos com a tangente que passa paralelamente ao fundo do alvéolo.
2. **Efeito intrusivo, ou intrusão:** é o deslocamento do dente para uma posição mais intraóssea do que a atual (Fig. 3). Essa intrusão pode ser conseguida de várias formas, com diferentes forças e mecanismos — que, no conjunto, podem ser chamados de mecânica intrusiva². Talvez a força menos eficiente para essa finalidade seja a de intrusão pura.

OS FUNDAMENTOS BIOLÓGICOS DA MECÂNICA INTRUSIVA

O incrível amortecedor representado pelo ligamento periodontal e pela matriz extracelular com feixes de fibras colágenas está preparado para receber e dissipar forças aplicadas paralelamente ao longo eixo da raiz. O periodonto de sustentação absorve as forças intrusivas mesmo que sejam intensas e complexas, como as forças mastigatórias. As cargas mastigatórias, por mais intensas que possam ser, não comprimem o ligamento periodontal no ápice dentário, não lesam o feixe vascular que adentra na polpa dentária, nem promovem sua necrose.

Experimentalmente em animais, as forças intrusivas, ainda assim, são de inclinação, como revelam as Figuras 1 e 2.

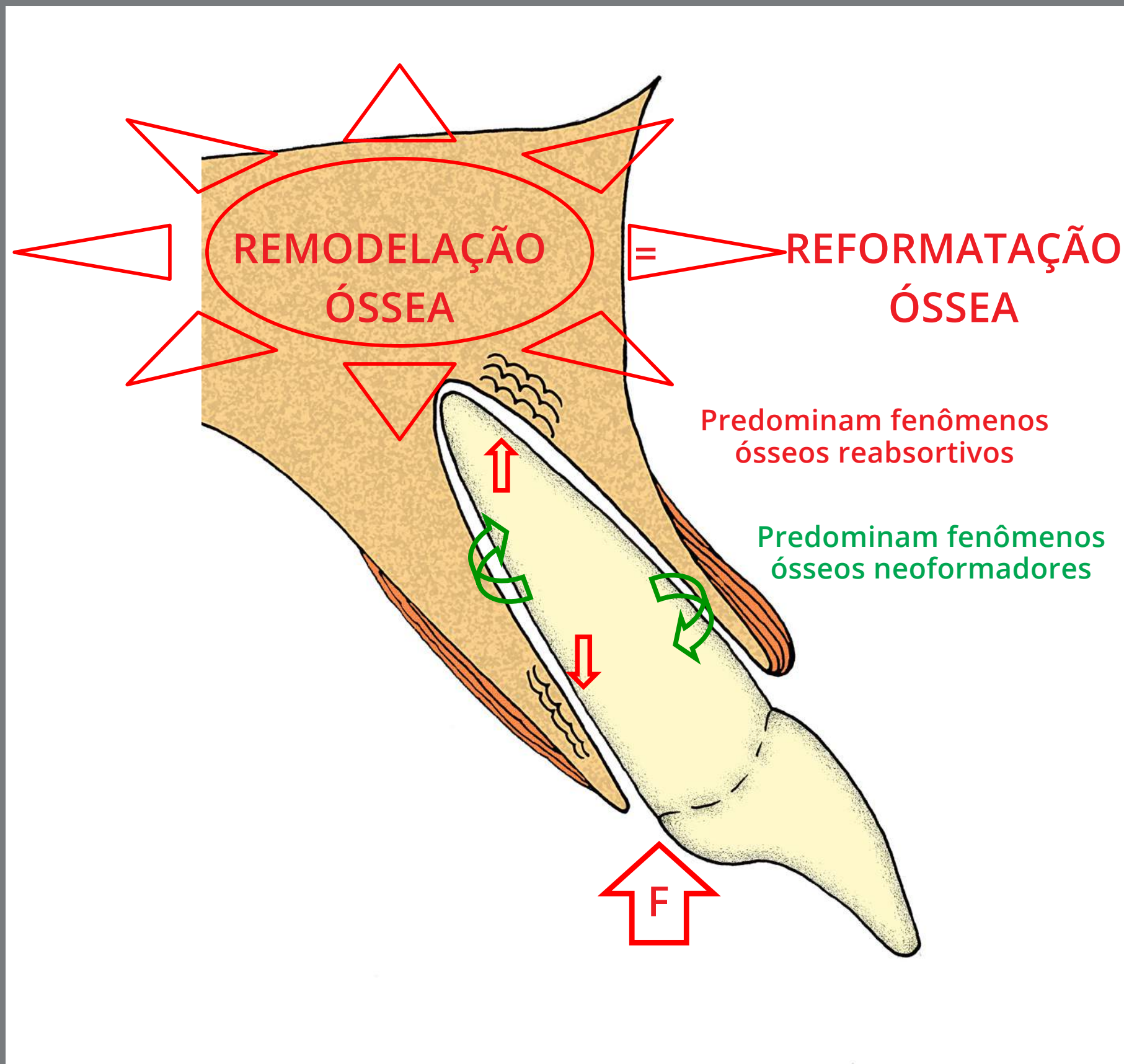


Figura 1: Dentes anteriores: esquema representativo dos fenômenos ósseos predominantes em cada área alveolar, sob ação de uma mecânica intrusiva que promove uma reformatação óssea a partir de uma remodelação óssea direcionada, com forças de inclinação para que ocorra a intrusão dentária. Setas vermelhas = áreas de compressão. Setas verdes = áreas de estiramento ou tensão. F = Força.

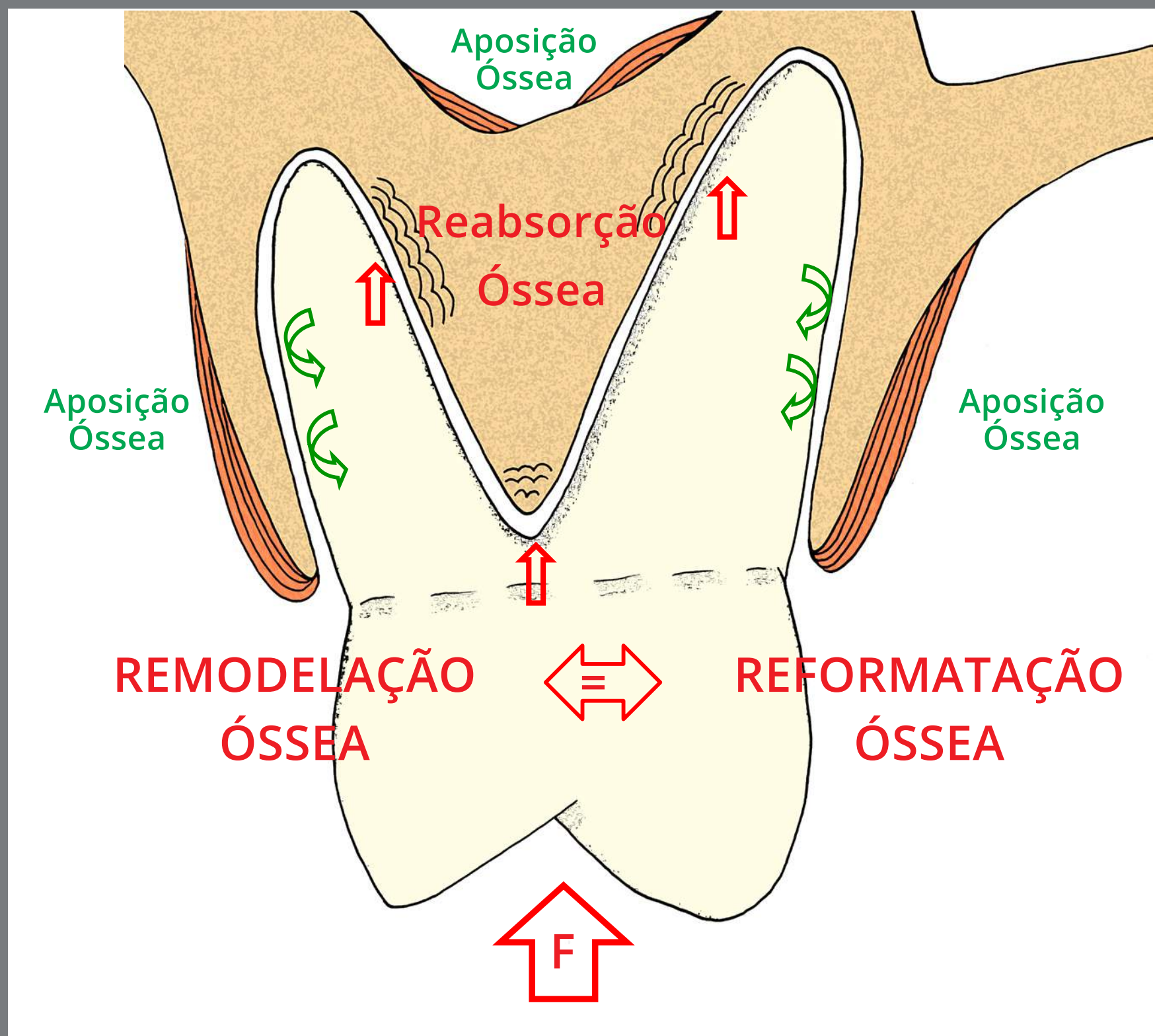


Figura 2: Dentes posteriores: esquema representativo dos fenômenos ósseos predominantes em cada área alveolar sob ação de uma mecânica intrusiva, que promove uma reformatação óssea a partir de uma remodelação óssea direcionada, com forças de inclinação para que ocorra a intrusão dentária. Destaca-se o seio maxilar. Setas vermelhas = áreas de compressão. Setas verdes = áreas de estiramento ou tensão. F = Força.

A inclinação das raízes, a partir de sua emergência cervical, faz com que as forças puras experimentais de intrusão, em ângulos perpendiculares à face oclusal dos molares, exerçam forças de inclinação nas raízes. Mesmo que o profissional exerça forças aparentemente de intrusão, elas não o são, devido à inclinação dos dentes e das suas raízes — ou seja, forças de intrusão pura não existem no movimento osseodentário. Em trabalhos experimentais³⁻⁶, observam-se microscopicamente reabsorções na região apical e nas faces radiculares voltadas para as bifurcações.

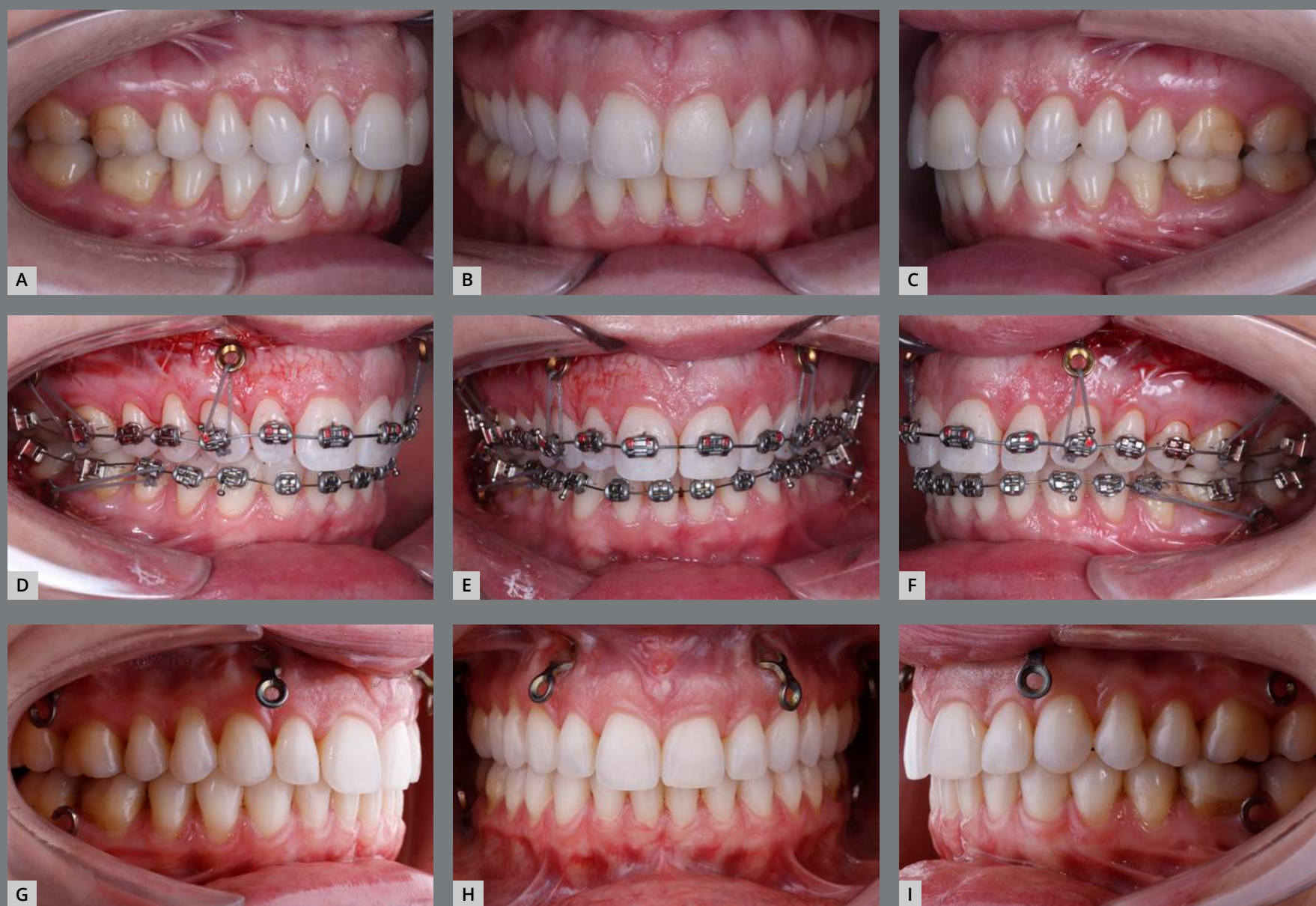


Figura 3: Paciente mulher, com 37 anos de idade, cujos dentes foram submetidos a mecânica intrusiva com miniplacas, e o resultado após um ano. **A, B, C)** Antes do tratamento; **D, E, F)** colocação do aparelho e ativação das miniplacas; **G, H, I)** tratamento finalizado.

Os efeitos intrusivos das forças de inclinação durante as mecânicas conhecidas como intrusivas (Fig. 3) podem, em parte, ser explicados pelo estímulo ortopédico regional à remodelação, representado pelas forças sobre o osso, à custa dos tecidos periosteais e endosteais¹. O perióstio reage a estímulos ou agressões de baixa intensidade e longa duração com a formação de novas camadas ósseas nas superfícies corticais, isto é, na interface perióstio-cortical^{1,7,8}. Essa capacidade reacional pode modificar a forma do osso em questão, aumentando seu volume ou espessura. As superfícies ósseas endosteais e periosteais são compensadas pelas informações celulares repassadas do periodonto ao perióstio pela rede osteocítica controladora do *design* ósseo^{1,7,8}.

A deformação, ou deflexão, óssea induzida pelas forças modifica a forma maxilar final, pois a remodelação permite ao tecido atender às novas demandas funcionais retransmitidas para todo o osso via rede osteocítica¹. As reabsorções e aposições corticais subperiosteais podem acontecer na parte externa dos processos alveolares, onde os dentes estão sendo intruídos (Fig. 1 e 2), o que também pode ocorrer nas superfícies internas, como as paredes do seio maxilar e da cavidade nasal. Esse mesmo fenômeno nas superfícies endosteais muda e rearranja o trabeculado ósseo, tanto quanto à sua distribuição espacial quanto à espessura e comprimento das trabéculas ósseas¹.

Nas mecânicas intrusivas, o dente que adentrou no espaço ósseo e nele se reposicionou, também chamado de dente intruído, é reposicionado em relação ao osso, como um todo, e na relação com os demais dentes, por estímulos aplicados de natureza ortodôntica e ortopédica (Fig. 3). Os tecidos periodontais podem ser alterados, quanto à sua altura e forma, sem que se modifiquem as distâncias biológicas dos tecidos periodontais e sem afetar a viabilidade biológica dos tecidos pulpare.

A mecânica intrusiva promove um rearranjo espacial do osso em relação ao dente — por fenômenos conhecidos como ortopédicos — e, simultaneamente, o dente se reposiciona, ortodonticamente, a partir das forças de inclinação. Como resultado dessa sinergia, tem-se o dente em uma nova posição óssea e em relação aos demais dentes da arcada dentária (Fig. 3).

REABSORÇÕES DENTÁRIAS E A MECÂNICA INTRUSIVA

O alto risco de reabsorção radicular³ sempre é mencionado quando se trata de movimentos de intrusão, que são relacionados quando se refere às mecânicas intrusivas — mecânica intrusiva não significa força de intrusão, como distinguimos anteriormente. São muitas as pesquisas que revelam não existir tal relação entre reabsorções dentárias e a força de intrusão^{5,9-13}. As forças que mais se concentram e potencializam-se em pontos do ligamento periodontal, com morte de cementoblastos, são as de inclinação, as quais caracterizam as mecânicas intrusivas⁷.

O uso de aparelhos específicos, com ancoragem absoluta por meio de placas e implantes osseointegrados em dentes de cães³, induziu reabsorções radiculares imagiologicamente insignificantes, apesar dos efeitos intrusivos obtidos. O mesmo ocorreu microscopicamente após quatro a sete meses^{4,5,6}. Ensaios clínicos com efeitos intrusivos importantes também revelaram um índice de reabsorção dentária muito baixo ou inexistente^{14,15}. Os aparelhos com ancoragem absoluta tendem a distribuir mais homogeneamente as forças aplicadas, dissipando e eliminando os pontos de concentração de forças nos tecidos periodontais. Isso diminui a possibilidade de morte dos cementoblastos ao longo da raiz e reduz a chance de ocorrerem reabsorções radiculares¹⁶.

As forças intrusivas puras em Ortodontia existem apenas experimentalmente e, quando ocorrem reabsorções nos ápices e bifurcações desses dentes, elas são detectáveis apenas ao microscópio, pois, imagiologicamente, não são diagnosticáveis³⁻⁶. Os trabalhos revelam que, quando eliminadas as forças intrusivas, os tecidos vizinhos promovem rapidamente o reparo das áreas reabsorvidas.

EXPERIMENTO DEMONSTRATIVO DOS EFEITOS INTRUSIVOS

Em pesquisa de dissertação de mestrado, Apolinário¹⁷ utilizou a ancoragem esquelética temporária para quantificar a intrusão dentária no osso, em pacientes com mordida aberta esquelética, usando miniplacas, conforme previamente sugerido^{18,19}.

As miniplacas são alternativas mais eficazes do que os mini-implantes, pois suportam cargas de maior intensidade e em maior extensão das arcadas²⁰. Consolaro²¹ mencionou que a ancoragem esquelética é necessária para que a remodelação óssea redefina a morfologia, a estética e a função, em casos de deformidades, sempre amparada por aparelhos ortodônticos.

A intrusão de molares dificilmente é conseguida com Ortodontia convencional, casos em que se indica a cirurgia ortognática. Porém, as miniplacas no zigomático representam uma mecânica alternativa⁵, pois seu índice de sucesso corresponde a 98,6%, sendo previsíveis²².

No trabalho de Apolinário¹⁷, a intrusão na região posterior, necessária para a correção da mordida aberta anterior, foi distribuída entre as quatro hemiarcadas, com o auxílio de quatro miniplacas como ancoragem. A amostra foi de 40 arquivos DICOM (20 antes e 20 depois) de tomografias computadorizadas de feixe cônico solicitadas para avaliação 3D antes e após tratamentos ortodônticos realizados com o auxílio das miniplacas, entre os anos de 2014 e 2018. Eram pacientes de ambos os sexos, com 18 a 59 anos de idade, tratados ortodonticamente com intrusão posterior superior e inferior, ancorada em quatro miniplacas; portadores de mordida aberta anterior, com trespasse vertical de até -7,6 mm e com tomografias de FOV (*field of view*) maior ou igual a 23 x 17 cm. Em todos os casos, obteve-se intrusão dos dentes posteriores superiores e inferiores.

Foram mensuradas as distâncias da junção amelocementária em relação ao plano axial, nos incisivos centrais, primeiros e segundos molares superiores; assim como as distâncias entre o ápice dos incisivos e a raiz mesial dos primeiros e segundos molares superiores até o plano axial, nas fases pré- e pós-tratamento. Nos dentes inferiores, mensuraram-se as distâncias da junção amelocementária ao plano mandibular, nos incisivos centrais e primeiros e segundos molares inferiores; assim como mediram-se as distâncias entre o plano mandibular e o ápice dos incisivos e a raiz mesial dos primeiros e segundos molares inferiores, nas fases pré- e pós-tratamento.

Os valores das mensurações antes e após a intrusão foram estatisticamente significativos nas mensurações de primeiros molares superiores dos lados direito e esquerdo em relação ao plano axial, e primeiros e segundos molares inferiores dos lados direito e esquerdo em relação ao plano mandibular. Pôde-se concluir no trabalho que a quantidade de intrusão dentária obtida em ambas as arcadas foi semelhante à encontrada na literatura; porém, com a utilização de quatro miniplacas posteriores, a intrusão foi potencializada nas arcadas superior e inferior, quando comparada à realizada em uma única arcada. O uso das miniplacas para obtenção da intrusão dos dentes nos ossos maxilares se fez sem reabsorções radiculares ou com reabsorções radiculares questionáveis quanto à sua extensão, de tão pequenas que foram, quando identificadas nas imagens.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inclinação natural das raízes propicia que os movimentos dentários nas mecânicas intrusivas sejam de inclinação. Há forças de compressão em algumas áreas do ligamento periodontal, com deformação ou deflexão da rede osteocítica controladora do *design* ósseo. Em outras áreas, ocorre deformação da rede osteocítica, por forças de tensão. Esses efeitos (Fig. 3) envolvem as superfícies externas e internas do osso no processo alveolar, com formação de novas camadas e áreas de reabsorção, inclusive na parte cervical da crista óssea alveolar.

Nas mecânicas intrusivas com o uso de miniplacas, ocorre uma remodelação alveolar de natureza ortodôntica, associada a uma modificação da estrutura óssea interna e externa, atendendo às demandas das forças com características ortopédicas¹. O efeito intrusivo nas mecânicas ditas intrusivas pode ser o resultado da remodelação alveolar induzida pelas forças de inclinação e modificação do volume ósseo, decorrente da formação óssea subperiosteal na parte externa do processo alveolar^{1,5,8}. A distribuição mais homogênea das forças com a ancoragem absoluta em miniplacas explica o nível insignificante das reabsorções radiculares¹⁶.

Estudos imagiológicos apurados, como o relatado por Apolinário¹⁷, captam, em tomografias computadorizadas de alta precisão, esses fenômenos subperiosteais e endosteais antes e depois da aplicação das mecânicas intrusivas, o que, em outras palavras, representa o efeito final chamado de intrusão dentária, ou efeito intrusivo.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Suzana T. M. P. M. Apolinário
(STMPM)

Aparecida Fernanda Meloti (AFM)

Ertty Silva (ES)

Mauricio de Almeida Cardoso (MAC)

Alberto Consolaro (AC)

Concepção/design do estudo:

STMPM, ES, MAC, AC.

Aquisição, análise ou interpretação dos dados:

STMPM, AFM, ES, MAC, AC.

Escrita do artigo:

STMPM, AFM, MAC, AC.

Revisão crítica do artigo:

AFM, ES, MAC, AC.

Aprovação final do artigo:

STMPM, ES, MAC, AC

Os autores declaram não ter interesses associativos, comerciais, de propriedade ou financeiros, que representem conflito de interesse, nos produtos e companhias descritos nesse artigo.

O(s) paciente(s) que aparece(m) no presente artigo autorizou(aram) previamente a publicação de suas fotografias faciais e intrabucais, e/ou radiografias.

REFERÊNCIAS

1. Consolaro A. Remodelação óssea e os planejamentos reabilitadores bucais com mini-implantes e miniplacas: algumas analogias para facilitar a compreensão. *Dent Press Implantol*. 2015 Jul-Set;9(3):15-37.
2. Consolaro A, Furquim L. Mecânica intrusiva gera forças de inclinação e estímulos ortopédicos com reposicionamento dentário e remodelação óssea simultâneos ou na mecânica intrusiva não se aplica forças de intrusão, mas obtém-se o efeito intrusivo. *Dental Press J Orthod*. 2011 Out;16(5):20-9.
3. Carrillo R, Rossouw PE, Franco PF, Opperman LA, Buschang PH. Intrusion of multiradicular teeth and related root resorption with mini-screw implant anchorage: a radiographic evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007 Nov;132(5):647-55.
4. Daimaruya T, Nagasaka H, Umemori M, Sugawara J, Mitani H. The influences of molar intrusion on the inferior alveolar neurovascular bundle and root using the skeletal anchorage system in dogs. *Angle Orthod*. 2001 Feb;71(1):60-70.
5. Dellinger EL. A histologic and cephalometric investigation of premolar intrusion in the *Macaca speciosa* monkey. *Am J Orthod*. 1967 May;53(5):325-55.
6. Ohmae M, Saito S, Morohashi T, Seki K, Qu H, Kanomi R, et al. A clinical and histological evaluation of titanium mini-implants as anchors for orthodontic intrusion in the beagle dog. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2001 May;119(5):489-97.

7. Consolaro A. Force distribution is more important than its intensity! Dental Press J Orthod. 2014 Jan-Feb;19(1):5-7.
8. Silva E, Meloti F, Pinho S, Cardoso MA, Consolaro A. Biomecânica com miniplacas. Rev Clin Ortod Dental Press. 2018 Jun-Jul;17(3):17-34.
9. Costopoulos G, Nanda R. An evaluation of root resorption incident to orthodontic intrusion. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1996 May;109(5):543-8.
10. Dermaut LR, De Munck A. Apical root resorption of upper incisors caused by intrusive tooth movement: a radiographic study. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1986 Oct;90(4):321-6.
11. DeShields RW. A study of root resorption in treated Class II, Division I malocclusions. Angle Orthod. 1969 Oct;39(4):231-45.
12. Phillips JR. Apical root resorption under orthodontic therapy. Angle Orthodont. 1955 Jan-Mar;25(1):1-22.
13. Sameshima GT, Sinclair PM. Predicting and preventing root resorption: part II. Treatment factors. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2001 May;119(5):511-5.
14. Andreoli FAM. Retração e intrusão anterior utilizando a técnica do arco segmentado [monografia]. Piracicaba: Associação Paulista de Cirurgiões Dentistas; 2006.
15. Moon CH, Wee JU, Lee HS. Intrusion of overerupted molars by corticotomy and orthodontic skeletal anchorage. Angle Orthod. 2007 Nov;77(6):1119-25.

16. Santos GD, Consolaro A, Meloti F, Cardoso MA, Silva E, Li AT, et al. Negligible tooth resorptions after anterior open bite treatment using skeletal anchorage with miniplates. *Dental Press J Orthod*. 2020 Jul-Aug;25(4):16-22.
17. Apolinário, STMPM. Avaliação da intrusão posterior ortodôntica com o uso de miniplacas [dissertação]. Campinas: CPO São Leopoldo Mandic; 2020.
18. Umemori M, Sugawara J, Mitani H, Nagasaka H, Kawamura H. Skeletal anchorage system for open-bite correction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1999 Feb;115(2):166-74.
19. Sugawara J, Baik UB, Umemori M, Takahashi I, Nagasaka H, Kawamura H, et al. Treatment and posttreatment dentoalveolar changes following intrusion of mandibular molars with application of a skeletal anchorage system (SAS) for open bite correction. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*. 2002;17(4):243-53.
20. Consolaro A. Miniplates and mini-implants: bone remodeling as their biological foundation. *Dental Press J Orthod*. 2015 Nov-Dec;20(6):16-31.
21. Consolaro A. Mini-implants and miniplates generate sub-absolute and absolute anchorage. *Dental Press J Orthod*. 2014 May-Jun;19(3):20-3.
22. Lam R, Goonewardene MS, Allan BP, Sugawara J. Success rates of a skeletal anchorage system in orthodontics: a retrospective analysis. *Angle Orthod*. 2018 Jan;88(1):27-34.

Atividade antimicrobiana de probióticos contra patógenos orais em mini-implantes ortodônticos: um estudo *in vitro*

Ivana da Silva **LE MOS**¹

 <https://orcid.org/0000-0002-6107-9977>

Fernanda F. de Albuquerque **JASSÉ**² ✉

 <https://orcid.org/0000-0002-2293-2859>

Selly Sayuri **SUZUKI**¹

 <https://orcid.org/0000-0001-7493-746X>

Cristiane de Melo **ALENCAR**³

 <https://orcid.org/0000-0002-0694-6863>

Denise Nami **FUJII**¹

 <https://orcid.org/0000-0002-6896-7539>

Joissi Ferrari **ZANIBONI**³

 <https://orcid.org/0000-0003-0172-9891>

Hideo **SUZUKI**³

 <https://orcid.org/0000-0002-7045-7095>

Aguinaldo Silva **GARCEZ SEGUNDO**⁴

 <https://orcid.org/0000-0003-2037-7211>

Enviado em: 28 de outubro de 2019 • Revisado e aceito: 30 de agosto de 2020

✉ fernandajasse@hotmail.com

Como citar: Lemos IS, Jassé FFA, Suzuki SS, Alencar CM, Fujii DN, Zaniboni JF, Suzuki H, Garcez Segundo AS. Antimicrobial activity of probiotics against oral pathogens around orthodontic mini-implants: an in vitro study. Dental Press J Orthod. 2021;26(5):e2119350.

(1) Faculdade São Leopoldo Mandic, Departamento de Ortodontia (Campinas/SP, Brasil). (2) Universidade Federal do Pará, Departamento de Dentística Restauradora (Belém/PA, Brasil). (3) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia de Araraquara, Departamento de Odontologia Restauradora (São Paulo/SP, Brasil). (4) Faculdade São Leopoldo Mandic, Departamento de Microbiologia Bucal, (Campinas/SP, Brasil).

RESUMO

Objetivo: O objetivo do presente estudo *in vitro* foi avaliar o efeito antimicrobiano de cinco tipos de probióticos não industrializados ou industrializados em biofilmes formados ao redor de mini-implantes ortodônticos. A hipótese nula testada foi: não há diferença no efeito antimicrobiano entre os cinco tipos de probióticos testados em torno dos mini-implantes ortodônticos.

Métodos: Para o experimento, as cabeças de 120 mini-implantes foram imersas por sete dias em solução de *Staphylococcus aureus* para formação de biofilme e, posteriormente, semeadas em meio de cultura contendo probióticos. Os mini-implantes foram divididos em seis grupos diferentes, de acordo com o probiótico utilizado: G1) *Lactobacillus casei*; G2) *Lactobacillus brevis*; G3) *Lactobacillus rhamnosus*; G4) lactobacilos do leite fermentado Yakult®; G5) lactobacilos do leite fermentado Batavito®; e G6) sem uso de probiótico, como controle negativo. As análises qualitativas e quantitativas de todos os grupos foram realizadas usando a contagem de UFCs (unidades formadoras de colônia).

Resultados: O estudo mostrou que os grupos G4 e G6 não apresentaram atividade antimicrobiana, em comparação aos grupos G1, G2, G3 e G5 ($p < 0,05$), os quais demonstraram atividade antimicrobiana.

Conclusão: As bactérias probióticas não comerciais, *Lactobacillus casei* e *Lactobacillus rhamnosus*, assim como o leite fermentado comercializado, Batavito®, apresentaram resultados promissores na redução da colonização dos mini-implantes por *S. aureus*. Portanto, a hipótese nula foi rejeitada.

Palavras-chave: Microbiologia. Higiene bucal. Probióticos.

INTRODUÇÃO

A principal vantagem dos mini-implantes (MI) é que eles proporcionam melhor controle de direção e força nos movimentos ortodônticos. Entretanto, para o uso bem-sucedido dos MIs, faz-se importante avaliar as características clínicas e radiográficas do paciente, bem como a idade, sexo e o local de inserção do MI, a fim de se obter estabilidade primária e secundária^{1,2}.

Uma vez que os MIs estão em íntimo contato com os tecidos duros e moles adjacentes, podem ocorrer infecções. O processo infeccioso pode levar a complicações biológicas precoces, durante o processo de osseointegração (mucosite), ou retardadas pela indução de uma doença peri-implantar (peri-implantite)⁴. Estudos anteriores mostram que a perda de MIs geralmente ocorre nos primeiros dois meses após sua inserção. Segundo Freitas et al.⁵, a inflamação peri-implantar contribui para a perda da estabilidade secundária dos MIs ortodônticos. Outros estudos mostraram que os cuidados domiciliares e a higiene bucal são considerados fatores importantes para o sucesso dos MIs. A inflamação crônica causada pela retenção de placa pode levar à mobilidade e perda do MI ortodôntico⁶⁻⁸.

A doença peri-implantar é de natureza infecciosa, pois o biofilme bacteriano é um de seus principais fatores etiológicos^{9,10}. De acordo com o estudo realizado por Persson e Renvert¹¹, a peri-implantite é uma infecção polimicrobiana e os implantes dentários de

titânio fornecem um ambiente adequado para o desenvolvimento de um biofilme microbiano complexo. Os autores identificaram que a carga bacteriana total na peri-implantite para sete espécies (*Tannerella forsythia*, *Porphyromonas gingivalis*, *Treponema socranskii*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus anaerobius*, *Streptococcus intermedius* e *Streptococcus mitis*) foi aproximadamente quatro vezes maior do que em implantes saudáveis¹¹. Entre essas bactérias, principalmente as espécies de *Staphylococcus* apresentam alta afinidade por superfícies de titânio¹².

Os *S. aureus* são um dos patógenos mais comuns que envolvem infecção de implantes⁴. São conhecidos por sua capacidade de aderir a praticamente qualquer superfície de titânio e são encontrados com mais frequência em locais com peri-implantite do que em implantes saudáveis^{11,13}. Canullo et al.¹⁴ destacam que os clínicos devem ter em mente que, no estágio inicial da cicatrização, esse patógeno pode influenciar a resposta imune e levar à perda óssea peri-implantar.

Nesse sentido, pesquisas recentes têm sugerido que a administração de probióticos pode trazer benefícios à saúde bucal, ao prevenir o crescimento de microrganismos nocivos comuns ao biofilme dentário^{15,16}. Vários estudos¹⁷⁻²¹ investigaram os efeitos do uso oral de probióticos na microbiota cariogênica. No entanto, seus efeitos na prevenção da doença periodontal e, mais especificamente, no biofilme ao redor dos MIs ainda não

foram explorados. Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi investigar a eficácia antimicrobiana de cinco tipos de probióticos não industrializados ou industrializados em biofilmes de *S. aureus* formados em torno de MIs ortodônticos. A hipótese nula testada foi: não há diferença no efeito antimicrobiano entre os cinco tipos de probióticos testados em torno dos MIs ortodônticos.

MATERIAL E MÉTODOS

TAMANHO DA AMOSTRA

Um estudo piloto ($n = 15$) foi realizado para definir o número da amostra. Considerando um poder estatístico de 80%, erro α de 5% e prevendo uma perda amostral de 20% ao final do estudo, o tamanho amostral calculado foi de 20 espécimes por grupo. O *software* GPower® (Heinrich-Heine-Universität, Düsseldorf, Alemanha) foi utilizado para calcular o tamanho da amostra a partir dos valores médios obtidos no estudo piloto.

MINI-IMPLANTES

A amostra foi composta por 120 MIs de 12,0 mm de comprimento, com diâmetro de 2,0 mm, parafuso com rosca de 8,0 mm de comprimento, transmucoso de 4 mm e cabeça de 3,3 mm de comprimento, obtidos em loja de suprimentos odontológicos e utilizados como recebidos, da marca Dat Steel (Comércio de Produtos Odontológicos Ltda, São Bernardo do Campo/SP, Brasil). Os MIs eram compostos de liga de aço cirúrgico de acordo com a norma ASTM-F138 (especificações do fabricante).

CEPAS BACTERIANAS E CONDIÇÕES DE CULTURA

As cepas probióticas utilizadas nesse estudo foram *Lactobacillus casei* (ATCC 393), *Lactobacillus brevis* (ATCC 367) e *Lactobacillus rhamnosus* (ATCC 9595) fornecidas pelo Instituto Adolfo Lutz (São Paulo, Brasil). A bactéria patogênica padrão, *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), foi usada para a formação de biofilme. As cepas foram mantidas a -80°C em 15% (p/p) de glicerol. As cepas de bactérias lácticas foram cultivadas em ágar De Man, Rogosa e Sharpe (MRS), enquanto as patogênicas foram cultivadas em ágar tríptico de soja (TSB, Oxoid). Todas as cepas foram inoculadas da cultura estoque e incubadas por 24–48 horas a 37°C em condições microaerofílicas (5% de CO₂).

Os probióticos industrializados testados foram as marcas de leite fermentado Yakult® (Yakult S/A Indústria e Comércio, SP, Brasil), que contém uma única espécie bacteriana probiótica, o *Lactobacillus casei Shirota*; e Batavito® (BRF S.A., Carambeí, Brasil), que contém uma combinação de três bactérias probióticas (*Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium sp.* e *Lactobacillus paracasei*). Os produtos foram adquiridos em supermercado e armazenados sob refrigeração, conforme recomendação dos fabricantes. Para ambas as marcas, as informações sobre a composição das cepas probióticas, as condições de armazenamento e as datas de validade foram fornecidas pelos fabricantes.

DESENHO DO ESTUDO

A variável em estudo foi a atividade antimicrobiana de cinco diferentes probióticos contra um patógeno oral (*Staphylococcus aureus*). Os MIs foram divididos em seis diferentes grupos experimentais (n = 20), de acordo com o probiótico utilizado: G1) *Lactobacillus casei*; G2) *Lactobacillus brevis*; G3) *Lactobacillus rhamnosus*; G4) probióticos do leite fermentado Yakult®; e G5) probióticos do leite fermentado Batavito®. Para verificar a resposta antimicrobiana aos extremos, foi adicionado outro grupo: G6) sem uso de probiótico, como controle negativo.

ENSAIO EXPERIMENTAL

Os MIs foram pré-esterilizados por raios gama-cobalto 60, com dose mínima de 15 kGy e máxima de 30 kGy, pelo fabricante. As cabeças dos MIs foram fixadas em um suporte customizado, para estabilizá-los, e foram imersas em caldo de cultura de *Staphylococcus aureus* por 7 dias. A cada 24 horas, o caldo foi removido, para permitir o crescimento do biofilme nas superfícies dos MIs. Os MIs foram lavados com 5 ml de solução salina estéril, para eliminação de bactérias planctônicas, colocados em tubos estéreis (Eppendorf 1,5 ml) e agitados em vórtex por 30 segundos para remoção do biofilme. A solução bacteriana obtida foi diluída em série e incubada em placas de Petri com meio Brain Heart Infusion (BHI) por 24 horas em estufa. O número de unidades formadoras de colônias por ml (UFC/ml) foi contado para cada grupo.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística foi realizada por meio do *software* BioEstat versão 5.0 (Instituto de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá, Belém, Brasil). Os resultados foram comparados por meio da análise de variância (ANOVA), seguida pelo pós-teste de Tukey. Para comparação entre os probióticos industrializados (Yakult® e Batavito®), foi aplicado o teste *t* não pareado. Considerando-se a homocedasticidade dos grupos, foi usado o nível de significância de 5% nas análises para ambos os testes.

RESULTADOS

A comparação entre os probióticos não industrializados (G1, G2 e G3) é apresentada na Figura 1. Observou-se que G1 e G3 apresentaram atividade antimicrobiana mais eficiente que G2, com diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$).

A comparação entre os probióticos industrializados (G4 e G5) é apresentada na Figura 2. Observou-se que o G5 apresentou atividade antimicrobiana mais eficiente que o G4, com diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$). Pode-se observar, na Figura 3, que G4 e G6 (Yakult® e Controle Negativo, respectivamente) não apresentaram atividade antimicrobiana, em comparação aos demais grupos, com diferença estatisticamente significativa entre G4, G6 e G1, G2, G3, G5 ($p < 0,05$).

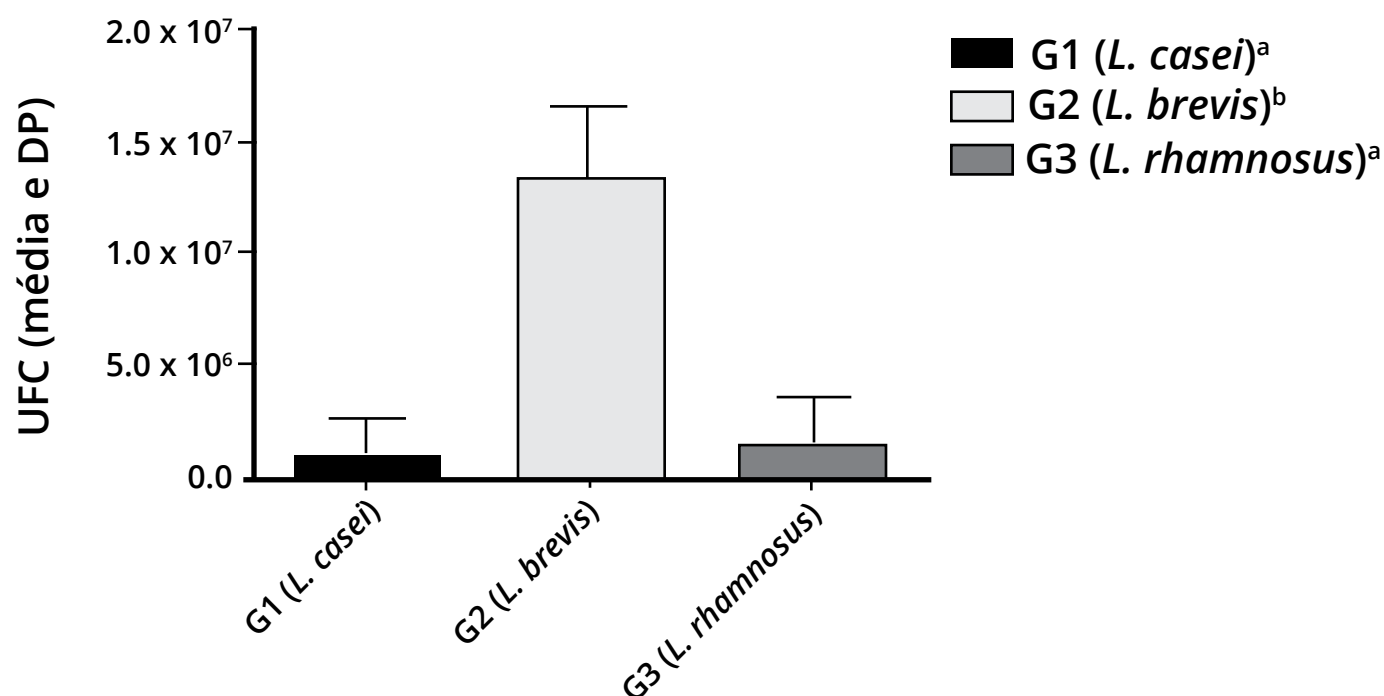


Figura 1: Gráfico de colunas dos valores de Unidades Formadoras de Colônia (média e desvio-padrão), representando a atividade antimicrobiana dos diferentes probióticos (G1 - *Lactobacillus casei*; G2 - *Lactobacillus brevis*; e G3 - *Lactobacillus rhamnosus*). Letras sobrescritas diferentes indicam diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p < 0,05$).

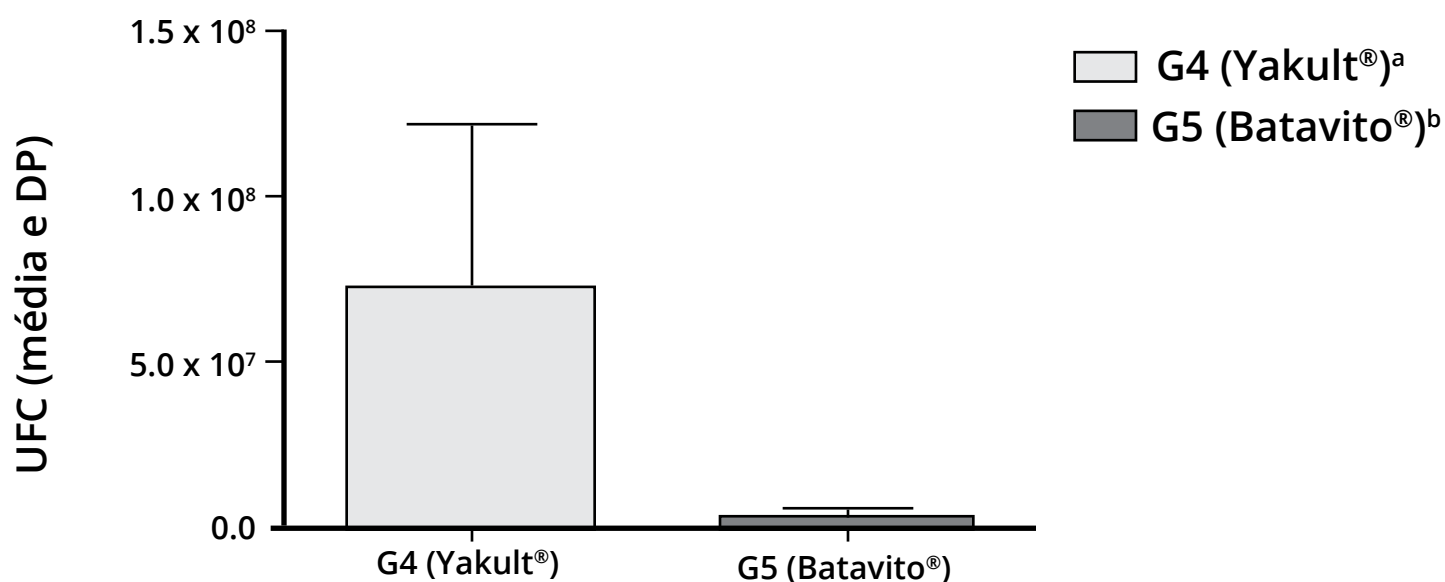


Figura 2: Gráfico de colunas dos valores de Unidades Formadoras de Colônia (média e desvio-padrão), representando a atividade antimicrobiana dos diferentes probióticos industrializados (G4 - *Lactobacillus* do leite fermentado Yakult®; e G5 - *Lactobacillus* do leite fermentado Batavito®). Letras sobrescritas diferentes indicam diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p < 0,05$).

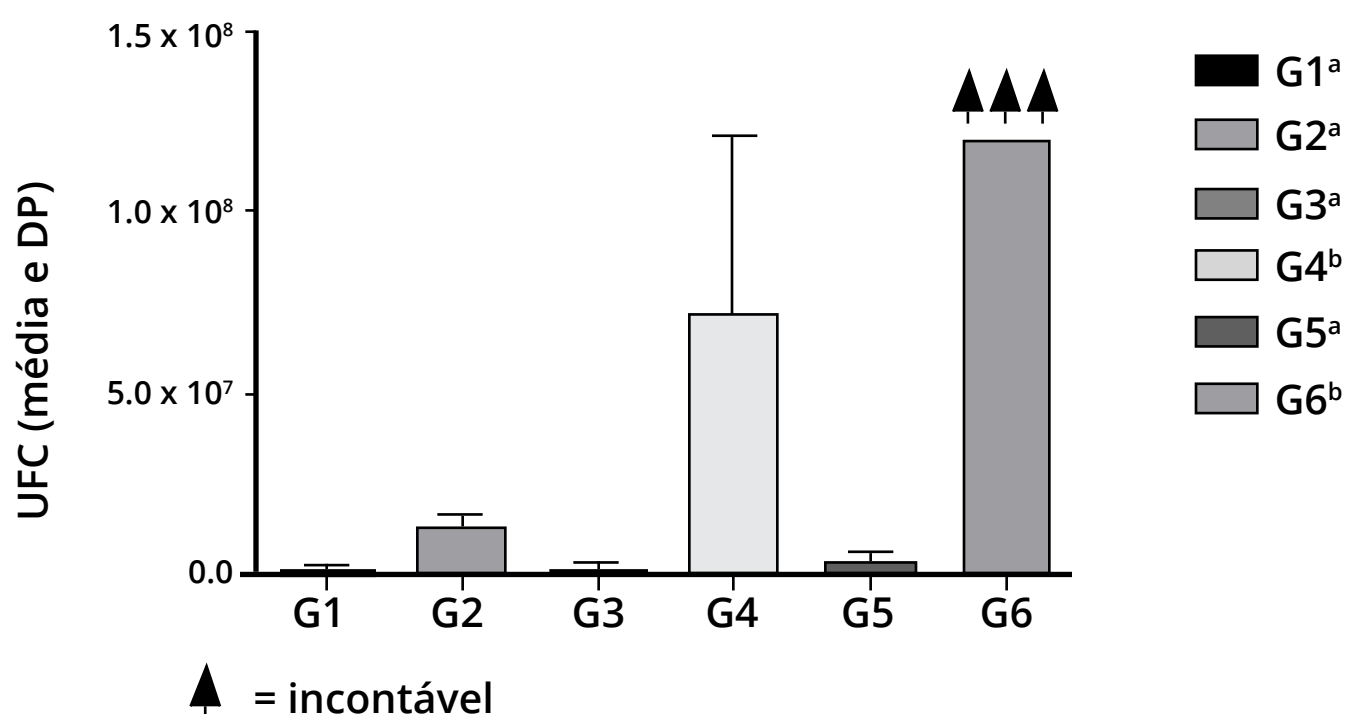


Figura 3: Gráfico de colunas dos valores de Unidades Formadoras de Colônia (média e desvio-padrão), representando a atividade antimicrobiana dos diferentes probióticos e controle negativo. Letras sobrescritas diferentes indicam diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p < 0,05$).

DISCUSSÃO

O mecanismo de ação da terapia probiótica consiste em promover a substituição de patógenos nocivos presentes em uma determinada microbiota por outras bactérias não patogênicas^{22,23}. De acordo com Bosch et al.¹⁵, cepas probióticas são capazes de apresentar melhor desempenho em um ambiente semelhante ao seu ambiente de origem. Com base nessa prerrogativa, foram utilizados no presente estudo *Lactobacillus casei* e *Lactobacillus brevis*, que podem ser isolados da saliva humana. O *Lactobacillus rhamnosus* foi escolhido pelo fato de existirem vários estudos na literatura avaliando seu efeito na microbiota oral cariogênica¹⁷⁻¹⁹.

Além de cepas probióticas isoladas, esse estudo *in vitro* avaliou a atividade antimicrobiana de duas marcas comerciais de leite fermentado contendo probióticos contra o patógeno oral *Staphylococcus aureus*. Embora esses produtos não tenham sido desenvolvidos com o objetivo de controlar a microbiota patogênica oral, o leite fermentado Batavito® diminuiu as contagens do microrganismo investigado, comprovando seu papel promissor na prevenção da peri-implantite ao redor dos MIs. Esses achados corroboram com os resultados de estudos anteriores^{17,18,20,21}. Embora os estudos mencionados mostrem uma redução de microrganismos cariogênicos, como *S. mutans*, os presentes achados sugerem um desempenho mais amplo dos probióticos contra outro patógeno oral, isto é, *Staphylococcus aureus*.

Uma possível explicação para a superior atividade antimicrobiana do Batavito® foi relatada anteriormente por Lodi et al.²⁴, que atribuíram a diferença na atividade antimicrobiana à sua composição, uma vez que o leite fermentado Batavito® é composto por uma mistura de três bactérias probióticas, enquanto o Yakult® contém uma única bactéria, *L. casei Shirota*. A administração simultânea de diferentes probióticos pode afetar o equilíbrio do ecossistema oral de forma aditiva, cumulativa ou competitiva²⁵.

Nesse estudo, quando apenas cepas não comerciais foram analisadas, observou-se que os *Lactobacillus casei* e *Lactobacillus rhamnosus* possuíam atividade antimicrobiana mais eficiente em comparação com o *Lactobacillus brevis*. A menor eficiência do *Lactobacillus brevis* pode ser explicada pelos achados de Bosch et al.¹⁵, que observaram a incapacidade dessa bactéria probiótica de formar agregados e coagregados com outros microrganismos. É importante enfatizar que a atividade de agregação pode inibir ou reduzir a formação de biofilme por bactérias patogênicas²⁶. No mesmo estudo, o *Lactobacillus casei* apresentou a maior capacidade de agregação entre as 48 espécies testadas¹⁵.

O efeito de surfactantes obtidos de três cepas de *L. acidophilus* na adesão e formação de biofilme por *S. aureus* foi analisado por Walencka et al.²⁷, que obtiveram resultados positivos em termos de inibição causada pelos surfactantes testados. A inibição provavelmente ocorre devido à influência dos surfactantes probióticos na hidrofobicidade da superfície das células estafilocócicas²⁸.

Considerando que algumas cepas de *Lactobacillus* podem induzir cáries, é importante avaliar o potencial cariogênico de cada espécie da bactéria probiótica testada no presente estudo^{17,22}. Porém, Lodi et al.²⁴ observaram que o leite fermentado Batavito® apresentou efeito protetor contra a desmineralização do esmalte dentário.

Apesar dos resultados promissores do efeito dos probióticos na prevenção do biofilme em torno dos MIs, a terapia probiótica deve ser usada como um complemento às técnicas de higiene bucal, como escovação e/ou uso de antimicrobiano tópico. Apesar dos achados positivos, estudos em modelos animais e ensaios clínicos controlados devem ser realizados para verificar o efeito *in vivo* dos probióticos em pacientes submetidos à terapia ortodôntica com MIs.

CONCLUSÃO

Os achados do presente estudo demonstraram que as bactérias probióticas não comerciais, *Lactobacillus casei* e *Lactobacillus rhamnosus*, além do leite fermentado comercializado Batavito®, apresentaram resultados promissores na redução da colonização de mini-implantes por *S. aureus*. Portanto, a hipótese nula foi rejeitada.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Ivana da Silva Lemos (ISL)

Fernanda F. de A. Jassé (FFAJ)

Selly Sayuri Suzuki (SSS)

Cristiane de Melo Alencar (CMA)

Denise Nami Fujii (DNF)

Joissi Ferrari Zaniboni (JFZ)

Hideo Suzuki (HS)

Aguinaldo Silva Garcez (ASG)

Concepção/design do estudo:

ISL, HS, ASG.

Aquisição, análise ou interpretação dos dados:

ISL, FFAJ, SSS, CMA, DNF, JFZ, HS, ASG.

Escrita do artigo:

ISL, FFAJ, CMA, JFZ.

Revisão crítica do artigo:

ISL, FFAJ, SSS, CMA, DNF, JFZ, HS, ASG.

Aprovação final do artigo:

ISL, FFAJ, SSS, CMA, DNF, JFZ, HS, ASG.

Obtenção de fundos:

ISL.

Responsabilidade geral:

ISL, ASG.

Os autores declaram não ter interesses associativos, comerciais, de propriedade ou financeiros, que representem conflito de interesse, nos produtos e companhias descritos nesse artigo.

REFERÊNCIAS

1. Wilmes B, Su YY, Drescher D. Insertion angle impact on primary stability of orthodontic mini-implants. *Angle Orthod*. 2008 Nov;78(6):1065-70.
2. Almeida MR. Biomechanics of extra-alveolar mini-implants. *Dental Press J Orthod*. 2019 Jul-Aug;24(4):93.103.
3. Schwarz F, Derks J, Monje A, Wang HL. Peri-implantitis. *J Periodontol*. 2018 Jun;89 Suppl 1:S267–S290.
4. Pranno N, La Monaca G, Polimeni A, Sarto MS, Uccelletti D, Bruni E, et al. Antibacterial activity against staphylococcus aureus of titanium surfaces coated with graphene nanoplatelets to prevent peri-implant diseases. An in-vitro pilot study. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Mar;17(5):E1568.
5. de Freitas AOA, Alviano CS, Alviano DS, Siqueira Jr JF, Nojima LI, Nojima MCG. Microbial colonization in orthodontic mini-implants. *Braz Dent J*. 2012 May;23(4):422-7.
6. Sato R, Sato T, Takahashi I, Sugawara J, Takahashi N. Profiling of bacterial flora in crevices around titanium orthodontic anchor plates. *Clin Oral Impl Res* 2007 Feb;18(1):21-6.
7. Apel S, Apel C, Morea C, Tortamano A, Dominguez GC, Conrad G. Microflora associated with successful and failed orthodontic mini-implants. *Clin Oral Impl Res*. 2009 Nov;20(11):1186-90.

8. Wu TY, Kuang SH, Wu CH. Factors associated with the stability of mini-implants for orthodontic anchorage: a study of 414 samples in Taiwan. *J Oral Maxillofac Surg*. 2009 Aug;67(8):1595-99.
9. Cerbasi KP. Bacterial etiology and treatment of peri-implantitis. *Innov Implant J Biomater Esthet*. 2010 Jan-Apr;5(1):50-5.
10. Lindhe J, Meyle J. Peri-implant diseases: Consensus report of the Sixth European Workshop on Periodontology. *J Clin Periodontol*. 2008;35(8 Suppl):282-5.
11. Persson GR, Renvert S. Cluster of bacteria associated with peri-implantitis. *Clin Implant Dent Relat Res*. 2014 Dec;16(6):783-93.
12. Harris LG, Mead L, Müller-Oberländer E, Richards RG. Bacteria and cell cytocompatibility studies on coated medical grade titanium surfaces. *J Biomed Mater Res A*. 2006;78(1):50-8.
13. Lafaurie GI, Sabogal MA, Castillo DM, Rincón MV, Gómez LA, Lesmes YA, et al. Microbiome and microbial biofilm profiles of peri-implantitis: a systematic review. *J Periodontol*. 2017;88(10):1066-89.
14. Canullo L, Rossetti PHO, Tallarico M, Oltra DP. Identification of *Staphylococcus aureus* at the internal and external implant surfaces in individuals with periimplant disease: A cross-sectional study. *J Oral Science Rehabilitation*. 2016 Mar;2(1):8-13.
15. Bosch M, Nart J, Audivert S, Bonachera MA, Alemany AS, Fuentes MC, et al. Isolation and characterization of probiotic strains for improving oral health. *Arch Oral Biol*. 2012 May;57(5):539-49.

16. Alp S, Baka ZM. Effects of probiotics on salivary Streptococcus mutans and Lactobacillus levels in orthodontic patients. Am J Orthod Dentofac Orthop. 2018 Oct;154(4):517-23.
17. Näse L, Hatakka K, Savilahti E, Saxelin M, Pönkä A, Poussa T, et al. Effect of long-term consumption of a probiotic bacterium, Lactobacillus rhamnosus GG, in milk on dental caries and caries risk in children. Caries Res. 2001 Nov-Dec;35(6):412-20.
18. Ahola AJ, Yli-Knuuttila H, Suomalainen T, Poussa T, Ahlström A, Meurman JH et al. Short-term consumption of probiotic-containing cheese and its effect on dental caries risk factors. Arch Oral Biol. 2002 Nov;47(11):799-804.
19. Petersson LG, Magnusson K, Hakestam U, Baigi A, Twetman S. Reversal of primary root caries lesions after daily intake of milk supplemented with fluoride and probiotic lactobacilli in older adults. Acta Odontol Scand. 2011 Nov;69(6):321-7.
20. Caglar E, Cildir SK, Ergeneli S, Sandalli N, Twetman S. Salivary mutans streptococci and lactobacilli levels after ingestion of the probiotic bacterium Lactobacillus reuteri ATCC 55730 by straws or tablets. Acta Odontol Scand. 2006 Oct;64(5):314-8.
21. Nikawa H, Makihiro S, Fukushima H, Nishimura H, Ozaki Y, Ishida K, et al. Lactobacillus reuteri in bovine milk fermented decreases the oral carriage of mutans streptococci. Int J Food Microbiol. 2004 Sep;95(2):219-23.

22. Seminario-Amez M, López-López J, Estrugo-Devesa A, Ayuso-Montero R, Jané-Salas E. Probiotics and Oral Health: A Systematic Review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2017 May;22(3):e282-e288.
23. Matsumoto M, Tsuji M, Sasaki H, Fujita K, Nomura R, Nakano K, et al. Cariogenicity of the probiotic bacterium *Lactobacillus salivarius* in rats. *Caries Res*. 2005 Nov-Dec;39(6):479-83.
24. Lodi CS, Oliveira LV, Brighenti FL, Delbem AC, Martinhon CC. Effects of probiotic fermented milk on biofilms, oral microbiota, and enamel. *Braz Oral Res*. 2015 Jan;29(1):1-7.
25. Fuller R, Gibson GR. Modification of the intestinal microflora using probiotics and prebiotics. *Scand J Gastroenterol Suppl*. 1997 Apr;222:28-31.
26. Shen S, Samaranayake LP, Yip HK. Coaggregation profiles of the microflora from root surface caries lesions. *Arch Oral Biol*. 2005 Jan;50(1):23-32.
27. Walencka E, Rózalska S, Sadowska B, Rózalska B. The influence of *Lactobacillus acidophilus*-derived surfactants on staphylococcal adhesion and biofilm formation. *Folia Microbiol (Praha)*. 2008 May;53(1):61-6.
28. Vuotto C, Longo F, Donelli G. Probiotics to counteract biofilm-associated infections: promising and conflicting data. *Int J Oral Sci*. 2014 Dec;6(4):189-94.

Comparação *in vitro* da corrosão de alicates ortodônticos esterilizados com ácido peracético e autoclave: um estudo piloto

Livia Kelly Ferraz **NUNES**¹✉

 <https://orcid.org/0000-0003-1310-1161>

Érika Lopes **CARNEIRO**²

 <https://orcid.org/0000-0002-6329-9439>

Nathalia Barbosa **PALOMARES**¹

 <https://orcid.org/0000-0002-6334-2281>

Lilian **SENNA**³

 <https://orcid.org/0000-0002-6316-6687>

Helio **SAMPAIO-FILHO**⁴

 <https://orcid.org/0000-0003-4264-9118>

José Augusto Mendes **MIGUEL**⁵

 <https://orcid.org/0000-0001-5315-663X>

Enviado em: 29 de outubro de 2019 • Revisado e aceito: 24 de junho de 2020

✉ liviakfn@gmail.com

Como citar: Nunes LKF, Carneiro EL, Palomares NB, Senna L, Sampaio-Filho H, Miguel JAM. In vitro comparison of peracetic acid and autoclave sterilization in the corrosion of orthodontic pliers: a pilot study. Dental Press J Orthod. 2021;26(5):e2119353.

(1) Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Odontologia, Departamento de Ortodontia (Rio de Janeiro/RJ, Brasil). (2) Clínica privada (Rio de Janeiro/RJ, Brasil). (3) Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Departamento de Química Analítica (Rio de Janeiro/RJ, Brasil). (4) Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Departamento de Prótese Dentária (Rio de Janeiro/RJ, Brasil). (5) Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Odontologia, Departamento de Ortodontia (Rio de Janeiro/RJ, Brasil).

RESUMO

Introdução: O método mais recomendado para a esterilização dos alicates ortodônticos é a autoclave; porém, o ácido peracético mostrou-se eficaz no processo de esterilização química.

Objetivo: O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito corrosivo do ácido peracético e da autoclave no processo de esterilização de alicates ortodônticos.

Métodos: Foram selecionados quatro alicates de corte de amarelo de aço inoxidável, com ponta ativa de carboneto de tungstênio (WC), das marcas Quinelato (Rio Claro/SP, Brasil) e ICE (Cajamar/SP, Brasil), que foram distribuídos em três grupos: 1) Controle (C), o qual não foi submetido à esterilização; 2) Grupo AC, constituído por duas pontas ativas de alicates submetidas a 100 ciclos de esterilização em autoclave; e 3) Grupo AP, formado por duas pontas ativas de alicates submetidas a 100 ciclos de esterilização por imersão em solução de ácido peracético a 2% durante 30 minutos.

Resultados: Por meio da análise química (EDS, energia dispersiva de raios X), constatou-se que, após esterilização em autoclave, somente o alicate ICE apresentou corrosão por oxidação ($\Delta[\text{O}] = +24,5\%$; $\Delta[\text{Fe}] = +5,8\%$ e $\Delta[\text{WC}] = -1,9\%$), enquanto na esterilização em ácido peracético, ambas as marcas, ICE ($\Delta[\text{O}] = +1,8\%$; $\Delta[\text{Fe}] = +18,0\%$ e $\Delta[\text{WC}] = -1,1\%$) e Quinelato ($\Delta[\text{O}] = +5,3\%$; $\Delta[\text{Fe}] = -10,4\%$ e $\Delta[\text{WC}] = -15,2\%$), apresentaram corrosão. A análise morfológica demonstrou que o ácido peracético causou uma corrosão localizada em pite em ambas as marcas, enquanto a autoclave ocasionou uma corrosão superficial uniforme no alicate ICE.

Conclusão: A autoclave foi o método de esterilização que gerou menor dano corrosivo aos alicates ortodônticos, em comparação à imersão em ácido peracético a 2%.

Palavras-chave: Esterilização. Corrosão. Autoclave. Ácido peracético.

INTRODUÇÃO

De acordo com os princípios da Biossegurança, a esterilização dos alicates e outros instrumentos ortodônticos é essencial para evitar a infecção cruzada entre os pacientes, principalmente devido à contaminação por saliva ou sangue. Embora existam diversos métodos químicos e físicos de esterilização, a autoclave é o mais utilizado e recomendado para uso odontológico¹.

No processo de esterilização por autoclave, os materiais sofrem uma ação conjugada da temperatura e umidade. É produzido um vapor que umedece os materiais, libera calor e elimina os microrganismos por meio da coagulação de proteínas². Assim, repetidos ciclos de esterilização por autoclave podem induzir corrosão nos instrumentos metálicos³ e influenciar na perda do corte do instrumental utilizado, principalmente nos alicates de corte⁴. Esses danos geram uma redução na vida útil dos alicates e um aumento de custo financeiro com a renovação dos materiais ortodônticos.

Nos alicates de corte, especificamente, a corrosão afeta três áreas: a dobradiça, a lâmina de corte e a junção da solda da lâmina. Esse dano vai desde uma corrosão uniforme, a qual afeta toda a extensão da superfície e é menos danosa ao instrumental, até uma corrosão localizada em pite, que consiste na formação de pequenas cavidades, a qual é mais destrutiva e pode danificar uma ou mais áreas⁵. Ambos os tipos de corrosão podem ocasionar a perda da eficácia de corte dos alicates⁴.

Embora os danos aos alicates ortodônticos possam ter diversas etiologias, como o uso inadequado e a fadiga mecânica, a causa mais frequente é a esterilização por autoclave, devido à combinação de calor e umidade³.

Entre as novas opções de métodos de esterilização, destaca-se o ácido peracético, que possui comprovada eficácia nos processos de desinfecção e esterilização de materiais odontológicos^{6,7}. Esse é um agente desinfetante de alto nível, que induz desnaturação proteica e ruptura da permeabilidade da membrana celular¹.

Entretanto, ainda há poucos estudos sobre o efeito corrosivo da solução de ácido peracético a 2% em Ortodontia. Em 2016, Tavares⁸ demonstrou apenas que a solução de ácido peracético a 2% foi eficaz na esterilização química de alicates, bandas e elásticos em cadeia, pois eliminou 100% dos microrganismos após 15 minutos de imersão; enquanto no estudo de Wichelhaus et al.⁵, os resultados demonstraram que a esterilização pelo ácido peracético causou significativamente menos corrosão superficial do que a estufa. Todavia, desde 2012, o uso de esterilização a seco (estufa) não é permitido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) para esterilização de produtos para saúde, conforme a RDC nº 15/2012.

Assim, diante da escassez de estudos disponíveis, fica clara a necessidade de pesquisas que avaliem o grau de corrosão de alicates ortodônticos submetidos aos dois diferentes processos de esterilização: ácido peracético a 2% (químico) e o tradicional, autoclave (vapor saturado sob pressão).

MATERIAL E MÉTODOS

AMOSTRA

Foram selecionados quatro alicates de corte de amarrilho ortodônticos de duas marcas nacionais diferentes: 1) Quinelato (Rio Claro/SP, Brasil, Lote 16065); e 2) ICE (Cajamar/SP, Brasil, Lote 111604). Todos os alicates de corte utilizados eram constituídos por aço inoxidável e ponta ativa de *widia* (carboneto de tungstênio), conforme provenientes de fábrica.

CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

As pontas ativas dos quatro alicates de corte ortodônticos foram seccionadas com um disco de carborundum acoplado a uma peça reta de baixa rotação. Dessa forma, foram obtidas oito pontas ativas. Para confecção dos corpos de prova, foram selecionadas seis das oito pontas ativas, as quais foram embutidas em resina autopolimerizável epóxi (Aka-Resin Liquid Epoxy, Roskilde, Dinamarca).

A seguir, os seis corpos de prova foram submetidos a um preparo metalográfico, de acordo com a Norma ASTM E 883 – 86, para remover qualquer porosidade ou irregularidade dos corpos de prova. Os corpos de prova foram polidos em máquina Politriz (APL-4 – Arotec, Cotia/SP), com a sequência de lixas d'água de granulações #400, #600, #1200, #1500, #2000 (Arotec, Cotia/SP) e finalização com feltro associado a pasta de diamante.

MÉTODOS DE ESTERILIZAÇÃO UTILIZADOS NA AMOSTRA

Foram analisados três grupos:

- 1) Grupo Controle (C): constituído por duas amostras de pontas de alicates, que não foram submetidas a qualquer tipo de esterilização.
- 2) Grupo AC: composto por duas amostras de pontas de alicates, que foram submetidas a 100 ciclos de esterilização em autoclave (Cristófoli, Vitalle 21L, Paraná, Brasil) no setor de esterilização do Departamento de Ortodontia da Faculdade de Odontologia da UERJ. Os alicates foram lacrados no interior de envelopes autosselantes (Amcor – Cambé, Paraná, Brasil) e autoclavados, respeitando-se o ciclo de esterilização e secagem de 45 minutos, à temperatura de 132°C e pressão de 1 atm. Após cada ciclo, os alicates foram removidos do envelope autosselante utilizado, selados em um novo envelope e reintroduzidos na autoclave.

- 3) Grupo AP: formado por duas amostras de pontas de alicates, que foram submetidas a 100 ciclos em ácido peracético a 2% (Sekusept Aktiv, Fórmula & Ação, São Paulo/SP, Brasil) durante 30 minutos, como recomendado pelo fabricante. Em seguida, as amostras de alicates foram lavadas em água destilada estéril, para remover qualquer resíduo corrosivo e, então, secas com toalhas de papel descartável. Esse procedimento foi repetido 100 vezes.

ANÁLISE MICROSCÓPICA DO EFEITO CORROSIVO DOS PROCESSOS DE ESTERILIZAÇÃO

Após a conclusão dos ciclos de esterilização, os grupos Controle, AC e AP foram submetidos à análise microscópica no Laboratório de Microscopia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal Fluminense do Polo de Nova Friburgo. Para a análise morfológica da corrosão, foi determinada uma região de interesse a 3 mm da ponta ativa do alicate, que consiste na parte funcional mais importante desse instrumento. Todas as amostras foram submetidas à análise morfológica em microscópio eletrônico de varredura (JEOL, modelo JSM-IT300LV), sob ampliação de 500X.

Além disso, foi realizada a análise do tipo EDS (energia dispersiva de raios X), a qual analisa superfícies de diferentes estruturas por microanálise química por raios. Essa microanálise permitiu avaliar a composição metálica dos alicates conforme recebidos

da fábrica (Grupo Controle) e também detectar alterações na composição química das pontas dos alicates submetidos aos dois métodos de esterilização testados (Grupos AC e AP).

RESULTADOS

GRUPO CONTROLE

As fotomicrografias das pontas ativas, obtidas sob ampliação de 500X no MEV para análise morfológica, dos alicates conforme recebidos da fábrica estão apresentadas na Figura 1.

A ponta ativa dos alicates de corte de ambos os fabricantes apresentou três componentes. Os números abaixo correspondem às regiões identificadas nas fotomicrografias das Figuras 1, 2 e 3:

- 1) Parte de aço inoxidável, cuja composição principal contém uma liga de ferro (Fe) e cromo (Cr) e, também, pode conter outros metais, como níquel (Ni) e carbono (C).
- 2) Solda de prata, que possui em sua composição uma liga de prata (Ag), cobre (Cu) e zinco (Zn), sendo comum a inclusão de outros metais, como manganês (Mn) e estanho (Sn).
- 3) Lâmina de corte, que é composta sobretudo por carboneto de tungstênio (*widia*, WC), com um baixíssimo teor de outros metais, como o cobalto (Co).

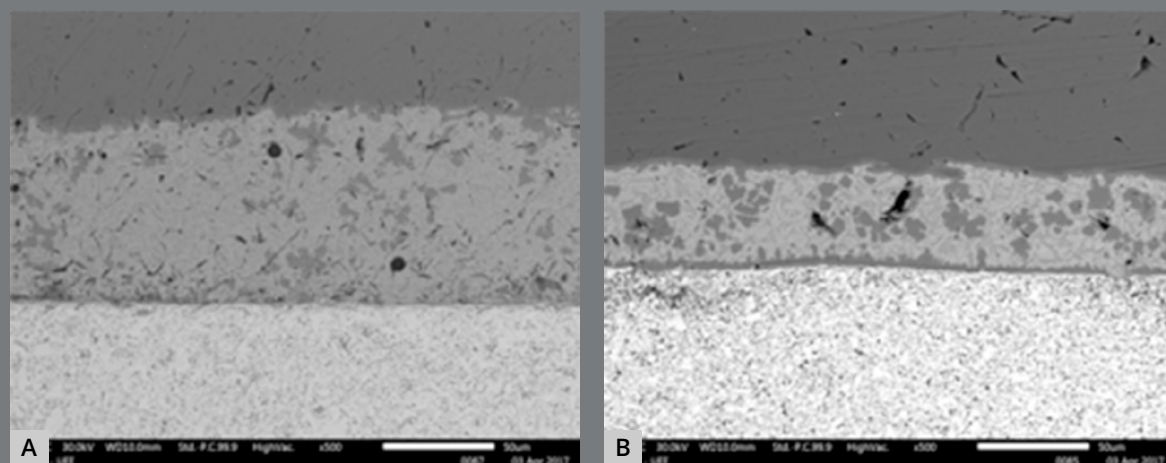


Figura 1: Fotomicrografias das pontas ativas dos alicates do grupo Controle, em uma ampliação de 500X ao MEV: **A)** alicate ICE; e **B)** alicate Quinelato.

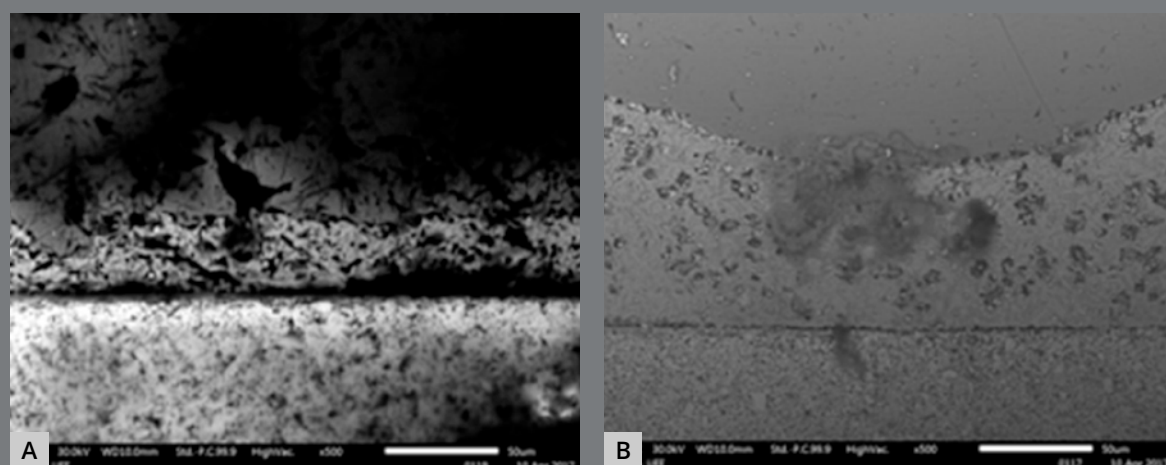


Figura 2: Fotomicrografias das pontas ativas dos alicates do grupo Autoclave, em uma ampliação de 500X ao MEV: **A)** alicate ICE; e **B)** alicate Quinelato.

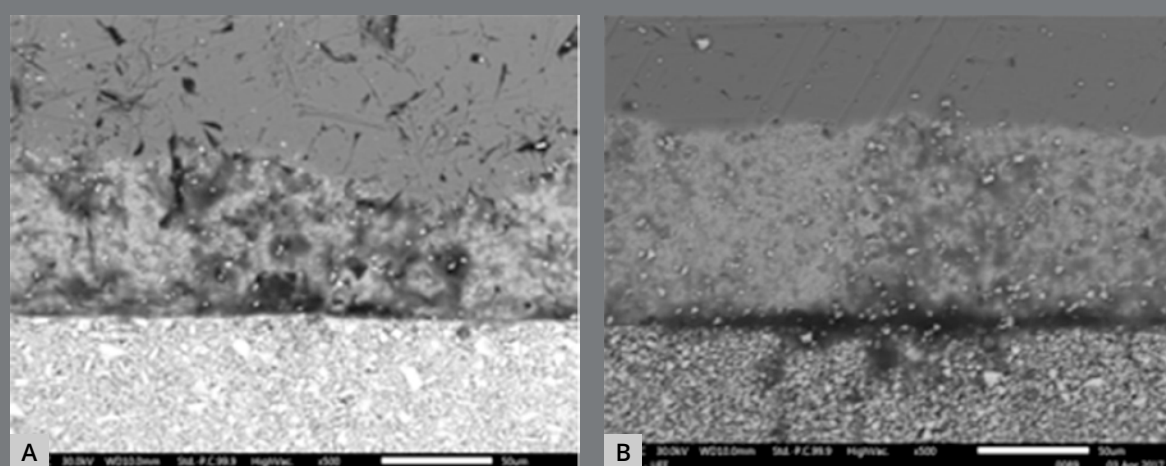


Figura 3: Fotomicrografias das pontas ativas dos alicates do grupo Ácido Peracético, em uma ampliação de 500X ao MEV: **A)** alicate ICE; e **B)** alicate Quinelato.

Os resultados da análise química EDX estão apresentados na Tabela 1.

Na parte do aço inoxidável, o alicate Quinelato apresentou uma composição constituída por 26,8% de ferro, 5,2% de cromo, 7% de carbono e 0,7% de níquel; enquanto no fabricante ICE as porcentagens de ferro (18,6%) e de cromo (3,6%) foram menores, e a de níquel (2,1%), maior.

Na região da solda de prata, todos os elementos químicos constituintes apresentaram percentuais mais elevados no alicate da ICE, comparado ao da Quinelato.

Tabela 1: Microanálise química superficial das ligas presentes na ponta ativa dos grupos controle dos alicates ICE e Quinelato, obtida pela análise EDS do MEV.

Elementos químicos (%)	ICE	QUINELATO
	Controle	Controle
Fe	18,6%	26,8%
Cr	3,6%	5,2%
C	-	7,0%
Ag	24,4%	5,4%
Zn	9,0%	1,9%
Cu	6,6%	1,6%
Mn	3,0%	1,0%
Al	0,7%	0,5%
Ni	2,1%	0,7%
WC	27,5%	40,5%
Co	-	6,4%
O	4,4%	3,1%

Na região de corte, foi detectado um percentual do carboneto de tungstênio (WC) mais elevado no alicate Quinelato do que no ICE. Além disso, em ambos os fabricantes, foi observada uma superfície heterogênea. O alicate Quinelato apresentou grãos compactados de WC mantidos em conjunto por uma matriz de cobalto, sendo que alguns grãos não foram cobertos pela matriz. Já o alicate ICE apresentou uma superfície ainda mais heterogênea, sem matriz de cobalto em sua composição.

Quanto à presença de oxigênio (O), que causa oxidação do material, foi detectada em ambas as marcas, em maior concentração no alicate ICE (O = 4,4%) do que no Quinelato (O = 3,1%).

GRUPO AUTOCLAVE

As fotomicrografias das pontas ativas desse grupo, em ampliação de 500X no MEV, constam na Figura 2. Os resultados da análise EDX das ligas presentes nas pontas ativas do grupo Autoclave dos fabricantes ICE e Quinelato estão apresentados nas Tabelas 2 e 4.

O alicate ICE apresentou, na parte do aço inoxidável, concentrações mais elevadas de ferro, cromo e oxigênio, quando comparadas às do Grupo Controle, o que demonstra uma corrosão superficial, com formação de óxido na superfície (cromo e/ou óxido ferroso); enquanto o alicate Quinelato não apresentou corrosão, pois não foi detectada a presença do oxigênio (O) após a realização dos 100 ciclos em autoclave.

Tabela 2: Microanálise química superficial das ligas presentes na ponta ativa do grupo Autoclave dos alicates ICE e Quinelato, obtida pela análise EDS do MEV.

Elementos químicos (%)	ICE		QUINELATO	
	Controle	100 ciclos autoclave	Controle	100 ciclos autoclave
Fe	18,6%	24,4%	26,8%	31,8%
Cr	3,6%	5,1%	5,2%	6,9%
C	-	-	7,0%	-
Ag	24,4%	9,6%	5,4%	24,3%
Zn	9,0%	1,0%	1,9%	5,7%
Cu	6,6%	1,8%	1,6%	6,9%
Mn	3,0%	0,4%	1,0%	1,3%
Al	0,7%	0,9%	0,5%	-
Ni	2,1%	-	0,7%	-
WC	27,5%	25,6%	40,5%	21,2%
Co	-	1,8%	6,4%	-
O	4,4%	28,9%	3,1%	-

Tabela 3: Microanálise química superficial das ligas presentes na ponta ativa do grupo Ácido Peracético dos alicates ICE e Quinelato, obtida pela análise EDS do MEV.

Elementos químicos (%)	ICE		QUINELATO	
	Controle	100 ciclos autoclave	Controle	100 ciclos autoclave
Fe	18,6%	36,6%	26,8%	16,4%
Cr	3,6%	6,8%	5,2%	3,3%
C	-	-	7,0%	-
Ag	24,4%	11,2%	5,4%	23,5%
Zn	9,0%	4,2%	1,9%	8,3%
Cu	6,6%	3,1%	1,6%	6,3%
Mn	3,0%	1,1%	1,0%	2,7%
Al	0,7%	1,1%	0,5%	-
Ni	2,1%	1,3%	0,7%	1,8%
WC	27,5%	26,4%	40,5%	25,3%
Co	-	-	6,4%	2,3%
O	4,4%	6,2%	3,1%	8,4%

Tabela 4: Comparação da microanálise química superficial das ligas presentes na ponta ativa dos alicates ICE e Quinelato nos grupos Controle, Ácido Peracético e Autoclave, obtida pela análise EDS do MEV.

Elementos químicos (%)	Alicate ICE					Alicate Quinelato				
	Controle (C)	Grupo AP	Δ AP-C	Grupo AC	Δ AC-C	Controle (C)	Grupo AP	Δ AP-C	Grupo AC	Δ AC-C
Fe	18,6	36,6	+18,0	24,4	+5,8	26,8	16,4	-10,4	31,8	+5,0
Cr	3,6	6,8	+3,2	5,1	+1,5	5,2	3,3	-1,9	6,9	+1,7
C	-	-	-	-	-	7,0	-	-7,0	-	-7,0
Ag	24,4	11,2	-13,2	9,6	-14,8	5,4	23,5	+18,1	24,3	18,9
Zn	9,0	4,2	-4,8	1,0	-8,0	1,9	8,3	+6,4	5,7	3,8
Cu	6,6	3,1	-3,5	1,8	-4,8	1,6	6,3	+4,7	6,9	+5,3
Mn	3,0	1,1	-1,9	0,4	-2,6	1,0	2,7	+1,7	1,3	+0,3
Al	0,7	1,1	+0,4	0,9	+0,2	0,5	-	-0,5	-	-0,5
Ni	2,1	1,3	-0,8	-	-2,1	0,7	1,8	+0,9	-	-0,7
WC	27,5	26,4	-1,1	25,6	-1,9	40,5	25,3	-15,2	21,2	-19,3
Co	-	-	-	1,8	+1,8	6,4	2,3	-4,1	-	-6,4
O	4,4	6,2	+1,8	28,9	+24,5	3,1	8,4	+5,3	-	-3,1

Na região da solda de prata do alicate ICE, todos os elementos químicos constituintes apresentaram menores percentuais no grupo Autoclave do que no grupo Controle. Já no alicate Quinelato, foi detectado o inverso: menores concentrações no grupo Controle em relação ao grupo teste Autoclave.

Na região de corte, foram detectadas menores concentrações de carboneto de tungstênio (WC) nos alicates de ambos os fabricantes submetidos à esterilização em autoclave, de forma mais significativa na marca Quinelato do que na ICE, mostrando que foram liberados para o meio cristais de WC. Além disso, a matriz que envolve o WC na marca Quinelato foi totalmente perdida após os 100 ciclos em autoclave.

GRUPO ÁCIDO PERACÉTICO

As fotomicrografias das pontas ativas desse grupo, obtidas em ampliação de 500X no MEV, estão apresentadas na Figura 3. A análise EDX das ligas presentes nas pontas ativas do Grupo Ácido Peracético dos fabricantes ICE e Quinelato está apresentada, respectivamente, nas Tabelas 3 e 4.

Após os 100 ciclos de imersão no ácido peracético, pode-se perceber que houve oxidação na parte de aço inoxidável do alicate ICE, com concentrações mais elevadas de ferro, cromo e oxigênio — o maior indicador de oxidação —, em relação ao grupo Controle. Já na marca Quinelato, percebe-se que houve oxidação, pelo aumento no percentual de oxigênio; contudo não foi nessa região, pois as concentrações de ferro e cromo foram reduzidas.

Já na região da solda de prata, todos os elementos químicos que formam essa área mostraram uma redução na marca ICE; porém, no alicate Quinelato houve um aumento, o que indica que ocorreu oxidação nessa região.

Na região de corte, houve uma perda em porcentagem do elemento químico carboneto de tungstênio em ambas as marcas, ICE e Quinelato; contudo, a matriz de cobalto (Co), presente somente na marca Quinelato, não foi totalmente eliminada após imersão em ácido peracético.

DISCUSSÃO

Para minimizar, prevenir ou reduzir os riscos de infecção cruzada dentro do consultório ortodôntico, é necessária a adoção de medidas de precaução padrão na prática diária^{1,9-11}.

Contudo, muitos ortodontistas negligenciam o controle de infecção e acabam realizando somente desinfecção dos materiais¹². Os motivos do alto percentual de adeptos da desinfecção podem ser atribuídos ao grande volume de pacientes atendidos em um dia, ao menor tempo de duração dos atendimentos, ao custo e tempo de todo o processo de esterilização e à diminuição da vida útil dos alicates quando submetidos a constantes esterilizações em autoclave³.

No consultório ortodôntico, os alicates ortodônticos são os instrumentos mais utilizados durante o atendimento ao paciente^{13,14}. Na presente pesquisa, os alicates ortodônticos de corte de amarelo foram escolhidos por serem característicos da atividade ortodôntica e mais sensíveis ao dano na ponta ativa cortante^{5,15}. Assim, foram testados quatro alicates de corte de amarelo ortodôntico de duas marcas nacionais: ICE e Quinelato. Por ser um estudo *in vitro*, o número reduzido de amostras foi suficiente para a detecção de diferenças entre os grupos. Apenas a ponta ativa desses alicates foi avaliada, visto que essa é a parte funcional mais importante do alicate de corte.

O processo de corrosão é dependente do material e das condições do meio. Dessa forma, a avaliação do efeito dos processos de desinfecção e esterilização na corrosão do alicate é de grande importância. Como a autoclave é considerada o método de esterilização mais seguro e recomendado, por eliminar todas as formas de vida¹, foi utilizada como padrão-ouro nesse estudo. Diferentes autores^{3,15,17,18}, afirmaram que o calor úmido da autoclave pode causar corrosão nos alicates. Todavia, Jones et al.¹⁹ utilizaram uma escala visual para analisar alicates ortodônticos após seis meses de esterilização em autoclave, e encontraram resultados satisfatórios, corroborando o estudo de Vendrell et al.²⁰, que não detectaram deterioração na ponta ativa dos alicates após ciclos de esterilização em autoclave e estufa. Vale ressaltar que Jones et al.¹⁹ utilizaram um método pouco eficaz de avaliação, e que Vendrell et al.²⁰ efetuaram poucos ciclos de esterilização (somente 6 e 12 ciclos).

Tais resultados corroboram parcialmente os dados obtidos no presente estudo, no qual, após 100 ciclos em autoclave, encontrou-se corrosão em apenas um dos fabricantes (ICE), não sendo detectada corrosão no alicate da Quinelato. Esse dado pode ser explicado pela diferença de porcentagem das ligas que compõem os alicates da Quinelato e da ICE, conforme observado no grupo Controle.

Como método alternativo à autoclave, o agente químico mais aceito atualmente para a desinfecção de instrumentais é o ácido peracético a 2%¹. Esse agente apresenta excelente eficácia; fácil utilização; é não corrosivo; seguro para o paciente, o profissional e meio ambiente; não tóxico e não alergênico em baixas concentrações.

Diversos estudos já confirmaram a eficácia desse desinfetante e esterilizante químico^{21,22}. Entretanto, poucos avaliaram o seu efeito corrosivo nos materiais odontológicos. Na Ortodontia, Wichelhaus et al.⁵ avaliaram alicates ortodônticos de corte distal e Weingart após 500 ciclos de esterilização em estufa e ácido peracético a 5%. Após avaliação no microscópio eletrônico de varredura, concluíram que o ácido peracético causou menos corrosão do que a estufa. Todavia, o tipo de corrosão causada pelo ácido peracético (localizada em pite) foi considerado mais danoso do que o gerado pela estufa (uniforme). Os resultados do presente estudo corroboram esses dados anteriores, pois o ácido peracético a 2% foi corrosivo para ambos os fabricantes; apesar de ter sido menos corrosivo na marca ICE.

Para melhor avaliação da corrosão, é necessário que a composição das ligas de cada marca de alicate seja avaliada por meio da análise do tipo EDS no MEV. A literatura apresenta apenas um estudo com essa metodologia: Benyahia et al.⁴ analisaram a corrosão de alicates ortodônticos de corte, de marcas diferentes,

após 50 ciclos em autoclave e 50 ciclos em diferentes desinfetantes químicos (Peridíol E 1%; Hexanios G + R 0,5%; Steranios 2%). Nos alicates em que houve corrosão, essa se manifestou de forma diferente dependendo do método de esterilização utilizado, sendo a desinfecção química mais agressiva do que a esterilização em autoclave. Os dados do presente estudo corroboraram esse resultado, pois a autoclave ocasionou corrosão em apenas um fabricante (ICE), e o ácido peracético a 2% gerou corrosão em ambas as marcas (ICE e Quinelato).

No presente estudo, o alicate de corte da Quinelato apresentou na parte do aço inoxidável porcentagens de: 26,8% de ferro (Fe), 5,2% de cromo (Cr), 7% de carbono (C) e 0,7% de níquel (Ni). Já o fabricante ICE mostrou uma porcentagem inferior de Fe (18,6%) e de Cr (3,6%), enquanto o Ni apresentou uma porcentagem maior (2,1%).

O Cr é um dos elementos mais importantes na composição do alicate, pois confere excelente resistência à corrosão ao material, sendo responsável pela formação de um filme protetor superficial, que reduz drasticamente a taxa de corrosão. Esse filme protetor é formado quando o cromo em contato com o oxigênio se oxida, formando uma camada fina e estável de óxido de cromo (Cr_2O_3). Isso impede a passagem de oxigênio até o aço e protege contra processos corrosivos.

O elemento químico carbono (C), que foi encontrado apenas no fabricante Quinelato, é adicionado à composição do alicate visando aumentar a dureza do material. Já o níquel (Ni) melhora a resistência da liga a altas temperaturas, e fornece ductilidade e soldabilidade, melhorando sua resistência em geral. Logo, como o alicate do fabricante Quinelato apresentou presença de carbono e teor de cromo mais elevado em sua composição, é justificado que esse alicate não tenha sofrido corrosão após 100 ciclos de esterilização em autoclave. De forma diversa, foi detectada corrosão no alicate do fabricante ICE após o mesmo procedimento.

A solda de prata, que apresenta em sua composição prata (Ag), cobre (Cu), zinco (Zn) e manganês (Mn), permite a união entre os metais que compõem o alicate. Após 100 ciclos em ácido peracético, o fabricante ICE apresentou uma redução de todos os elementos químicos da solda de prata, com perda desses elementos para o meio em que foram imersos. Entretanto, houve um aumento desses componentes na marca Quinelato, juntamente com o aumento de oxigênio (O), o que indica que ocorreu oxidação nessa região após esterilização em ácido peracético.

A *widia* é um aglomerado de carbonetos de metais raros (principalmente de tungstênio, de tântalo, de titânio e de molibdênio), com um ligante de cobalto ou de níquel, no qual a coesão do conjunto é realizada por sinterização. Como é bastante

resistente ao desgaste mecânico, geralmente é utilizada na parte ativa cortante, soldada ou fixada ao corpo da ferramenta. Além disso, o carboneto de tungstênio (WC) é envolto por uma matriz, comumente o elemento cobalto (Co) em baixo teor, que preenche os vazios entre os grãos de WC. Após 100 ciclos em autoclave e ácido peracético a 2%, houve uma diminuição desse componente em ambas as marcas, juntamente com a diminuição da matriz de cobalto (Co) na marca Quinelato, indicando que houve uma perda desse componente.

O resultado dessa pesquisa mostra que o ácido peracético foi o mais danoso para os alicates de ambos os fabricantes, pois gerou uma corrosão localizada em pite, enquanto a autoclave ocasionou uma corrosão superficial uniforme apenas no alicate ICE.

A corrosão superficial é menos danosa do que a localizada, e pode ser eliminada por meio de remoção mecânica (polimento) ou produtos químicos⁵. Logo, esse resultado confirma que a autoclave é o método mais recomendado de esterilização, corroborando a recomendação da ANVISA de que os instrumentais metálicos sejam esterilizados por processo físico, pois são termorresistentes. A esterilização química deve ser utilizada em instrumentais termossensíveis apenas quando não houver outro método que a substitua¹.

O presente estudo apresentou resultados inéditos sobre a comparação do efeito corrosivo do ácido peracético e da autoclave, apesar do número reduzido de amostras. Vale ressaltar que o uso clínico dos alicates pode apresentar resultados diferentes, uma vez que outros fatores — como fadiga mecânica, resíduos de sangue e/ou saliva, limpeza e enxágue sem água destilada, secagem incorreta e falta de lubrificação — também podem gerar corrosão do alicate^{4,19,20}.

Logo, pesquisas futuras também devem testar os alicates após uso clínico e protocolos de esterilização de cada método avaliado, seguindo as recomendações do fabricante quanto à desinfecção, secagem, lubrificação, embalagem, esterilização e armazenamento dos alicates de corte ortodônticos.

CONCLUSÃO

Diante dos resultados do presente estudo piloto, concluiu-se que em ambos os métodos de esterilização foi observada corrosão nos alicates. A esterilização por imersão em ácido peracético a 2% parece causar uma corrosão mais danosa do que com o método de autoclave.

Vale ressaltar a importância do desenvolvimento de novas pesquisas, com a avaliação da corrosão após o uso clínico, para a ampliação do conhecimento a respeito desse tema e a avaliação de outros fatores relacionados à corrosão.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Livia Kelly Ferraz Nunes (LKFN)

Érika Lopes Carneiro (ELC)

Nathalia Barbosa Palomares (NBP)

Lilian Senna (LS)

Helio Sampaio-Filho (HSF)

José Augusto Mendes Miguel (JAMM)

Concepção/design do estudo:

ELC, HSF, JAMM.

Aquisição, análise ou interpretação dos dados:

LKFN, ELC, NBP, LS, HSF, JAMM.

Escrita do artigo:

LKFN, NBP.

Revisão crítica do artigo:

LKFN, ELC, NBP, LS, HSF, JAMM.

Aprovação final do artigo:

LKFN, ELC, NBP, LS, HSF, JAMM.

Responsabilidade geral:

LKFN.

Os autores declaram não ter interesses associativos, comerciais, de propriedade ou financeiros, que representem conflito de interesse, nos produtos e companhias descritos nesse artigo.

REFERÊNCIAS

1. Brasil. Ministério da Saúde. Serviços odontológicos: prevenção e controle de riscos. Brasília: MS; 2006. Série Normas e Manuais Técnicos.
2. Pinter MG, Gabrielloni MC. Central de material e esterilização. In: Fernandes AT, Fernandes MOV, Ribeiro Filho N, Graziano KU, Gabrielloni MC, Cavalcante NJF, et al. Infecção hospitalar e suas interfaces na área da saúde. São Paulo: Atheneu; 2000. p. 1041-60.
3. Thompson RP, Bogues WH. An investigation into methods used to clean and sterilize orthodontic instruments and bands. Br J Orthod. 1977 Oct;4(4):201-3.
4. Benyahia H, Merzouk N, Ebn Touhami M, Zaoui F. Effects of sterilization and disinfection procedures on the corrosion of orthodontic ligature cutters. Int Orthod. 2012 Mar;10(1):1-15.
5. Wichelhaus A, Brauchle G, Mertmann M, Sander FG. Corrosion of orthodontic pliers using different sterilization procedures. J Orofac Orthop. 2004 Nov;65(6):501-11.
6. Almeida CMF, Carvalho AS, Duarte DA. Evaluation of disinfection methods of orthodontics pliers. Dental Press J Orthod. 2012 Jul-Aug;17(4):105-9.
7. Lacerda VA, Pereira LO, Hirata JUNIOR R, Perez CR. Evaluation of two disinfection/sterilization methods on silicon rubber-based composite finishing instruments. Am J Dent. 2015 Dec;28(6):337-41.

8. Tavares, TMP. Avaliação da eficácia do ácido peracético na desinfecção e esterilização química de acessórios ortodônticos [tese]. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro; 2016.
9. Eklund KJ. Infection control. Dent Clin North Am. 2003 Oct;47(4):697-708.
10. Miguel JAM. Controle de infecção no consultório ortodôntico. Soc Bras Orthod. 1997;3(3):96-100.
11. McCarthy GM, Mamandras AH, MacDonald JK. Infection control in the orthodontic office in Canada. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1997 Sep;112(3):275-81.
12. Monteiro CGJ, Martins MME, Cury-Saramago AA, Teixeira HP. Biosafety conducts adopted by orthodontists. Dental Press J Orthod. 2018 May-Jun;23(3):73-9.
13. Bardini ACQ. Avaliação da contaminação de alicates ortodônticos durante rotina clínica e após processo de desinfecção com álcool etílico 70% [dissertação]. Campinas: CPO São Leopoldo Mandic; 2009.
14. Azeredo F, Menezes LM, Silva RM, Rizzatto SMD, Garcia GG, Revers K. Análises microbiológicas de alicates ortodônticos. Dental Press J Orthod. 2011 May-June;16(3):103-12.
15. Masunaga MI. Sterilization in orthodontics. Part 3. Corrosion of instruments. J Clin Orthod. 1987 May;21(5):331-2.

16. Gentil V. Corrosão. 6. ed. São Paulo: LTC; 2011.
17. Mulick JF. Upgrading sterilization in the orthodontic practice. Am J Orthod. 1986 Apr;89(4):346-51.
18. Payne GS. Sterilization and disinfection in the orthodontic office: a practical approach. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 1986 Sep;90(3):250-2.
19. Jones M, Pizarro K, Blunden R. The effect of routine steam autoclaving on orthodontic pliers. Eur J Orthod. 1993 Aug;15(4):281-90.
20. Vendrell RJ, Hayden CL, Taloumis LJ. Effect of steam versus dry-heat sterilization on the wear of orthodontic ligature-cutting pliers. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2002 May;121(5):467-71.
21. Lynam PA, Babb JR, Fraise AP. Comparison of the mycobactericidal activity of 2% alkaline glutaraldehyde and 'Nu-Cidex' (0.35% peracetic acid). J Hosp Infect. 1995 Jul;30(3):237-40.
22. Montebugnoli L, Chersoni S, Prati C, Dolci G. A between-patient disinfection method to control water line contamination and biofilm inside dental units. J Hosp Infect. 2004 Apr;56(4):297-304.

Efeito das forças ortodônticas no comprimento radicular de segundos pré-molares inferiores com raízes incompletas: um estudo clínico randomizado de boca dividida

Kazem **DALAIE**¹

 <https://orcid.org/0000-0002-5430-3301>

Mohammadreza **BADIEE**²

 <https://orcid.org/0000-0002-7777-8748>

Mohammad **BEHNAZ**¹

 <https://orcid.org/0000-0002-2763-3292>

Shahab **KAVOUSINEJAD**³ 

 <https://orcid.org/0000-0002-9129-5435>

Enviado em: 06 de fevereiro de 2020 • Revisado e aceito: 29 de julho de 2020

 dr.shahab.k93@gmail.com

Como citar: Dalaie K, Badiie M, Behnaz M, Kavousinejad S. Effect of orthodontic forces on root length of immature mandibular second premolars: a split-mouth randomized clinical trial. Dental Press J Orthod. 2021;26(5):e2119355.

(1) Department of Orthodontics, School of Dentistry, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

(2) Dentofacial Deformities Research Center, Research Institute of Dental Sciences, School of Dentistry, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. (3) Postgraduate Student of orthodontics, Department of Orthodontics, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

RESUMO

Objetivo: Avaliar o efeito das forças ortodônticas nas mudanças do comprimento radicular de segundos pré-molares inferiores com raízes incompletas.

Métodos: Foram avaliados 64 segundos pré-molares inferiores (SPI) com raízes incompletas (lados direito e esquerdo da mandíbula) de 32 pacientes com idades entre 10 e 13 anos. O tratamento ortodôntico teve início após a obtenção de radiografias periapicais (T_1) dos SPIs de cada paciente. Foram colados braquetes em todos os dentes, com exceção dos SPIs (do lado esquerdo ou direito, de forma aleatória, como grupo controle; e o SPI contralateral como grupo teste). Após 9 a 12 meses, uma segunda radiografia periapical (T_2) foi obtida dos SPIs de cada paciente. Então, braquetes foram colados nos SPIs do grupo controle, que não haviam sido colados anteriormente. Após 18 ± 3 meses, uma terceira radiografia periapical (T_3) foi obtida. As mudanças no comprimento radicular foram avaliadas por meio de uma nova fórmula. Os SPIs teste e controle foram comparados em T_1 , T_2 e T_3 usando ANOVA para medidas repetidas e testes paramétricos. Valores de $p < 0,05$ foram considerados estatisticamente significativos.

Resultados: Não foi encontrada diferença significativa no comprimento radicular médio dos SPIs entre os grupos teste e controle em T_1 ($p = 0,48$) e T_3 ($p = 0,078$). O comprimento radicular dos SPIs em T_2 ($p = 0,001$) foi significativamente diferente entre os lados teste e controle, sendo que o grupo teste apresentou maior comprimento radicular do que o grupo controle.

Conclusões: As forças ortodônticas aplicadas para o alinhamento e nivelamento de SPIs com raízes incompletas podem não ter efeitos danosos nas raízes, podendo, inclusive, acelerar a formação radicular em curto prazo. O comprimento radicular normal foi alcançado ao fim da formação radicular.

Palavras-chave: Dentes com ápice aberto. Força ortodôntica. Formação radicular. Reabsorção radicular.

INTRODUÇÃO

A reabsorção radicular apical avançada é uma possível consequência do tratamento ortodôntico, estando também relacionada a alguns fatores biológicos¹. O encurtamento do comprimento radicular como resultado da reabsorção apical externa é irreversível e imprevisível². A magnitude média de reabsorção radicular varia de 0,5 mm a 3 mm, conforme relatado na literatura^{3,4}. Na maioria dos pacientes ortodônticos, a magnitude da reabsorção radicular é clinicamente insignificante. Todavia, em um número limitado de pacientes, os dentes são severamente afetados. A reabsorção de mais da metade do comprimento radicular afeta a função, além de comprometer a sobrevida do dente. Inúmeros fatores podem contribuir para a reabsorção radicular, incluindo: suscetibilidade genética^{5,6}, sucção digital⁷, formato da raiz dentária, histórico de trauma prévio ao tratamento, tratamento endodôntico, tipo de aparelho ortodôntico, magnitude da carga e do movimento dentário, duração do tratamento e estágio de desenvolvimento radicular². Em termos gerais, tem sido bem aceito que o período entre o fim da dentição mista e o início da dentição permanente (no momento da erupção dos caninos e pré-molares) seria o mais adequado para o início do tratamento ortodôntico⁸, pois nesse momento, normalmente, os dentes permanentes ainda não estão com suas raízes completamente desenvolvidas.

O efeito da força ortodôntica em dentes com raízes incompletas não tem sido adequadamente estudado. Alguns autores^{8,9} acreditam que a movimentação de dentes com raízes incompletas possa ser um fator de risco para a reabsorção radicular, encurtamento radicular ou fechamento precoce do ápice radicular. A malformação da bainha epitelial de Hertwig altera a tendência de calcificação do ápice radicular, e a raiz pode não alcançar seu comprimento normal^{8,9}. Consolaro et al.¹⁰ relataram que o movimento de dentes com ápice aberto diminuiria o comprimento radicular devido ao fechamento precoce do ápice radicular, e não à reabsorção radicular. Por outro lado, alguns autores têm afirmado que dentes com raízes incompletas são mais resistentes à reabsorção radicular causada por forças ortodônticas^{7,11,12}, e que a movimentação dentária não apresenta efeitos adversos nesses dentes¹³. Tem sido relatado que o tratamento ortodôntico não afeta a formação da dentina em dentes permanentes jovens, podendo até mesmo ativar odontoblastos e acelerar a mineralização da dentina¹⁴. Mavragani et al.⁴ avaliaram radiografias pré- e pós-operatórias e demonstraram que o desenvolvimento radicular de incisivos laterais com raízes incompletas continua durante o tratamento ortodôntico, sem que ocorra encurtamento radicular.

Radiografias periapicais e panorâmicas podem ser utilizadas para avaliar o comprimento radicular durante o tratamento ortodôntico. Porém, as radiografias panorâmicas apresentam limitações, como, por exemplo: a sua qualidade depende da posição do paciente e da distância entre as estruturas anatômicas e o ponto focal¹⁵; além disso, a taxa de magnificação em diferentes partes da cabeça e face é variável (de 20 a 35%)¹⁶. Por outro lado, a taxa de magnificação nas periapicais, normalmente, é menor do que 5%.¹⁷ Por tudo isso, as radiografias panorâmicas não são adequadas para avaliar o formato da raiz e outras anomalias como a dilaceração radicular, pois podem superestimar a reabsorção radicular em até 20%¹⁵.

Considerando-se a alta demanda por tratamento ortodôntico dos adolescentes, a necessidade de início precoce do tratamento ortodôntico e as controvérsias existentes sobre os efeitos desse tratamento no desenvolvimento das raízes dentárias, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do tratamento ortodôntico no comprimento radicular de segundos pré-molares inferiores com raízes incompletas. Outros estudos avaliaram o efeito da movimentação ortodôntica em incisivos com raízes incompletas; porém, no presente estudo foram avaliados segundos pré-molares com raízes incompletas, e o método radiográfico aplicado foi a avaliação de radiografias periapicais.

MATERIAL E MÉTODOS

DESENHO DO ESTUDO

O presente estudo clínico randomizado de boca dividida avaliou segundos pré-molares inferiores (SPIs): o segundo pré-molar inferior de um lado serviu como SPI teste, e o dente contralateral serviu como SPI controle.

PARTICIPANTES, CRITÉRIO DE ELEGIBILIDADE E CONFIGURAÇÃO

Foram avaliados 64 segundos pré-molares inferiores de 32 pacientes ortodônticos que precisavam de tratamento ortodôntico para apinhamento anteroinferior. Os dentes apresentavam as raízes incompletas, de acordo com as radiografias panorâmicas iniciais. Os pacientes apresentavam entre 10 e 13 anos de idade, sendo recrutados em uma clínica odontológica e dois consultórios particulares em Teerã/Irã. Todos os pacientes foram tratados pelo mesmo ortodontista. Os critérios de inclusão foram: presença de SPIs com raízes incompletas (estágio F tardio ou G precoce, segundo Demirjian¹⁸), tanto no lado direito quanto no lado esquerdo da mandíbula; necessidade de tratamento ortodôntico fixo; apinhamento moderado na região posteroinferior (1-3mm de cada lado); má oclusão de Classe I; ausência de cáries ou restaurações nos pré-molares; e nenhuma evidência de anomalias de desenvolvimento dentário antes do tratamento. Os critérios de exclusão foram: dilaceração radicular, anomalias de desenvolvimento dentário ou apinhamento posteroinferior severo (>4 mm). Todos os pacientes

se assemelhavam em termos do estágio de desenvolvimento dentário (F tardio ou G precoce, segundo Demirjian¹⁸). O estágio de desenvolvimento dentário dos SPIs de ambos os lados da mandíbula era o mesmo. A Figura 1 apresenta o fluxo do diagrama CONSORT desse estudo.

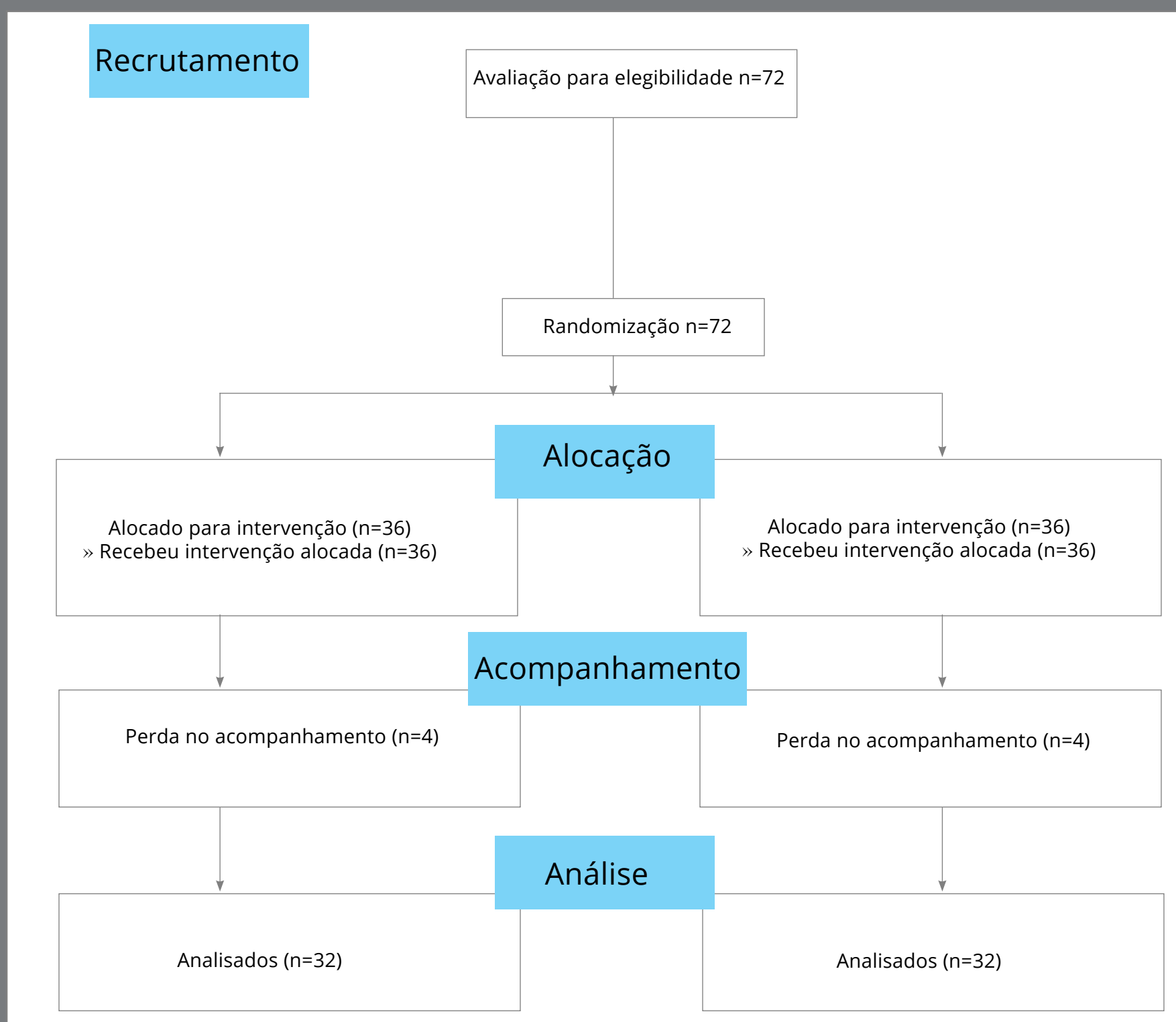


Figura 1: Fluxo do diagrama CONSORT desse estudo.

INTERVENÇÃO

Inicialmente, foram obtidas as radiografias periapicais dos SPLs utilizando-se a técnica de paralelismo (T_1). Foram colados braquetes (prescrição MBT com *slot* 0,022", American Orthodontics) em todos os dentes, exceto nos SPLs controle, que foram selecionados aleatoriamente, por meio de uma tabela de números aleatórios, para servir como grupo controle. O alinhamento e o nivelamento tiveram início com arcos NiTi 0,014" (American Orthodontics). A sequência de fios foi a mesma para todos os pacientes, e os fios de aço 0,018" de aço inoxidável foram utilizados após 6 meses. Após 9 meses de tratamento, uma segunda radiografia periapical (T_2) foi obtida dos SPLs. Em seguida, os braquetes foram colados nos SPLs controle. A partir desse estágio até o fim do tratamento, ambos os SPLs (teste e controle) possuíam braquetes e estavam sujeitos à aplicação de carga. Ao fim do tratamento (após 18 ± 3 meses), foi obtida uma terceira radiografia periapical (T_3) dos SPLs. Nesse momento, os SPLs apresentavam ápices fechados e seu desenvolvimento estava completo. A sequência de fios (T_1 a T_3) foi a seguinte: 0,014" e 0,016" NiTi, 0,016" e 0,018" de aço inoxidável, 0,016" x 0,022" e 0,017" x 0,025" NiTi e 0,018" x 0,025" de aço inoxidável, para uso de elásticos de finalização. Após a colagem dos SPLs controle, a sequência prévia de arcos de NiTi foi substituída, em sobreposição ao arco de aço 0,018". Os dentes não apresentaram qualquer dilaceração radicular ou lesão periapical durante ou ao fim do tratamento.

RESULTADOS PRIMÁRIOS E SECUNDÁRIOS

O comprimento radicular dos SPIs foi considerado como resultado primário, sendo aferido em três tempos distintos: T_1 (início), T_2 (após 9 a 12 meses) e T_3 (ao fim do tratamento, após 18 ± 3 meses). O comprimento radicular foi aferido nas radiografias periapicais e comparado entre os diferentes tempos. Ou seja, o comprimento radicular foi comparado entre T_1 e T_2 , e também entre T_1 e T_3 , nos lados teste e controle. Todas as radiografias periapicais foram escaneadas e salvas como imagens digitais, com a mesma resolução. As medições foram realizadas utilizando-se o *software* Photoshop (Adobe®, EUA). Em cada imagem digitalizada, foram marcados quatro pontos: ponta de cúspide, junção cimento-esmalte (JCE) mesial e distal, e ponta da raiz. Para os dentes que não apresentavam raízes completamente formadas, a ponta da raiz foi considerada como o ponto médio da linha conectando as bordas mesial e distal da raiz. O comprimento radicular foi aferido da ponta da raiz (para dentes com raízes incompletas, foi utilizado o ponto médio da linha conectando as bordas mesial e distal do ápice) ao ponto médio da linha conectando as JCE mesial e distal (Fig. 2).

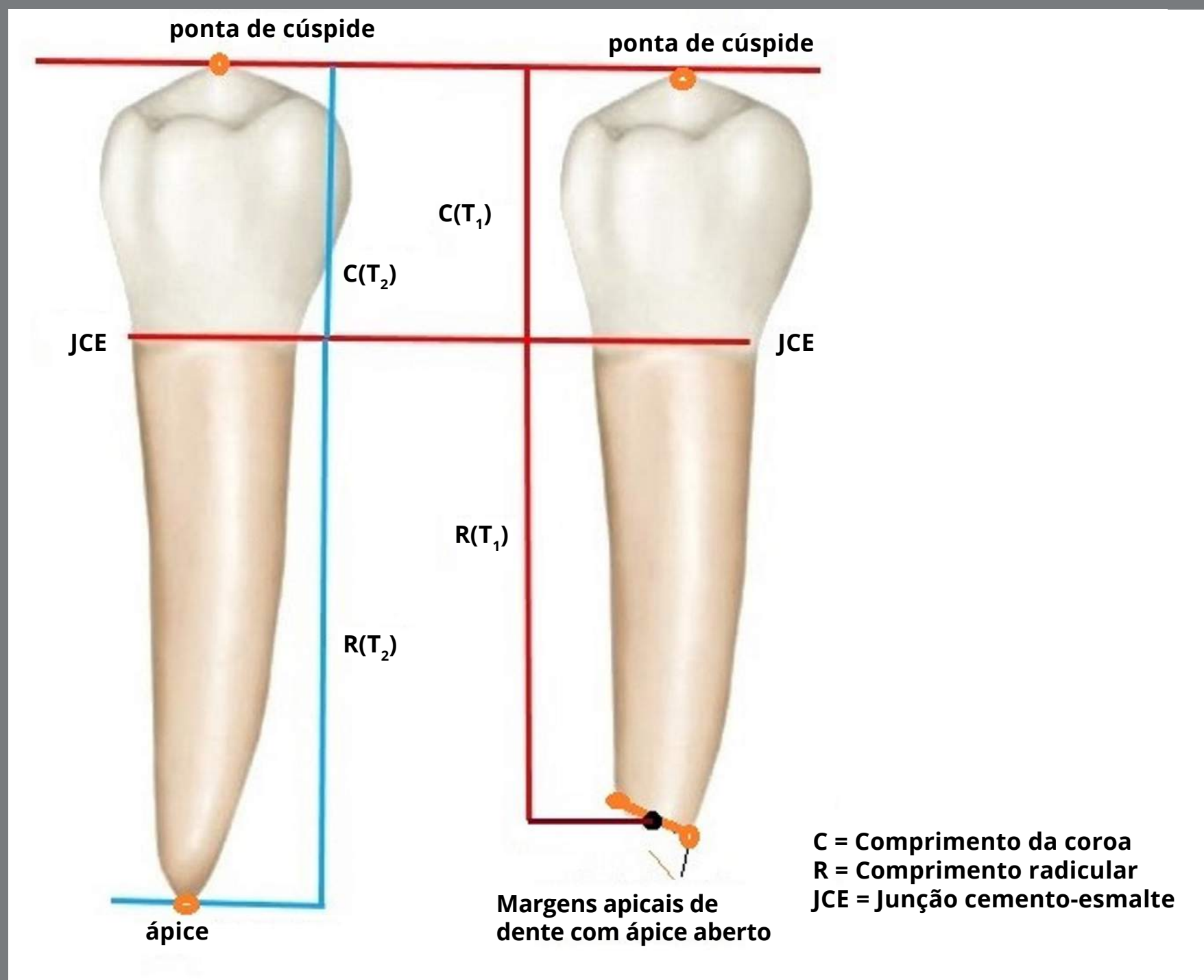


Figura 2: Vista esquemática das medições do comprimento radicular dos segundos pré-molares inferiores na radiografia periapical. Direita: ápice aberto; esquerda: ápice fechado.

Para reduzir os erros de medição nas imagens digitais, foram aplicados dois fatores de correção: o fator de conversão de *pixels* para milímetros (PMCF) foi aplicado em T_1 , T_2 e T_3 , e o fator de correção (CF) foi aplicado em T_2 e T_3 , para minimizar o erro nas medições. Para converter *pixels* em milímetros, todas as radiografias periapicais foram escaneadas ao lado de uma régua transparente (Fig. 3). O PMCF foi calculado por meio da divisão do comprimento medido digitalmente na régua (p. ex., 1 mm) pelo número de *pixels* no mesmo comprimento (p. ex., medindo 1mm na régua da radiografia escaneada, em *pixels*) (Fig. 4 e 5). Para casos com dificuldade na marcação da ponta de cúspide, foi marcado outro ponto de referência na coroa em T_2 e T_3 (por exemplo, o topo de uma restauração ou algum local na coroa). Esse ponto deveria ser constante em todas as três imagens. O comprimento da coroa (do mesmo ponto de referência em T_1 , T_2 e T_3) foi utilizado para o cálculo do fator de correção (CF) .

A seguinte fórmula foi utilizada para calcular o PMCF em milímetros por *pixels* (mm/pixel):

$$\text{PMCF} = \frac{\text{comprimento medido}}{\text{número de } \textit{pixels} \text{ nesse mesmo comprimento medido}}$$

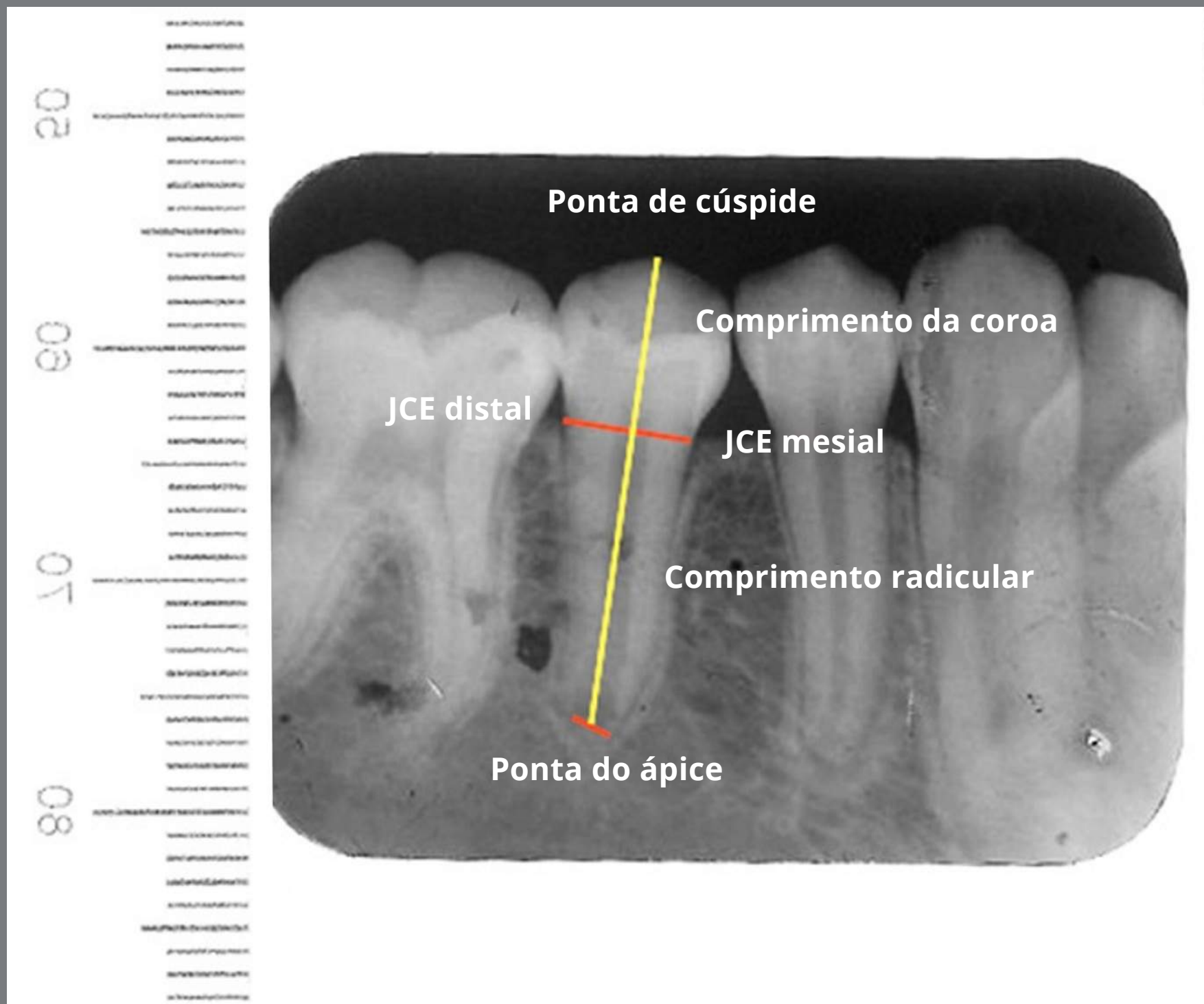


Figura 3: Medições do comprimento da coroa e da raiz, nas radiografias periapicais digitalizadas, escaneadas com uma régua transparente para calibrar a imagem (usando o fator de conversão de pixel para milímetros, ou PMCF).

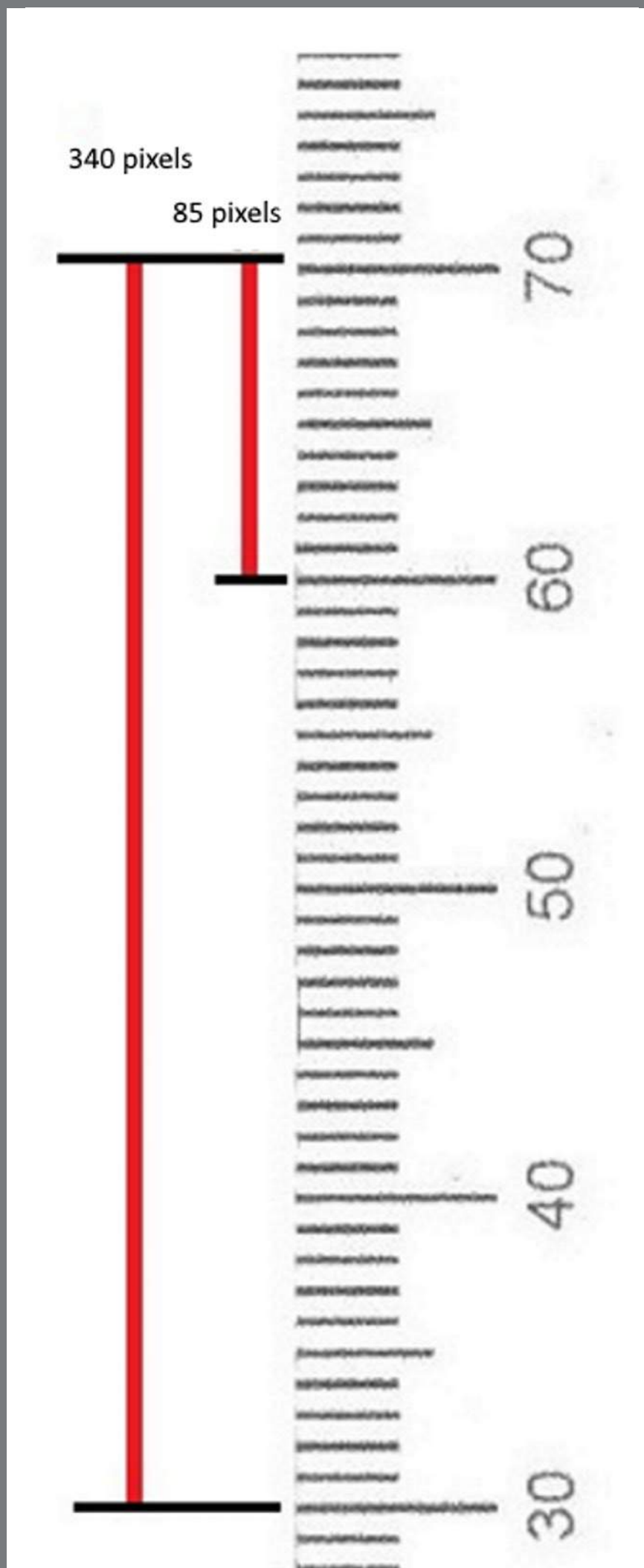


Figura 4: Régua transparente escaneada com a radiografia periapical, demonstrando como calibrar a imagem (usando o fator de conversão de *pixels* para milímetros, PMCF).



Figura 5: T1) Os pontos de referência identificados foram: ponta de cúspide, JCEs mesial e distal, e ponta da raiz. Nos dentes com ápice aberto, a ponta da raiz é o centro da linha que conecta suas bordas mesial e distal. O comprimento da coroa é a distância perpendicular da ponta da coroa à linha que conecta as JCEs mesial e distal. **T2)** Foram identificados os mesmos pontos de referência e distâncias. As JCEs mesial e distal são exatamente iguais ao estágio T1. Devido ao desenvolvimento da raiz, o comprimento radicular é maior do que em T1. A coroa do segundo pré-molar não foi identificada, com a finalidade de cegamento do estudo, sendo calculada somente após o fator de correção para T1 e T2, enquanto as JCEs estavam visíveis, para as medições do comprimento da raiz. **T3)** Os pontos de referência e as distâncias foram identificados; as JCEs mesial e distal são exatamente iguais aos estágios T1 e T2. A raiz está completamente formada nesse estágio e o ápice está fechado.

O CF elimina uma possível diferença das radiografias entre T_1 e T_2 , e também entre T_1 e T_3 . Uma vez que o comprimento da coroa foi constante (obtido por meio da divisão do comprimento da coroa em T_1 pelo comprimento da coroa em T_2), o CF foi obtido e multiplicado pelos valores do comprimento da raiz em T_2 e T_3 . A seguinte fórmula foi utilizada para calcular o CF:

$$\text{CF2 (para a segunda PA)} = \frac{\text{comprimento da coroa em } T_1}{\text{comprimento da coroa em } T_2}$$

$$\text{CF3 (para a terceira PA)} = \frac{\text{comprimento da coroa em } T_1}{\text{comprimento da coroa em } T_3}$$

Para calcular o CF, o mesmo ponto na coroa foi considerado como referência para a ponta de cúspide em todas as três radiografias periapicais escaneadas. A partir desse ponto, uma linha foi traçada perpendicularmente à linha conectando as JCEs mesial e distal. O mesmo processo foi repetido para todas as três radiografias de cada paciente. Em seguida, o comprimento vertical entre a ponta de cúspide e a linha conectando as JCEs mesial e distal foi mensurado em milímetros e usado na fórmula para calcular o CF. Finalmente, foi calculado o CF para a comparação de T_2 e T_1 (CF2) e também de T_3 e T_1 (CF3) para os segundos pré-molares inferiores direito e esquerdo. Os valores do comprimento radicular em T_1 , T_2 e T_3 foram colocados

na fórmula do comprimento radicular (Fórmulas 1 e 2) em milímetros. O valor exato da mudança no comprimento radicular foi calculado pelas fórmulas para cada dente (segundos pré-molares inferiores esquerdo e direito). Todas as medições foram realizadas por um mesmo operador.

Comparação de T_2 com T_1 (Fórmula 1):

Mudança no comprimento radicular (mm) = [PMCF x CF2 x comprimento radicular T2 (*pixels*)] – [PMCF x comprimento radicular T1 (*pixels*)]

Comparação de T3 com T1 (Fórmula 2):

Mudança no comprimento radicular (mm) = [PMCF x CF3 x comprimento radicular T3 (*pixels*)] – [PMCF x comprimento radicular T1 (*pixels*)]

Valores negativos indicam reabsorção radicular, enquanto valores positivos indicam formação radicular. Após o cálculo do comprimento radicular em milímetros em T_1 , T_2 e T_3 nos lados direito e esquerdo, as mudanças no comprimento radicular foram calculadas separadamente para os grupos teste e controle. A diferença no comprimento radicular dos segundos pré-molares foi calculada para cada grupo em T_2 comparada a T_1 , e em T_3 comparada a T_1 .

CÁLCULO DO TAMANHO AMOSTRAL

Foi estabelecido o valor de 0,4 mm como diferença significativa no comprimento radicular entre os grupos teste e controle (devido às limitações na obtenção de medições precisas do comprimento e do risco de erros nas medições em radiografias periapicais 2D). Todas as radiografias escaneadas foram avaliadas em um computador, com resolução de 382 x 304 *pixels*. Se o comprimento real de uma radiografia periapical padrão (31x41mm)

for dividido pelo número de *pixels* no mesmo comprimento das radiografias escaneadas, o tamanho de cada *pixel* seria de 0,107 mm. Portanto, se a medição do avaliador tivesse 4 *pixels* de erro (aproximadamente 0,4 mm), esse erro na medição poderia causar erros nos cálculos e nos resultados.

RANDOMIZAÇÃO (GERAÇÃO DOS NÚMEROS ALEATÓRIOS, OCULTAÇÃO DE ALOCAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO)

Nesse estudo clínico de boca dividida, os SPIs direito e esquerdo foram randomizados nos grupos teste e controle, utilizando-se uma tabela de números aleatórios (randomização simples). Portanto, ao início do estudo, o SPI esquerdo de 14 pacientes e o SPI direito de 18 pacientes foram submetidos à aplicação de força ortodôntica (grupo teste).

CEGAMENTO

Os pacientes estavam cientes da alocação de seus dentes no grupo teste ou controle. No entanto, esse conhecimento não apresentou efeito significativo na intervenção e não foi um fator de confusão. Após a obtenção do CF, a coroa de todos os segundos pré-molares (tanto no grupo teste quanto no grupo controle) foi mascarada para as medições do comprimento radicular em T_2 (Fig. 5). Assim, para a medição do comprimento radicular em T_2 , não ficou claro para o avaliador se o SPI pertencia ao grupo teste (com braquete) ou controle (sem braquete), e somente era possível distinguir o lado, direito ou esquerdo. Porém, as JCEs

mesial e distal estavam visíveis em todas as radiografias, para as medições do comprimento radicular. Portanto, o *design* do presente estudo utilizou cegamento simples.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados utilizando-se o *software* SPSS v.25 (SPSS Inc., IL, EUA). A distribuição normal dos dados foi avaliada utilizando-se os testes de Kolmogorov-Smirnov e Shapiro-Wilk. Ambos os testes confirmaram a distribuição normal dos dados em ambos os grupos. Dessa forma, os grupos teste e controle foram comparados usando o teste ANOVA para medidas repetidas e testes paramétricos. A análise ANOVA multivariada foi aplicada para avaliar o efeito da força ortodôntica nas mudanças no comprimento radicular, nos três intervalos de tempo. O teste *t* para uma amostra foi usado para comparar a idade do fechamento do ápice dos segundos pré-molares desse estudo com os valores médios relatados na literatura¹⁹. A confiabilidade das medições foi avaliada por meio do cálculo da confiabilidade intra-avaliador utilizando-se o alfa de Cronbach. Para isso, 20 pacientes foram selecionados aleatoriamente e as medições foram repetidas após 14 dias, pelo mesmo examinador. Os valores obtidos foram comparados com os valores iniciais. A significância estatística desse estudo foi determinada em $p < 0,05$.

CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da *Shahid Behehsti University* (IR.SBMU.RIOS.REC.1396.457) e registrado no *Iranian Registry of Clinical Trials* (IRCT20170928036471N1). Todos os pacientes foram informados sobre o estudo e assinaram um termo de consentimento informado, antes de ingressarem na pesquisa.

RESULTADOS

Dos 32 pacientes avaliados nesse estudo (Fig. 1), 11 (34,4%) eram homens e 21 (65%), mulheres. A idade média foi $11,99 \pm 0,75$ anos (variando de 10,2 a 13 anos). A Tabela 1 apresenta o comprimento médio das raízes dos segundos pré-molares nos dois grupos em T_1 , T_2 e T_3 . O teste ANOVA para medidas repetidas avaliou o efeito do uso de forças ortodônticas (tratamento), do tempo (T_1 a T_3) e da interação entre esses dois fatores no comprimento radicular, considerando o tratamento e o tempo como fatores com repetição. O efeito da interação entre tempo e tratamento no comprimento radicular foi considerado estatisticamente significativo ($p < 0,0001$). A comparação pareada entre o comprimento radicular nos dois lados em cada tempo de avaliação demonstrou uma diferença significativa entre os grupos teste e controle em T_2 , após o ajuste de Bonferroni ($p < 0,0001$).

Na comparação do comprimento radicular médio, separadamente em cada grupo, entre os dois tempos de avaliação, notou-se um aumento significativo no comprimento radicular com o

passar do tempo. Em outras palavras, a aplicação de força ortodôntica em T_2 causou um aumento significativo no comprimento médio da raiz, em comparação ao grupo controle. O tempo apresentou efeito significativo no comprimento radicular em ambos os grupos. Com relação ao tratamento sozinho, os dois grupos apresentaram uma diferença significativa em T_2 . Também foi notada uma correlação significativa entre os comprimentos radiculares nos tempos de avaliação T_1 , T_2 e T_3 . O comprimento radicular aumentou de T_1 para T_2 , e de T_2 para T_3 , em ambos os grupos, independentemente do tratamento. Com relação ao efeito da interação entre o tempo e o tratamento, os dois grupos não foram significativamente diferentes em T_1 (diferença média de $0,032 \pm 0,044$, $p = 0,48$); porém, foi notada uma diferença significativa entre eles em T_2 , com o comprimento radicular no grupo teste (13,64 mm) sendo significativamente maior do que no grupo controle (13,2mm) (diferença média de $0,46 \pm 0,042$, $p = 0,001$). Em T_3 , os dois grupos não foram significativamente diferentes quanto ao comprimento médio da raiz (diferença média de $0,063 \pm 0,035$, $p = 0,078$) (Tab. 1).

O teste ANOVA multivariado foi usado para avaliar o efeito do lado de aplicação da força ortodôntica sobre o comprimento radicular, nos três tempos de avaliação. Os resultados não apresentaram qualquer associação significativa entre o lado de aplicação da força e as mudanças no comprimento radicular ($p = 0,94$).

Tabela 1: Comprimento médio (em milímetros) da raiz dos segundos pré-molares inferiores (SPI) nos dois grupos, em T₁, T₂ e T₃.

Tempo	Grupo	Mínimo (mm)	Máximo (mm)	Média (mm)	DP	Diferença entre os grupos teste e controle* (Média ± DP em mm)	Valor de P
T1	SPI teste	11,03	13,90	12,38	0,66	0,032±0,044	0,48
	SPI controle	10,40	13,73	12,35	0,71		
T2	SPI teste	15,50	14,85	13,64	0,51	0,46±0,042	0,001
	SPI controle	12,00	14,40	13,17	0,54		
T3	SPI teste	13,06	15,90	14,42	0,63	0,063±0,035	0,078
	SPI controle	12,83	15,88	14,36	0,67		

Nível de significância: $p \leq 0,05$; *Comparação pareada, após ajuste de Bonferroni. DP = desvio-padrão.

O teste *t* para uma amostra foi utilizado para comparar o comprimento radicular médio nos dois grupos em T₃ com o comprimento radicular normal dos SPIs, de acordo com o Atlas de Anatomia Dentária de Wheeler²⁰. A Tabela 2 mostra que não houve qualquer diferença significativa entre os valores dos grupos teste e controle e o valor normal ($p = 0,535$ para o grupo teste e $p = 0,267$ para o grupo controle). Para avaliar a confiabilidade intra-avaliador, foi calculado o alfa de Cronbach, com valor de 0,99 (considerado excelente). O teste *t* para uma amostra foi aplicado para avaliar a diferença entre a idade de fechamento do ápice dos SPIs e os valores normais relatados como padrão para dentes humanos¹⁹, revelando diferença significativa nos homens ($p = 0,007$), mas não nas mulheres ($p = 0,267$) (Tab. 3). No entanto, não foi notada qualquer relação significativa entre o sexo e a idade de fechamento do ápice radicular dos SPIs ($p = 0,629$). O erro de medição entre a primeira e a segunda avaliações (após 14 dias) dos 20 pacientes selecionados aleatoriamente foi de $0,33 \pm 0,14$ mm.

Tabela 2: Comparação do comprimento radicular dos segundos pré-molares inferiores (SPI) dos grupos teste e controle com o valor normal descrito no Atlas de Anatomia Dentária de Wheeler.²⁰

	Comprimento radicular (Média ± DP em mm)	Diferença para o comprimento radicular normal do SPI, segundo o Atlas de Anatomia Dentária de Wheeler (mm)*	Valor de P
Valor normal do comprimento radicular, segundo o Atlas de Anatomia Dentária de Wheeler	14,5	-	-
Grupo Teste	14,42 ± 0,63	- 0,08	0,535
Grupo Controle	14,36 ± 0,67	- 0,14	0,267

Nível de significância: $p \leq 0,05$; *Teste t para uma amostra. DP = desvio-padrão.

Tabela 3: Diferença entre a idade de fechamento do ápice radicular dos SPIs e o valor relatado como normal para dentes humanos (Smith¹⁹, 1991).

Sexo	Idade média (em anos) do fechamento do ápice radicular do SPI (média ± DP) no presente estudo	Idade média (em anos) do fechamento do ápice radicular segundo o padrão normal para dentes humanos	Valor de p
Homem	13,44 ± 0,31	14,3 ± 0,11	0,007
Mulher	13,5 ± 0,15	13,7 ± 0,13	0,267

Nível de significância: $p \leq 0,05$; *Teste t para uma amostra. SPI = segundo pré-molar inferior.

DANOS

Os pré-molares não foram danificados nesse estudo. O único possível dano seria a exposição à radiação para tomada das radiografias periapicais, a qual é menor do que a exposição à radiação nas radiografias panorâmicas²¹ — as quais ainda apresentam algumas desvantagens, tais como maior taxa de magnificação e erros de medição^{15,16}.

DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou o efeito da aplicação de força ortodôntica no comprimento radicular de dentes (segundos

pré-molares inferiores, SPIs) com raízes incompletas, em pacientes com 10 a 13 anos de idade. Esse estudo usou um *design* de boca dividida, pois as diferenças entre os indivíduos poderiam afetar os resultados. Assim, em cada paciente, o SPI de um lado serviu como grupo teste e o SPI contralateral, como grupo controle. Os resultados demonstraram que, em curto prazo, a aplicação de força ortodôntica aumentou o comprimento radicular dos SPIs com raízes incompletas, e que os dentes alcançaram seu comprimento radicular normal ao fim do tratamento. Esse achado contrasta com os relatos de Consolaro et al.¹⁰, Oppenheim⁸ e Phillips⁹, os quais afirmaram que a aplicação de força ortodôntica impede que os dentes com ápice aberto atinjam seu comprimento radicular normal, provavelmente devido ao fechamento precoce do ápice radicular, que ocorreria pela calcificação aumentada causada pela deformação da bainha epitelial de Hertwig. Essa diferença entre os resultados pode ser atribuída à metodologia e ao método de medição mais preciso no presente estudo.

Estudos mais recentes, alinhados com os presentes resultados, indicaram que a movimentação ortodôntica de dentes com raízes incompletas não apresentou efeitos adversos no desenvolvimento radicular^{2,22}. Sameshima e Sinclair¹³ observaram que os dentes com raízes incompletas foram mais resistentes à reabsorção radicular após a aplicação de força ortodôntica. Mavragani et al.⁴ relataram que o comprimento radicular final

dos dentes com raízes incompletas ao início do tratamento foi significativamente maior do que nos dentes com as raízes já formadas. Dessa forma, eles indicaram o início do tratamento ortodôntico em idade precoce⁴. Xu and Baumrind²³ relataram baixo risco de reabsorção radicular em dentes com raízes incompletas. Estudos recentes confirmam a ausência de efeitos adversos da força ortodôntica sobre a formação das raízes. Por exemplo, Hendrix et al.² demonstraram que os dentes com raízes incompletas foram mais resistentes à reabsorção radicular durante o tratamento ortodôntico, e sugeriram completar o tratamento ortodôntico antes do fim da formação radicular. Sameshima e Sinclair¹³ relataram o mesmo resultado, e da Silva Filho et al.²⁴ observaram, após a movimentação ortodôntica, desenvolvimento normal de incisivos centrais permanentes com raízes incompletas — no entanto, eles avaliaram o comprimento radicular apenas qualitativamente.

Rudolph²⁵ argumentou que o tratamento ortodôntico precoce apresenta menos efeitos adversos aos dentes. Andreasen et al.²⁶ demonstraram, em um estudo em animais, que o trauma à bainha epitelial de Hertwig não causou efeitos adversos no desenvolvimento radicular. Dessa forma, parece que o trauma devido à aplicação de força ortodôntica não apresenta efeitos adversos na formação da bainha epitelial de Hertwig. Kong et al.¹⁴ demonstraram que a aplicação de força ortodôntica resultou em maior atividade dos odontoblastos e formação

de uma camada mais espessa de pré-dentina. Reitan²⁷ relatou que a reabsorção radicular apical não impediu o desenvolvimento radicular, devido à presença de pré-dentina relativamente espessa, que se apresentava não calcificada e por esse motivo não foi influenciada pelas células clásticas. Os presentes resultados confirmam os achados histopatológicos acima descritos, uma vez que, em curto prazo (nove meses após o início do tratamento), os dentes sob aplicação de força ortodôntica apresentaram maior comprimento radicular do que os dentes controle. Em longo prazo (18 meses após o início), o comprimento radicular dos dentes teste e controle permaneceu o mesmo. Existe a possibilidade de que a aplicação de força ortodôntica aumente o processo de formação radicular, mas esse fator não apresenta efeito significativo no desenvolvimento radicular normal. De T_1 para T_2 , um dos SPIs (esquerdo ou direito, de forma aleatória) de cada paciente não estava sob aplicação de força. De T_2 para T_3 , ambos estavam submetidos à aplicação de força e a raiz estava ainda incompleta. Em T_3 , o ápice radicular estava fechado. De T_2 para T_3 , a força ortodôntica influenciou ambos os grupos. Importante notar que entre T_1 e T_2 a força ortodôntica pode ter acelerado a formação radicular no grupo teste (de acordo com os resultados desse estudo). Os SPIs do grupo teste foram submetidos à força ortodôntica antes dos SPIs do grupo controle, para se avaliar a diferença na quantidade de formação radicular durante um período de tempo específico.

Stenvik e Mjo²⁸ afirmaram que o deslocamento da bainha epitelial de Hertwig pode causar dilaceração durante a movimentação ortodôntica de dentes com ápice aberto. No presente estudo clínico, nenhum dos dentes submetidos ao alinhamento e nivelamento apresentou dilaceração ao fim do tratamento, apesar de estarem no estágio F tardio ou estágio G precoce, segundo Demirjian¹⁸. Esse achado pode ser devido ao estágio de desenvolvimento dos dentes e à pequena magnitude do movimento, devido ao apinhamento suave (1 a 3 mm) na região posterior. Dessa forma, o estágio de desenvolvimento dos dentes, a magnitude da movimentação dentária e a magnitude da força ortodôntica desempenham um papel nesse contexto. A força ortodôntica aplicada aos dentes nos estágios precoces de desenvolvimento aumenta o risco de dilaceração. Além disso, uma movimentação dentária ortodôntica de maior magnitude pode aumentar a deformação da bainha epitelial de Hertwig, com subsequente dilaceração do ápice radicular. Além disso, dentes com raízes incompletas experimentam menos mudanças pulpares, tais como mudanças no suprimento sanguíneo, durante a aplicação de forças ortodônticas, razão pela qual apresentam um limiar de tolerância mais alto do que os dentes com ápice fechado²⁹. Há indícios de que os tecidos adjacentes às raízes dentárias incompletas possam proteger o tecido mineralizado contra a reabsorção durante o tratamento ortodôntico, permitindo a continuação da formação e maturação radicular.

Considerando o que foi descrito acima, assim como os achados do presente estudo, pode-se afirmar que a aplicação de força ortodôntica não causa encurtamento das raízes; pelo contrário, aumenta a formação radicular, pelo menos em curto prazo.

Uma limitação desse estudo foi a menor acurácia das medições em radiografias 2D digitalizadas, em comparação às radiografias 3D. Outra limitação foi a dificuldade na marcação dos pontos na coroa de alguns SPIs com restaurações, rotacionados, etc. São necessários, ainda, mais estudos sobre o efeito de outros movimentos dentários sobre a formação radicular, tais como movimento de corpo e rotação. Um tópico interessante de pesquisa para futuros estudos seria a avaliação do fluxo sanguíneo no periodonto ao redor do ápice de dentes com formação radicular incompleta durante o tratamento ortodôntico.

CONCLUSÃO

A força ortodôntica aplicada para o nivelamento e alinhamento em dentes com formação radicular incompleta pode não apresentar efeitos danosos às raízes e, até mesmo, acelerar a formação radicular em curto prazo. Ao fim do desenvolvimento radicular, foi alcançado o comprimento radicular normal.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Kazem Dalaie (KD)

Mohammadreza Badiee (MBa)

Mohammad Behnaz (MBe)

Shahab Kavousinejad (SK)

Concepção/design do estudo:

KD, MBa, MBe, SK.

Aquisição, análise ou interpretação dos dados:

KD, MBa, MBe, SK.

Escrita do artigo:

SK.

Revisão crítica do artigo:

KD, MBa, MBe, SK.

Aprovação final do artigo:

KD, MBa, MBe, SK.

Obtenção de fundos:

KD.

Responsabilidade geral:

SK.

Os autores declaram não ter interesses associativos, comerciais, de propriedade ou financeiros, que representem conflito de interesse, nos produtos e companhias descritos nesse artigo.

REFERÊNCIAS

1. Mavragani M, Vergari A, Selliseth NJ, Bøe OE, Wisth PL. A radiographic comparison of apical root resorption after orthodontic treatment with a standard edgewise and a straight-wire edgewise technique. *Eur J Orthod*. 2000 Dec;22(6):665-74.
2. Hendrix I, Carels C, Kuijpers-Jagtman AM, Van 'T Hof M. A radiographic study of posterior apical root resorption in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1994 Apr;105(4):345-9.
3. Brezniak N, Wasserstein A. Root resorption after orthodontic treatment: Part 2. Literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1993 Feb;103(2):138-46.
4. Mavragani M, Bøe OE, Wisth PJ, Selvig KA. Changes in root length during orthodontic treatment: advantages for immature teeth. *Eur J Orthod*. 2002 Feb;24(1):91-7.
5. Fernandes LQP, Figueiredo NC, Montalvany Antonucci CC, Lages EMB, Andrade I Jr, Capelli Junior J. Predisposing factors for external apical root resorption associated with orthodontic treatment. *Korean J Orthod*. 2019 Sep;49(5):310-8.
6. Sharab LY, Morford LA, Dempsey J, Falcão-Alencar G, Mason A, Jacobson E, et al. Genetic and treatment-related risk factors associated with external apical root resorption (EARR) concurrent with orthodontia. *Orthod Craniofac Res*. 2015 Apr;18 Suppl 1(Suppl 1):71-82.

7. Linge L, Linge BO. Patient characteristics and treatment variables associated with apical root resorption during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1991 Jan;99(1):35-43.
8. Oppenheim A. Human tissue response to orthodontic intervention of short and long duration. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1942;28(5):263-301.
9. Phillips JR. Apical root resorption under orthodontic therapy. *Angle Orthod*. 1955;25(1):1-22.
10. Consolaro A, Ortiz MFM, Velloso TRG. Teeth with incomplete root formation and orthodontic movement: biological basis. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Maxilar*. 2001 Mar-Abr;6(2):25-30.
11. Apajalahti S, Hölttä P, Turtola L, Pirinen S. Prevalence of short-root anomaly in healthy young adults. *Acta Odontol Scand*. 2002 Jan;60(1):56-9.
12. Apajalahti S, Peltola JS. Apical root resorption after orthodontic treatment -- a retrospective study. *Eur J Orthod*. 2007 Aug;29(4):408-12.
13. Sameshima GT, Sinclair PM. Predicting and preventing root resorption: Part I. Diagnostic factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2001 May;119(5):505-10.
14. Kong X, Cao M, Ye R, Ding Y. Orthodontic force accelerates dentine mineralization during tooth development in juvenile rats. *Tohoku J Exp Med*. 2010 Aug;221(4):265-70.

15. Sameshima GT, Asgarifar KO. Assessment of root resorption and root shape: periapical vs panoramic films. *Angle Orthod*. 2001 Jun;71(3):185-9.
16. Wyatt DL, Farman AG, Orbell GM, Silveira AM, Scarfe WC. Accuracy of dimensional and angular measurements from panoramic and lateral oblique radiographs. *Dentomaxillofac Radiol*. 1995 Nov;24(4):225-31.
17. Larheim TA, Eggen S. Determination of tooth length with a standardized paralleling technique and calibrated radiographic measuring film. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1979 Oct;48(4):374-8.
18. Demirjian A, Goldstein H, Tanner JM. A new system of dental age assessment. *Hum Biol*. 1973 May;45(2):211-27.
19. Smith BH. Standards of human tooth formation and dental age assessment. Trenton: Wiley-Liss; 1991.
20. Nelson SJ. Wheeler's dental anatomy, physiology and occlusion. Amsterdam: Elsevier Health Sciences; 2014.
21. White SC, Pharoah MJ. Oral radiology principles and interpretation. Amsterdam: Elsevier Health Sciences; 2014.
22. Sameshima GT, Sinclair PM. Predicting and preventing root resorption: Part II. Treatment factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2001 May;119(5):511-5.

23. Xu T, Baumrind S. The relationship between apical root resorption and orthodontic tooth movement in growing subjects. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi*. 2002 Jul;37(4):265-8.
24. da Silva Filho OG, Mendes Ode F, Ozawa TO, Ferrari Junior FM, Correa TM. Behavior of partially formed roots of teeth submitted to orthodontic movement. *J Clin Pediatr Dent*. 2004 Winter;28(2):147-54.
25. Rudolph CE. An evaluation of root resorption occurring during orthodontic treatment. *J Dent Res*. 1940 Aug; 19(4):367-71.
26. Andreasen JO, Kristerson L, Andreasen FM. Damage of the Hertwig's epithelial root sheath: effect upon root growth after autotransplantation of teeth in monkeys. *Endod Dent Traumatol*. 1988 Aug;4(4):145-51.
27. Reitan K. Initial tissue behavior during apical root resorption. *Angle Orthod*. 1974 Jan;44(1):68-82.
28. Stenvik A, Mjör IA. Pulp and dentine reactions to experimental tooth intrusion. A histologic study of the initial changes. *Am J Orthod*. 1970 Apr;57(4):370-85.
29. Lagerström L, Kristerson L. Influence of orthodontic treatment on root development of autotransplanted premolars. *Am J Orthod*. 1986 Feb;89(2):146-50.

Alterações tridimensionais do espaço da via aérea faríngea após avanço bimaxilar

Thaís Lima **ROCHA**¹

 <https://orcid.org/0000-0003-3382-0868>

Ludmila **LIMA**¹

 <https://orcid.org/0000-0002-7758-0870>

Arnaldo **PINZAN**¹✉

 <https://orcid.org/0000-0002-7195-5299>

Eduardo **SANT'ANA**²

 <https://orcid.org/0000-0001-5994-5453>

Renato Luiz Maia **NOGUEIRA**³

 <https://orcid.org/0000-0003-1940-0402>

Caroline Nemetz **BRONFMAN**¹

 <https://orcid.org/0000-0001-5143-2178>

Guilherme **JANSON**^{1,4,†}

 <https://orcid.org/0000-0001-5969-5175>



Enviado em: 06 de dezembro de 2019 • Revisado e aceito: 19 de agosto de 2020

✉ arnaldopinzan@gmail.com

Como citar: Rocha TL, Lima L, Pinzan A, Sant'Ana E, Nogueira RLM, Bronfman CN, Janson G. Three-dimensional pharyngeal airway space changes after bimaxillary advancement. Dental Press J Orthod. 2021;26(5):e2119364.

(1) Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia de Bauru, Departamento de Ortodontia (Bauru/SP, Brasil).

(2) Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia de Bauru, Departamento de Estomatologia (Bauru/SP, Brasil).

(3) Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Odontologia, Departamento de Cirurgia Oral (Fortaleza/CE, Brasil).

(4) *In memoriam*.

RESUMO

Introdução: A probabilidade de melhoria do espaço aéreo superior (EAS) com cirurgia ortognática deve ser considerada durante a decisão do tratamento ortodôntico-cirúrgico, proporcionando não somente um benefício estético, mas também funcional, para o paciente.

Objetivo: O objetivo do presente estudo foi avaliar as alterações 3D no espaço das vias aéreas superiores após a cirurgia de avanço maxilomandibular (AMM).

Métodos: Foi realizada uma análise retrospectiva de 56 pacientes, 21 homens e 35 mulheres, com média de idade de $35,8 \pm 10,7$ anos, submetidos a AMM. Foram obtidas tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC) pré- e pós-operatórias para cada paciente, e as alterações no EAS foram comparadas usando o software Dolphin Imaging v. 11.7. Foram medidos dois parâmetros do espaço aéreo faríngeo (EAF): volume das vias aéreas (VVA) e área axial mínima (AAM). Foi utilizado o teste *t* pareado para comparar os dados entre T_0 e T_1 , com nível de significância de 5%.

Resultados: Houve um aumento estatisticamente significativo no EAS. A cirurgia de avanço bimaxilar aumentou o volume das vias aéreas (VVA) e a área axial mínima (AAM) em média $73,6 \pm 74,75\%$ e $113,5 \pm 123,87\%$, respectivamente.

Conclusão: A cirurgia de AMM tende a causar o aumento significativo do EAS; no entanto, esse aumento é altamente variável.

Palavras-chave: Avanço bimaxilar. Cirurgia ortognática. Vias aéreas superiores. Tomografia computadorizada de feixe cônico. Apneia obstrutiva do sono.

INTRODUÇÃO

A estética facial harmoniosa e a ótima oclusão funcional têm sido reconhecidas como os dois objetivos mais importantes do tratamento ortodôntico. Para a correta indicação do tratamento, é necessário um diagnóstico preciso da má oclusão e discrepância esquelética. Isso leva a um planejamento adequado e a um tratamento multidisciplinar, com o objetivo de corrigir estética e função¹.

A insatisfação com a estética facial é considerada o fator motivador mais comum na busca pela cirurgia ortognática, visto que esse é o procedimento indicado para casos de discrepâncias dentárias e esqueléticas severas em pacientes adultos².

Os efeitos nas vias aéreas causados pelos movimentos esqueléticos dos ossos basais após a cirurgia ortognática são essenciais, porque produzem uma alteração na posição do osso hioide e da língua³.

O Espaço Aéreo Superior (EAS) é formado por estruturas de tecidos moles: amígdalas, palato mole, úvula, língua e parede lateral da faringe. A mandíbula e o osso hioide são as principais estruturas ósseas craniofaciais que determinam o tamanho das vias aéreas. Assim, a conformação anatômica do EAS permite que fatores como obesidade, hipotonicidade muscular e deficiência mandibular favoreçam sua obstrução, o que pode gerar a Apneia Obstrutiva do Sono (AOS), a qual tem sido objeto de inúmeros estudos⁴⁻⁷.

A AOS é caracterizada por episódios recorrentes de obstrução parcial ou total das vias aéreas superiores (VAS) durante o sono. O fluxo de ar é reduzido na hipopneia ou totalmente interrompido na apneia. Esses eventos respiratórios são normalmente interrompidos por microdespertares. De acordo com os critérios da Academia Americana de Medicina do Sono (AASM), para diagnosticar a AOS, é necessário que o paciente apresente os seguintes sintomas: sonolência diurna excessiva não explicada por outros fatores, engasgo durante o sono, despertares recorrentes, sono não reparador, fadiga diurna ou dificuldade de concentração e monitoramento polissonográfico durante a noite mostrando cinco ou mais eventos respiratórios obstrutivos por hora de sono⁸.

Vários fatores podem agravar ou predispor aos distúrbios do sono. As alterações no espaço das vias aéreas superiores causadas pela cirurgia ortognática têm sido uma preocupação, pois a qualidade do sono pode melhorar ou piorar com essas alterações. A principal preocupação envolvendo essas mudanças dimensionais causadas pela cirurgia ortognática é a qualidade do sono^{3,9-11}.

Por conseguinte, antes de propor a cirurgia ortognática aos pacientes, o ortodontista deve estar atento às mudanças que podem ocorrer nas vias aéreas superiores. É importante avaliar se o paciente com retrusão mandibular apresenta sintomas associados à apneia obstrutiva do sono, como obesidade,

sonolência diurna excessiva e ronco. A razão disso é que a possibilidade de melhora, ou não, com a cirurgia ortognática deve ser considerada durante a decisão pelo tratamento ortodôntico-cirúrgico, proporcionando não só benefícios estéticos, mas também funcionais para o paciente^{3,9,12,13}.

Embora haja evidências claras de que a cirurgia de avanço bimaxilar pode, efetivamente, aumentar as vias aéreas superiores^{14,15}, a maioria dos estudos tem um número limitado de pacientes¹⁶⁻²⁰. Além disso, eles não quantificaram individualmente a quantidade e as porcentagens de volume de ar superior e os aumentos da área axial mínima. Portanto, o objetivo do presente estudo é avaliar, em imagens 3D, as alterações do espaço aéreo faríngeo (EAF) em pacientes com má oclusão de Classe I ou Classe II esquelética submetidos à cirurgia de avanço bimaxilar com osteotomia sagital bilateral para avanço mandibular, associada a avanço maxilar com osteotomia maxilar Le Fort I.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Bauru (FOB-USP), sob número de protocolo 48092215.0.0000.5417.

Utilizando um erro alfa de 5% e um erro beta de 20%, considerando um desvio-padrão de 37% para detectar uma diferença mínima de 10% para a variável volumétrica do espaço faríngeo, os resultados indicaram que foi necessário um mínimo de 55 pacientes¹³.

Foi realizada análise retrospectiva de 56 pacientes (35 mulheres; 21 homens), com média de idade de $35,8 \pm 10,7$ anos, submetidos à cirurgia ortognática de avanço bimaxilar por queixas funcionais e estéticas. A amostra foi selecionada para ser o mais homogênea possível. Os critérios de inclusão consistiram em pacientes adultos de ambos os sexos com diagnóstico primário de Classe II esquelética e alguns com má oclusão de Classe I esquelética submetidos à cirurgia de avanço bimaxilar. Esses pacientes não tinham diagnóstico documentado de AOS e não tinham indicação respiratória para cirurgia. Foram excluídos pacientes com assimetria facial severa, discrepância transversal da maxila, presença de síndromes, disfunção ou degeneração da articulação temporomandibular e prontuários incompletos. As características da amostra em relação ao sexo e idade são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Sexo e idade da amostra.

	Classe I esquelética		Classe II esquelética		Amostra total	
	n	%	n	%	n	%
Sexo	18	32,1	38	67,9	56	100
Feminino	5	8,9	30	53,6	35	62,5
Masculino	13	23,2	8	14,3	21	37,5
$p < 0,001^{†*}$						
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
Idade	38,43	10,40	38,72	10,76	38,63	10,55
$p = 0,924^{\ddagger}$						

[†]Teste Qui-quadrado; [‡]Teste t; *Estatisticamente significativo $p < 0,05$.

Todos os procedimentos foram realizados pelo mesmo cirurgião, que realizou o avanço maxilar por meio da osteotomia maxilar Le Fort I e o avanço mandibular pela técnica de osteotomia sagital bilateral, com fixação rígida dos segmentos ósseos. A quantidade de avanço foi planejada usando a análise cefalométrica de tecidos moles de Arnett²¹. Os pacientes tiveram um avanço maxilar médio de $3,27 \pm 3,24$ mm e um avanço mandibular médio de $9,41 \pm 4,26$ mm. Houve, também, uma intrusão maxilar média de $-1,3 \pm 4,3$ mm e um movimento mandibular médio para baixo de $0,53 \pm 5,19$ mm. Os deslocamentos horizontais foram medidos dos pontos A e B até uma linha paralela à linha vertical verdadeira, através de Sela, e os deslocamentos verticais foram medidos dos pontos A e B até uma linha perpendicular à vertical verdadeira, que passava pelo ponto Násio. Todos os pacientes receberam o tratamento ortodôntico pós-operatório de rotina.

Todos os pacientes foram submetidos a uma TCFC pré-operatória ao fim do tratamento ortodôntico pré-cirúrgico e a uma TCFC pós-operatória na consulta de acompanhamento, em média 8,43 meses após a cirurgia. Em todos os casos, a TCFC foi realizada com o i-CAT (Imaging Science, Hatfield, PA, EUA). A velocidade de digitalização foi de 40 s, para obtenção de imagens de alta resolução. Os parâmetros radiológicos foram 120 KpV, 36,90 μ Sv e um tamanho de *voxel* de 0,4 mm. Durante as TCFCs, os pacientes foram cuidadosamente instruídos a permanecerem sentados, com o plano horizontal de Frankfurt paralelo ao chão,

a cabeça em posição natural, respirar calmamente e não engolir durante a captura das imagens. As imagens foram, então, armazenadas como arquivos de dados DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*).

Cada TCFC foi processada usando o *software* Dolphin Imaging versão 11.7 (Dolphin Imaging and Management Solutions, Patterson Dental Supply, Inc., Chatsworth, CA). A área de interesse para avaliação das vias aéreas superiores foi definida como velofaringe, orofaringe e hipofaringe. Os limites do EAS utilizado nesse estudo foram duas linhas: a linha superior, passando pela área pós-palatina, e a linha inferior, passando pela área pós-glossal. Os pontos de referência utilizados foram: Espinha Nasal Posterior (ENP) – ponto na borda posterior da espinha nasal; CV₂ – ponto do topo do corpo da segunda vértebra cervical; CV₃ – ponto posterior inferior do corpo da terceira vértebra cervical; e osso hioide (H) – ponto superior posterior do osso hioide. A área de interesse foi definida por uma caixa de recorte retangular com demarcações no espaço aéreo.

Uma vez definida a porção da via aérea de interesse, a ferramenta de análise para vias aéreas 3D do Dolphin foi usada para definir e medir dois parâmetros do EAF: volume da via aérea (VVA) e área axial mínima (AAM). As medições de EAS de cada paciente, antes e após a cirurgia, foram, então, comparadas (Fig. 1).

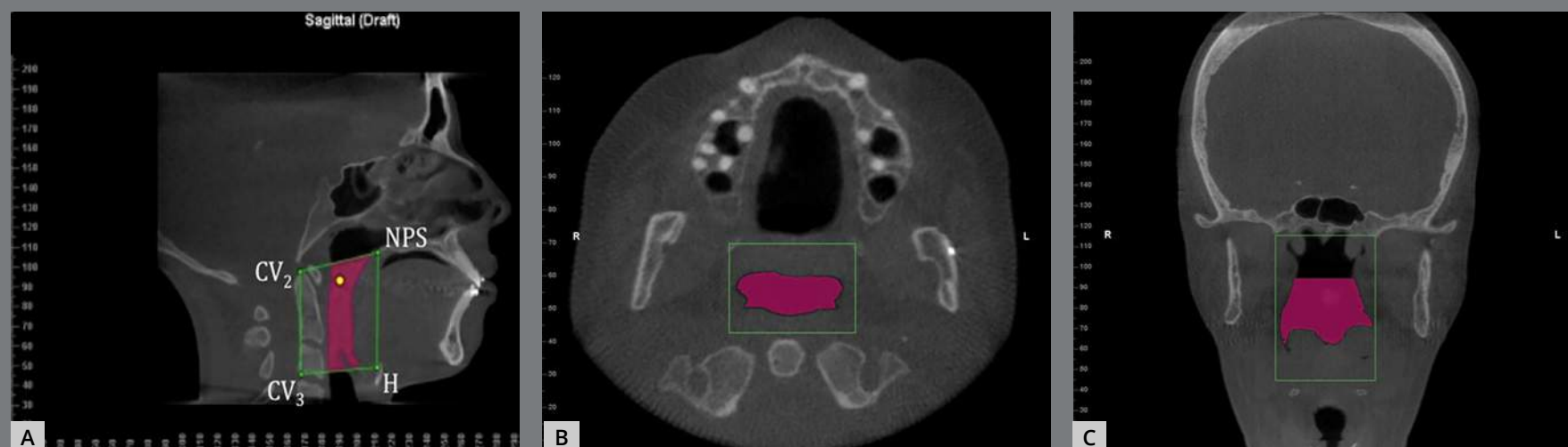


Figura 1: Medição volumétrica das vias aéreas superiores. **A)** Limites das áreas retropalatais e retroglossais na vista sagital. **B, C)** Limites correspondentes na vistas axial e coronal, respectivamente. As áreas rosas denotam a área de interesse definida nas vias aéreas.

ERRO DO MÉTODO

Vinte TCFC foram selecionadas aleatoriamente e reavaliadas pelo mesmo examinador após um intervalo de quinze dias. Os erros casuais foram calculados de acordo com a fórmula de Dahlberg: $S^2 = \Sigma d^2 / 2n$, onde S^2 é a variância do erro e d é a diferença entre duas determinações da mesma variável. Os erros sistemáticos foram estimados com testes t dependentes, para $p < 0,05^{22,23}$.

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O teste de Kolmogorov-Smirnov foi utilizado para testar a distribuição normal das variáveis.

As comparações de dados pré- e pós-operatórios do volume das vias aéreas e área transversal mínima das vias aéreas superiores foram realizadas com testes t pareados. A influência do avanço maxilar e mandibular na alteração do volume das vias aéreas e

área axial mínima foi avaliada com análises de regressão linear múltipla. As comparações das alterações das vias aéreas considerando a relação sagital esquelética (Classe I vs. Classe II) e sexo (Feminino vs. Masculino) como subgrupos foram realizadas com testes U de Mann-Whitney.

As análises estatísticas foram realizadas com o *software* Statistica (Statistica 7, StatSoft Inc., Tulsa, OK). Os resultados foram considerados significativos para $p < 0,05$.

RESULTADOS

Os erros aleatórios estavam dentro dos limites aceitáveis^{24,25} (VVA = 686,48 mm³; AAM: 0,21 mm²) e não houve erro sistemático significativo para ambas as variáveis (os valores de p foram 0,155 e 0,468 para VVA e AAM, respectivamente).

Ocorreram aumentos significativos de volume e área axial mínima das vias aéreas, após a cirurgia (Tab. 2). A porcentagem média de mudanças no VVA e AAM foi de 73,6% (DP = 74,75; Min = -10,6; Max = 447,0) e 113,5% (DP = 123,87; Min = -42,7; Max = 555,3), respectivamente.

A quantidade de avanço maxilar e mandibular não apresentou influência significativa no volume das vias aéreas e na área axial mínima (Tab. 3).

Tabela 2: Comparação intragrupo das alterações do volume da via aérea e da área axial mínima com o procedimento cirúrgico (teste *t* pareado, *n* = 56).

	Pré-operatório (T0)		Pós-operatório (T1)		Diferença Média (T1 - T0)	P	95% IC
	Média	DP	Média	DP			
VVA (mm ³)	13392,07	6235,74	21133,29	7922,92	7741,22	0,000*	6024,82 - 9457,63
AAM (mm ²)	142,33	86,35	251,30	126,25	108,97	0,000*	79,67 - 138,27

*Estatisticamente significativo $p < 0,05$. VVA: volume da via aérea. AAM: área axial mínima.

Tabela 3: Análise de regressão linear múltipla considerando os avanços maxilar e mandibular como preditores e as alterações do volume da via aérea (VVA) e da área axial mínima (AAM) como resultado variável.

Variáveis	VVA (mm ³)				AAM (mm ²)			
	B	P	95% IC		B	P	95% IC	
			Limite inferior	Limite superior			Limite inferior	Limite superior
Constante	6866,72	0,003	2428,28	11305,16	135,05	0,001	59,53	210,58
Avanço maxilar	66,84	0,825	-537,96	671,66	-0,03	0,995	-10,32	10,26
Avanço mandibular	68,71	0,773	-407,59	545,01	-2,72	0,503	-10,82	5,38

alteração VVA (mm³) , $r^2 = 0,004$, $p = 0,890$; alteração AAM (mm²) , $r^2 = 0,011$, $p = 0,754$.

Alterações semelhantes no volume das vias aéreas e na área axial mínima foram observadas entre as Classes I e II esqueléticas e entre pacientes do sexo feminino e masculino (Tab. 4 e 5).

A Tabela 6 mostra o número de pacientes de acordo com o percentual de alterações no volume das vias aéreas e área axial mínima.

Tabela 4: Comparação das alterações do volume da via aérea (VVA) e área axial mínima (AAM) em relação à alteração sagital (Mann-Whitney).

	Classe I esquelética (n=18)		Classe II esquelética (n=38)		Diferença Média	P	95% IC
	Média	DP	Média	DP			
VVA (mm ³)	8050,70	4189,07	7594,62	7275,35	456,07	0,362	-3252,43 - 4164,59
AAM (mm ²)	121,92	90,81	102,82	117,82	19,09	0,425	-44,03 - 82,21

Tabela 5: Comparação das alterações do volume da via aérea (VVA) e área axial mínima (AAM) em relação à idade (Mann-Whitney).

	Feminino (n=35)		Masculino (n=21)		Diferença Média	P	95% IC
	Média	DP	Média	DP			
VVA (mm ³)	8261,78	7248,16	6873,62	4731,74	1388,15	0,630	-2171,30 - 4947,61
AAM (mm ²)	114,02	121,83	100,52	86,97	13,50	0,986	-47,49 - 74,49

Tabela 6: Número de pacientes de acordo com a porcentagem de alteração da área axial mínima (AAM) e do volume da via aérea (VVA).

AAM e VVA Taxa em % da alteração entre T0 e T1 (Valor da diferença/valor inicial x 100)	n (VVA)	% VVA em relação à amostra total (n = 56)	n (AAM)	% AAM em relação à amostra total (n = 56)
-40 < X ≤ 0	1	1.8%	4	7.1%
0 < X ≤ 25	11	19.6%	6	10.7%
25 < X ≤ 50	16	28.6%	5	8.9%
50 < X ≤ 75	9	16.1%	12	21.4%
75 < X ≤ 100	7	12.5%	9	16.1%
100 < X ≤ 200	9	16.1%	10	17.9%
X > 200	3	5.3%	10	17.9%
TOTAL	56	100%	56	100%

DISCUSSÃO

O presente estudo verificou apenas tomografias computadorizadas no período pós-operatório, com média de 8,43 meses. A redução do espaço aéreo no período pós-operatório imediato pode ocorrer em decorrência do edema, mascarando o real ganho de espaço aéreo. O edema é um fator importante na avaliação do espaço aéreo, principalmente no período pós-operatório imediato à cirurgia de avanço maxilomandibular^{9,26,27}. Observou-se que a diferença no tempo de acompanhamento entre os estudos foi bastante variável, de 6 semanas a 12 anos, constituindo um viés nas possíveis comparações entre os estudos. Esse tipo de avaliação não é realizado devido às questões éticas envolvidas na exposição de pacientes à radiação desnecessária¹⁴. O período de acompanhamento mais comum foi de 6 meses^{3,9}.

Os pacientes da presente amostra tiveram um avanço mandibular médio de $9,41 \pm 4,26$ mm. A cirurgia de avanço bimaxilar desempenhou um papel importante na correção da SAOS quando o tratamento médico não é tolerado e em pacientes que desejam uma correção definitiva, considerando que essa cirurgia com um avanço maior que 10 mm é considerada eficaz para melhorar a SAOS²⁶. Com base na percepção comum e na literatura, pacientes idosos geralmente requerem avanço de 10 mm^{16,28-30}.

Mesmo com o crescente número de estudos 3D avaliando as vias aéreas, a grande variabilidade na escolha das demarcações para delimitação das vias aéreas torna difícil compará-los. A espinha nasal posterior (ENP) foi utilizada como limite anterior do espaço das vias aéreas para as medidas volumétricas, como realizado em outros estudos³¹⁻³³. O osso hioide e a ENP foram usados por serem tecidos duros, que consistem em uma forma mais precisa e consistente de identificação, comparada ao palato mole e epiglote, que podem variar após a cirurgia^{25,30,34}. As diferentes medidas adotadas pelos autores para avaliar as alterações das vias aéreas orofaríngeas impossibilitam a comparação de todos os estudos entre si, independentemente do tipo de cirurgia adotada^{3,14}. A espinha nasal posterior (ENP) foi utilizada como limite prévio das vias aéreas para as medidas volumétricas, como na maioria dos estudos^{25,32,33,35}. As pequenas variações nos limites anatômicos, assim como a calibração e treinamento dos examinadores não parecem ter grande influência nos resultados^{14,26}. O presente estudo avaliou apenas as alterações na região orofaríngea, devido à dificuldade de avaliação da região nasofaríngea. Em um estudo que avaliou a confiabilidade e acurácia da medição das vias aéreas em três dimensões, com três *softwares* diferentes, os autores observaram uma discrepância de precisão na quantificação do volume entre os diferentes *softwares* avaliados. Segundo eles, a avaliação do volume nasofaríngeo foi mais desafiadora e apresentou menor confiabilidade, devido à presença de

algumas estruturas anatômicas (corneto e concha nasal), que criam uma anatomia complexa³⁵. Para a avaliação orofaríngea, houve uma diferença menor nos resultados encontrados nos diferentes *softwares*.

O programa Dolphin 3D foi utilizado por apresentar alta precisão e confiabilidade para a avaliação volumétrica do espaço aéreo em estudos anteriores e, portanto, foi utilizado neste estudo^{9,26,35,36}. Esse programa oferece maior precisão, por ser uma ferramenta com inclusão de pontos referência nas imagens, o que permite o controle da quantificação dos limites de volume, com poucos erros (1%)^{35,36}. Variações nas posições do palato mole e da língua entre os exames pré- e pós-cirúrgicos podem influenciar significativamente no desfecho dessa variável²⁶. Assim, foram excluídos da amostra pacientes que apresentavam diferenças visíveis na posição dessas estruturas nos períodos T_0 e T_1 .

A literatura mostra que não há diferença nas vias aéreas superiores quando comparados os pacientes com má oclusão de Classe I e Classe II, ao contrário do paciente com má oclusão de Classe III³⁷. No presente estudo, houve aumento significativo do volume das vias aéreas e da área axial mínima em quase todos os pacientes, independentemente do sexo e da relação sagital (Tab. 2, 3 e 4). Essas variáveis foram analisadas para contribuir indiretamente no tratamento cirúrgico de pacientes com AOS.

Muitos tratamentos cirúrgicos utilizados para pacientes com AOS, como turbinectomias, uvulopalatofaringoplastias e glossectomias de redução, estão associados a baixas taxas de sucesso, entre 17% e 40%, quando realizados isoladamente, pois atuam apenas na obstrução das vias aéreas³⁸⁻⁴². O avanço bimaxilar tem o benefício de otimizar o ganho das vias aéreas, aumentar a taxa de sucesso no tratamento da AOS e corrigir as deformidades dentofaciais e estéticas dos pacientes^{43,44}.

Embora um perfil craniofacial retrusivo seja preditivo de AOS, ainda há controvérsia entre os autores^{45,46}. As comparações realizadas na fase pré-operatória entre pacientes com AOS e pacientes controle sem AOS mostraram volume significativamente menor no grupo AOS, como esperado. No entanto, o grupo controle sem AOS teve relativamente (mas sem significância estatística) mais retrusão bimaxilar, quando comparado ao grupo com AOS, indicando que o perfil craniofacial pode não prever com segurança a presença de AOS¹⁹.

Nesta pesquisa, a cirurgia de avanço bimaxilar proporcionou aumentos volumétricos significativos nas vias aéreas superiores e também na área axial mínima, corroborando com a literatura^{13,18}. Após avaliar as alterações morfológicas das vias aéreas, verificou-se que o avanço bimaxilar levou ao aumento das vias aéreas em todas as dimensões, anteroposterior ou lateromedial^{25,26,47,48}. Outro estudo observou aumentos estatisticamente

significativos em todas as dimensões das vias aéreas na análise da área axial mínima, volume⁹ e na via aérea orofaríngea ao nível do palato mole³. Alguns estudos avaliaram os efeitos dos procedimentos ortognáticos únicos de mandíbula nas vias aéreas superiores e também encontraram aumentos significativos no volume das vias aéreas superiores^{17,49,50}.

Não houve ganho volumétrico na região orofaríngea em apenas um paciente da amostra (Tab. 5). Isso pode ocorrer devido ao fato de o avanço bimaxilar acarretar o aumento da largura das vias aéreas, diminuindo sua constrição e resistência à passagem de ar, podendo levar à diminuição da altura nessa área⁴⁷. No presente estudo, nove pacientes apresentaram valores de AAM abaixo de 67mm² e apresentaram um ganho pós-operatório médio de 143,26% (Tab. 5). Existe uma relação estatisticamente significativa entre a seção transversal mais estreita das vias aéreas superiores e a probabilidade de AOS. Vias aéreas com áreas pequenas, de cerca de 40 a 67 mm², estão associadas à AOS³⁰; portanto, os pacientes dessa amostra saíram da faixa de predisposição à AOS.

Nessa pesquisa, a AAM e o VVA apresentaram ganhos consideráveis. Um estudo concluiu que a diminuição da resistência das vias aéreas após esse tipo de cirurgia era secundária a uma área mais curta e ampla¹⁶. A lei de Poiseuille demonstra que, conforme o raio de um tubo, ou da via aérea, aumenta

e a altura diminui, a resistência das vias aéreas diminui significativamente^{16,51}. Com base nisso, pode-se pensar que o aumento da área de superfície devido ao aumento das dimensões anteroposterior e transversa poderia levar à diminuição da resistência das vias aéreas. Apesar disso, quatro pacientes apresentaram diminuição da AAM (Tab. 6). No entanto, eles ainda mantiveram os valores normais. Alterações anatômicas individuais e adaptações de tecidos moles (posição do osso hioide, estreitamento do espaço aéreo faríngeo e posição da língua) podem justificar essa diminuição^{30,52,53}.

Devido a um número representativo de pacientes, nesse estudo foi possível verificar que o avanço bimaxilar realmente produz um aumento significativo nas VAS, independentemente do sexo e da relação sagital esquelética, e da quantidade individual de porcentagens de aumentos das VVA e AAM.

O planejamento cirúrgico adequado considera as vias aéreas, função mastigatória, oclusão e estética. O manejo adequado de todas as quatro variáveis leva ao sucesso^{25,54}. O uso generalizado da TCFC e o recente desenvolvimento de sistemas automatizados de análise das vias aéreas que foram validados permitem um planejamento cirúrgico mais refinado pelo cirurgião, uma vez que os locais exatos e a extensão da obstrução podem ser mais bem visualizados. Assim, a cirurgia pode ser individualizada para cada paciente^{30,55}.

Além disso, a SAOS tem etiologia multifatorial; portanto, a morfologia estática das vias aéreas não é o único fator que contribui para sua manifestação. A via aérea é uma estrutura biológica dinâmica sujeita a várias influências hormonais, neuromusculares e biomecânicas, que também são fatores que podem desempenhar um papel na fisiopatologia da AOS^{56,57}. No entanto, a cirurgia de avanço bimaxilar proporciona melhora anatômica e/ou estrutural das vias aéreas faríngeas em pacientes com AOS, mas outros fatores contribuintes também devem ser considerados como influências da presença e gravidade da AOS⁴¹. É necessário considerar a possibilidade de ganho no volume das vias aéreas superiores e AAM no tratamento de pacientes com diferentes más oclusões, especialmente aquelas com retrusão mandibular com probabilidade de ter uma região orofaríngea menor. Por esse motivo, uma análise detalhada do volume e da forma das vias aéreas, com avaliações cefalométricas, pode ser um valioso acréscimo diagnóstico à Ortodontia. Dessa forma, o equilíbrio entre a restauração funcional e a otimização estética é de extrema importância no tratamento desse tipo de paciente.

LIMITAÇÕES

A principal limitação desse estudo retrospectivo foi a grande variabilidade na quantidade de deslocamentos cirúrgicos verticais e horizontais maxilares e mandibulares em decorrência da inclusão de pacientes com más oclusões de Classe I e Classe II esqueléticas.

CONCLUSÕES

A cirurgia de avanço bimaxilar para correção de más oclusões esqueléticas de Classe I e Classe II teve tendência a produzir aumento significativo ds VAS (VVA e AAM).

No entanto, a quantidade de aumento da VAS com a cirurgia de avanço bimaxilar em pacientes com má oclusão Classe I ou Classe II variou amplamente.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Thaís Lima Rocha (TLR)

Ludmila Lima (LL)

Arnaldo Pinzan (AP)

Eduardo Sant'Ana (ES)

Renato Luiz Maia Nogueira (RLMN)

Caroline Nemetz Bronfman (CNB)

Guilherme Janson (GJ)

Concepção/design do estudo:

AP, ES, RLMN.

Aquisição, análise ou interpretação dos dados:

TLR, LL, AP, ES, RLMN, CNB, GJ.

Escrita do artigo:

LL.

Revisão crítica do artigo:

TLR, LL, AP, ES, RLMN, CNB, GJ.

Aprovação final do artigo:

TLR, LL, AP, ES, RLMN, CNB, GJ.

Obtenção de fundos:

TLR.

Responsabilidade geral:

AP.

Os autores declaram não ter interesses associativos, comerciais, de propriedade ou financeiros, que representem conflito de interesse, nos produtos e companhias descritos nesse artigo.

REFERÊNCIAS

1. Proffit WR. The soft tissue paradigm in orthodontic diagnosis and treatment planning: a new view for a new century. *J Esthet Dent*. 2000;12(1):46-49.
2. Pereira RMA, Souza GMM, Rocha VAC, Morimoto S, Tedesco TK, Mello-Moura ACV. Evaluation of the Post Orthognathic Surgery Satisfaction: a Comparative Cross-Sectional Study of Patients Class II and III. *J Craniofac Surg*. 2017;28(7):1833-1836.
3. Mattos CT, Vilani GN, Sant'Anna EF, Ruellas AC, Maia LC. Effects of orthognathic surgery on oropharyngeal airway: a meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2011;40(12):1347-1356.
4. Caples SM, Rowley JA, Prinsell JR, Pallanch JF, Elamin MB, Katz SG, et al. Surgical modifications of the upper airway for obstructive sleep apnea in adults: a systematic review and meta-analysis. *Sleep*. 2010;33(10):1396-1407.
5. Kyung SH, Park YC, Pae EK. Obstructive sleep apnea patients with the oral appliance experience pharyngeal size and shape changes in three dimensions. *Angle Orthod*. 2004;75(1):15-22.
6. Giralt-Hernando M, Valls-Ontañón A, Guijarro-Martínez R, Masià-Gridilla J, Hernández-Alfaro F. Impact of surgical maxillomandibular advancement upon pharyngeal airway volume and the apnoea-hypopnoea index in the treatment of obstructive sleep apnoea: systematic review and meta-analysis. *BMJ Open Respir Res*. 2019;6(1):e000402.

7. Rojo-Sanchis C, Almerich-Silla JM, Paredes-Gallardo V, Montiel-Company JM, Bellot-Arcís C. Impact of bimaxillary advancement surgery on the upper airway and on obstructive sleep apnea syndrome: A meta-analysis. *Sci Rep*. 2018;8:5756.
8. Behrents RG, Shelgikar AV, Conley RS, Flores-Mir C, Hans M, Levine M, et al. Obstructive sleep apnea and orthodontics: An American Association of Orthodontists White Paper. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2019;156(1):13-28.e11.
9. de Souza Carvalho ACG, Magro Filho O, Garcia Júnior IR, Araujo PM, Nogueira RL. Cephalometric and three-dimensional assessment of superior posterior airway space after maxillomandibular advancement. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2012;41(9):1102-11.
10. Li KK. Maxillomandibular advancement for obstructive sleep apnea. *J Oral Maxillofac Surg*. 2011;69(3):687-94.
11. Butterfield KJ, Marks PLg, McLean L, Newton J. Quality of life assessment after maxillomandibular advancement surgery for obstructive sleep apnea. *J Oral Maxillofac Surg*. 2016;74(6):1228-37.
12. Gokce SM, Gorgulu S, Gokce HS, Bengi AO, Karacayli U, Ors F. Evaluation of pharyngeal airway space changes after bimaxillary orthognathic surgery with a 3-dimensional simulation and modeling program. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2014;146(4):477-92.

13. Raffaini M, Pisani C. Clinical and cone-beam computed tomography evaluation of the three-dimensional increase in pharyngeal airway space following maxillo-mandibular rotation-advancement for Class II-correction in patients without sleep apnoea (OSA). *J Craniomaxillofac Surg*. 2013;41(7):552-7.
14. Rosário HD, Oliveira GMS, Freires IA, de Souza Matos F, Paranhos LR. Efficiency of bimaxillary advancement surgery in increasing the volume of the upper airways: a systematic review of observational studies and meta-analysis. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2017;274(1):35-44.
15. de Souza Pinto GN, Iwaki Filho L, dos Santos Previdelli IT, Ramos AL, Yamashita AL, Stabile GAV, et al. Three-dimensional alterations in pharyngeal airspace, soft palate, and hyoid bone of class II and class III patients submitted to bimaxillary orthognathic surgery: A retrospective study. *J Craniomaxillofac Surg*. 2019;47(6):883-94.
16. Abramson Z, Susarla SM, Lawler M, Bouchard C, Troulis M, Kaban LB. Three-dimensional computed tomographic airway analysis of patients with obstructive sleep apnea treated by maxillomandibular advancement. *J Oral Maxillofac Surg*. 2011;69(3):677-86.
17. Hernandez-Alfaro F, Guijarro-Martinez R, Mareque-Bueno J. Effect of mono- and bimaxillary advancement on pharyngeal airway volume: cone-beam computed tomography evaluation. *J Oral Maxillofac Surg*. 2011;69(11):e395-400.

18. Valladares-Neto J, Silva MAG, Bumann A, Paiva J, Rino-Neto J. Effects of mandibular advancement surgery combined with minimal maxillary displacement on the volume and most restricted cross-sectional area of the pharyngeal airway. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2013;42(11):1437-45.
19. Butterfield KJ, Marks PLG, McLean L, Newton J. Pharyngeal airway morphology in healthy individuals and in obstructive sleep apnea patients treated with maxillomandibular advancement: a comparative study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2015;119(3):285-92.
20. Parsi G, Alsulaiman AA, Kotak B, Mehra P, Will LA, Motro M. Volumetric changes of the upper airway following maxillary and mandibular advancement using cone beam computed tomography. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2019;48(2):203-210.
21. Arnett GW, Jelic JS, Kim J, Cummings DR, Beress A, Worley Jr CM, et al. Soft tissue cephalometric analysis: diagnosis and treatment planning of dentofacial deformity. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1999;116(3):239-253.
22. Houston WJ. The analysis of errors in orthodontic measurements. *Am J Orthod*. 1983;83(5):382-90.
23. Dahlberg G. Statistical methods for medical and biological students. George Allen and Unwin, Ltd.: London, 1940.
24. El H, Palomo JM. Airway volume for different dentofacial skeletal patterns. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2011;139(6):e511-521.

25. Hart PS, McIntyre BP, Kadioglu O, Currier GF, Sullivan SM, Li J, et al. Postsurgical volumetric airway changes in 2-jaw orthognathic surgery patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2015;147(5):536-46.
26. Brunetto DP, Velasco L, Koerich L, Araujo MTS. Prediction of 3-dimensional pharyngeal airway changes after orthognathic surgery: a preliminary study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2014;146(3):299-309.
27. Li KK, Powell NB, Riley RW, Troell RJ, Guilleminault C. Long-Term Results of Maxillomandibular Advancement Surgery. *Sleep Breath*. 2000;4(3):137-140.
28. Fairburn SC, Waite PD, Vilos G, Harding SM, Bernreuter W, Cure J, et al. Three-dimensional changes in upper airways of patients with obstructive sleep apnea following maxillomandibular advancement. *J Oral Maxillofac Surg*. 2007;65(1):6-12.
29. Riley RW, Powell NB, Li KK, Troell RJ, Guilleminault C. Surgery and obstructive sleep apnea: long-term clinical outcomes. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2000;122(3):415-21.
30. Schendel SA, Broujerdi JA, Jacobson RL. Three-dimensional upper-airway changes with maxillomandibular advancement for obstructive sleep apnea treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2014;146(3):385-93.
31. El AS, El H, Palomo JM, Baur DA. A 3-dimensional airway analysis of an obstructive sleep apnea surgical correction with cone beam computed tomography. *J Oral Maxillofac Surg*. 2011;69(9):2424-36.

32. Hong JS, Park YH, Kim YJ, Hong SM, Oh KM. Three-dimensional changes in pharyngeal airway in skeletal class III patients undergoing orthognathic surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2011;69(11):e401-8.
33. Alves Jr. M, Franzotti ES, Baratieri C, Nunes LKF, Nojima LI, Ruellas ACO. Evaluation of pharyngeal airway space amongst different skeletal patterns. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2012;41(7):814-9.
34. Park JW, Kim NK, Kim JW, Kim MJ, Chang YI. Volumetric, planar, and linear analyses of pharyngeal airway change on computed tomography and cephalometry after mandibular setback surgery. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;138(3):292-9.
35. El H, Palomo JM. Measuring the airway in 3 dimensions: a reliability and accuracy study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137(4 Suppl):S50.e1-9; discussion S50-2.
36. Weissheimer A, Menezes LM, Sameshima GT, Enciso R, Pham J, Grauer D. Imaging software accuracy for 3-dimensional analysis of the upper airway. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012;142(6):801-13.
37. El H, Palomo JM. An airway study of different maxillary and mandibular sagittal positions. *Eur J Orthod.* 2013;35(2):262-70.
38. Wu J, Zhao G, Li Y, Zang H, Wang T, Wang D, et al. Apnea-hypopnea index decreased significantly after nasal surgery for obstructive sleep apnea: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2017;96(5):e6008.

39. Li HY, Wang PC, Chen YP, Lee LA, Fang TJ, Lin HC. Critical appraisal and meta-analysis of nasal surgery for obstructive sleep apnea. *Am J Rhinol Allergy*. 2011;25(1):45-9.
40. Park CY, Hong JH, Lee JH, Lee KE, Cho HS, Lim SJ, et al. Clinical effect of surgical correction for nasal pathology on the treatment of obstructive sleep apnea syndrome. *PLoS One*. 2014;9(6):e98765.
41. Murphey AW, Kandl JA, Nguyen SA, Weber AC, Gillespie MB. The effect of glossectomy for obstructive sleep apnea: a systematic review and meta-analysis. *J Otolaryngol Head Neck Surg*. 2015;153(3):334-42.
42. Bachar G, Feinmesser R, Shpitzer T, Yaniv E, Nageris B, Eidelman L. Laryngeal and hypopharyngeal obstruction in sleep disordered breathing patients, evaluated by sleep endoscopy. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2008;265(11):1397-402.
43. Holty JE, Guilleminault C. Maxillomandibular advancement for the treatment of obstructive sleep apnea: a systematic review and meta-analysis. *Sleep Med Rev*. 2010;14(5):287-97.
44. Mehra P, Downie M, Pita MC, Wolford LM. Pharyngeal airway space changes after counterclockwise rotation of the maxillomandibular complex. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2001;120(2):154-9.
45. Lowe AA, Fleetham JA, Adachi S, Ryan CF. Cephalometric and computed tomographic predictors of obstructive sleep apnea severity. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1995;107(6):589-95.

46. Riley R, Guilleminault C, Herran J, Powell N. Cephalometric analyses and flow-volume loops in obstructive sleep apnea patients. *Sleep*. 1983;6(4):303-11.
47. Butterfield KJ, Marks PL, McLean L, Newton J. Linear and volumetric airway changes after maxillomandibular advancement for obstructive sleep apnea. *J Oral Maxillofac Surg*. 2015;73(6):1133-42.
48. Zinser M, Zachow S, Sailer HF. Bimaxillary 'rotation advancement' procedures in patients with obstructive sleep apnea: a 3-dimensional airway analysis of morphological changes. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2013;42(5):569-78.
49. Chang MK, Sears C, Huang JC, Miller AJ, Kushner HW, Lee JS. Correlation of Airway Volume With Orthognathic Surgical Movement Using Cone-Beam Computed Tomography. *J Oral Maxillofac Surg*. 2015;73(12 Suppl):S67-76.
50. Tan SK, Leung WK, Tang ATH, Zwahlen RA. How does mandibular advancement with or without maxillary procedures affect pharyngeal airways? An overview of systematic reviews. *PloS One*. 2017;12(7):e0181146.
51. Bird RB, Stewart WE, Lightfoot EN. *Transport phenomena*. New York: John Wiley and Sons, Inc; 2002.
52. Gokce SM, Gorgulu S, Gokce HS, Bengi O, Sabuncuoglu F, Ozgen F, et al. Changes in posterior airway space, pulmonary function and sleep quality, following bimaxillary orthognathic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2012;41(7):820-9.

53. Kawakami M, Yamamoto K, Fujimoto M, Ohgi K, Inoue M, Kirita T. Changes in tongue and hyoid positions, and posterior airway space following mandibular setback surgery. *J Craniomaxillofac Surg.* 2005;33(2):107-10.
54. Louro R, Calasans-Maia J, Mattos C, Masterson D, Calasans-Maia M, Maia L. Three-dimensional changes to the upper airway after maxillomandibular advancement with counterclockwise rotation: a systematic review and meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2018;47(5):622-629.
55. Maurer JE, Sullivan SM, Carrier GF, Kadioglu O, Li J. The airway implications in treatment planning two-jaw orthognathic surgery: The impact on minimum cross-sectional area. *Seminars in Orthodontics*: Elsevier. 2016;22(1):18-26.
56. Eikermann M, Vogt FM, Herbstreit F, Vahid-Dastgerdi M, Zenge MO, Ochterbeck C, et al. The predisposition to inspiratory upper airway collapse during partial neuromuscular blockade. *Am J Respir Crit Care Med.* 2007;175(1):9-15.
57. Guilleminault C, Hill MW, Simmons FB, Dement WC. Obstructive sleep apnea: electromyographic and fiberoptic studies. *Exp Neurol.* 1978;62(1):48-67.

Atratividade do perfil facial: comparação de pacientes de Classe II tratados com Twin Force® e elásticos intermaxilares

Otávio Augusto **POZZA**¹

 <https://orcid.org/0000-0002-3588-2520>

Rodrigo Hermont **CANÇADO**¹

 <https://orcid.org/0000-0002-1556-1922>

Fabrizio Pinelli **VALARELLI**¹

 <https://orcid.org/0000-0002-4285-486X>

Karina Maria Salvatore **FREITAS**¹ ✉

 <https://orcid.org/0000-0001-9145-6334>

Renata Cristina **OLIVEIRA**¹

 <https://orcid.org/0000-0002-9629-9283>

Ricardo Cesar Gobbi de **OLIVEIRA**¹

 <https://orcid.org/0000-0002-0725-2337>

Enviado em: 10 de fevereiro de 2020 • Revisado e aceito: 18 de junho de 2020

✉ kmsf@uol.com.br

Como citar: Pozza OA, Cançado RH, Valarelli FP, Freitas KMS, Oliveira RC, Oliveira RCG. Attractiveness of the facial profile: comparison of Class II patients treated with Twin Force® or intermaxillary elastics. Dental Press J Orthod. 2021;26(5):e212014.

(1) Centro Universitário Ingá – Uningá, Departamento de Ortodontia (Maringá/PR, Brasil).

RESUMO

Objetivo: Comparar a atratividade do perfil facial em pacientes Classe II tratados com Twin Force® ou elásticos intermaxilares. **Métodos:** A amostra foi composta por 47 pacientes Classe II divididos em dois grupos: G1 – Twin Force® (25 pacientes tratados com aparelhos fixos e o aparelho funcional Twin Force®; idade inicial média de $17,91 \pm 7,13$ anos, idade final média de $20,45 \pm 7,18$ anos, e tempo médio de tratamento de $2,53 \pm 0,83$ anos); G2 – Elásticos (22 pacientes tratados com aparelhos fixos e elásticos intermaxilares de Classe II, idade inicial média de $15,87 \pm 5,64$ anos, idade final média de $18,63 \pm 5,79$ anos, e tempo médio de tratamento de $2,75 \pm 0,60$ anos). Foram usadas telerradiografias laterais pré- e pós-tratamento. As variáveis cefalométricas foram mensuradas, e silhuetas do perfil facial foram construídas e avaliadas por 48 leigos e 63 ortodontistas, que pontuaram a atratividade entre 0 (perfil menos atraente) e 10 (perfil mais atraente). As comparações intergrupos foram realizadas com os testes Mann-Whitney e *t* de Student para amostras independentes. **Resultados:** Na fase pré-tratamento, o perfil facial no grupo Twin Force® foi menos atraente do que no grupo Elásticos. Os tratamentos com o Twin Force® ou com Elásticos de Classe II resultaram em atratividade semelhante do perfil facial, mas a convexidade facial foi mais reduzida no grupo Twin Force®. Os ortodontistas foram mais críticos do que os leigos. **Conclusões:** Apesar de os tratamentos com o Twin Force® ou com Elásticos de Classe II terem resultado em atratividade semelhante do perfil facial após o tratamento, a atratividade do perfil foi reduzida com o tratamento no grupo Elásticos e melhorou no grupo Twin Force®. A convexidade facial foi mais reduzida com o tratamento no grupo Twin Force®.

Palavras-chave: Má oclusão Classe II de Angle. Estudo comparativo. Estética.

INTRODUÇÃO

No tratamento da Classe II com elásticos intermaxilares ou aparelhos funcionais fixos, todas as alterações esqueléticas e dentoalveolares produzidas têm efeitos no perfil mole¹⁻⁶. Portanto, é de extrema importância que o ortodontista conheça esses efeitos, para realizar um melhor planejamento do tratamento e ser capaz de abordar os resultados ortodônticos e a expectativa estética de cada paciente.

O crescente interesse pela estética facial aumentou ainda mais a busca pelo tratamento ortodôntico. Portanto, a Ortodontia moderna avança não só na busca pela correção dentária, mas também para melhorar a estética facial. A atratividade facial está positivamente correlacionada com a autoestima e relacionamentos interpessoais e profissionais⁷.

A valorização da beleza é altamente subjetiva, sendo percebida e sentida de maneiras diferentes entre as pessoas⁸⁻¹¹. A atratividade do perfil facial é um assunto controverso na literatura, ao se comparar as percepções de profissionais e leigos¹². Alguns estudos mostram resultados semelhantes entre ortodontistas e leigos¹²⁻¹⁵, enquanto outros apresentam divergência de opiniões^{11,16,17}. A satisfação com a aparência facial e dentária é um preditor para conhecer as expectativas dos pacientes em relação ao tratamento ortodôntico¹⁸.

Um estudo prévio comparando as alterações na atratividade do perfil em crianças com má oclusão de Classe II tratadas com aparelhos funcionais e indivíduos não tratados não mostrou diferença, ou seja, a atratividade não melhorou com o tratamento¹⁹. No entanto, outros estudos com aparelhos funcionais fixos e removíveis mostraram melhora na atratividade do perfil facial²⁰⁻²². Mendes et al.²³ encontraram atratividade semelhante após o tratamento de Classe II sem extração comparado ao com extração de dois ou quatro pré-molares; e Janson et al.¹ encontraram alterações nos tecidos moles semelhantes entre o tratamento de Classe II com aparelhos funcionais fixos ou com extração de dois pré-molares superiores.

O aparelho de protração mandibular AdvanSync® foi comparado cefalometricamente aos elásticos intermaxilares no tratamento da Classe II, e ambos foram eficazes, mas o AdvanSync® demonstrou restrição do crescimento esquelético da maxila e alterações dentoalveolares inferiores, e os elásticos de Classe II mostraram apenas alterações dentoalveolares²⁴. Quando comparados ao aparelho de protração mandibular Forsus®, os elásticos de Classe II apresentaram mudanças semelhantes pós-tratamento²⁵.

Pesquisas recentes indicam que o tratamento ortodôntico com aparelhos funcionais está associado ao aumento da atratividade do perfil facial^{20,26,27}, e que o tratamento funcional deve ser considerado uma opção para melhorar a aparência facial

de indivíduos Classe II²⁶. Além disso, o tratamento da Classe II com o aparelho Herbst pode produzir uma silhueta do perfil facial esteticamente melhor do que com o aparelho Forsus®, mas as alterações percebidas pelos avaliadores podem não ser consideradas clinicamente relevantes²⁷.

Na literatura, não há estudo conhecido que compare a atratividade do perfil facial de pacientes com má oclusão de Classe II tratados sem extrações com elásticos intermaxilares ou com aparelhos funcionais fixos. Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo comparar a atratividade do perfil facial em pacientes Classe II tratados com o aparelho funcional fixo Twin Force Bite Corrector® ou com elásticos intermaxilares de Classe II, segundo a avaliação por ortodontistas e por leigos.

MATERIAL E MÉTODOS

Esse estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Centro Universitário Ingá – Uningá (CAAE 70881517.2.0000.5220).

O cálculo do tamanho amostral baseou-se em um nível de significância alfa de 5% e beta de 20%, para atingir 80% de poder do teste para detectar uma diferença mínima de 0,88 pontos no escore de atratividade do perfil, com desvio-padrão de 1,02²³. Dessa forma, o cálculo amostral evidenciou a necessidade de pelo menos 22 sujeitos em cada grupo (experimental e/ou avaliadores).

Esse estudo retrospectivo incluiu 47 pacientes com má oclusão de Classe II tratados com aparelhos fixos sem extrações no Instituto Odontológico de Pós-graduação (IOPG, Bauru/SP, Brasil). Os critérios de inclusão foram: má oclusão de Classe II, tratamento com aparelhos fixos sem extrações, todos os dentes irrompidos até primeiros molares ao início do tratamento, ausência de agenesia ou dentes supranumerários. Os critérios de exclusão foram: pacientes que não finalizaram o tratamento ortodôntico, que tiveram seu plano de tratamento alterado por falta de colaboração ou que não tinham a documentação ortodôntica completa.

Os pacientes selecionados foram divididos aleatoriamente em dois grupos, G1) tratado com o aparelho funcional Twin Force Bite Corrector[®], e G2) tratado com elásticos intermaxilares de Classe II, conforme descrição abaixo:

» Grupo 1 – Twin Force[®]: 25 pacientes (10 mulheres, 15 homens) tratados ortodonticamente com aparelhos fixos e o aparelho Twin Force Bite Corrector[®] (TFBC, Ortho Organizers, Inc, Carlsbad, CA, EUA) para protração mandibular. A idade inicial média foi de $17,91 \pm 7,13$ anos; a idade final média, de $20,45 \pm 7,18$ anos e o tempo médio de tratamento, de $2,53 \pm 0,83$ anos.

» Grupo 2 – Elásticos: 22 pacientes (12 mulheres, 10 homens) tratados com aparelhos fixos e elásticos intermaxilares de Classe II. A idade inicial média foi de $15,87 \pm 5,64$ anos; a idade final média, de $18,63 \pm 5,79$ anos, e o tempo médio de tratamento, de $2,75 \pm 0,60$ anos.

Os pacientes de ambos os grupos foram tratados com aparelho pré-ajustado (prescrição Roth, Ortho Organizers, EUA), com uma sequência semelhante de fios: 0,014", 0,016" e 0,018" NiTi; 0,018", 0,020" e 0,019" x 0,025" de aço inoxidável. Quando o fio retangular foi inserido, iniciou-se a mecânica para correção da Classe II.

No Grupo 1, o Twin Force Bite Corrector® (TFBC, Ortho Organizers, Inc, Carlsbad, CA, EUA) foi instalado e usado por 6 a 9 meses. O TFBC é um aparelho funcional intermaxilar fixo, com fechos de articulação esférica, que permitem um amplo movimento, incluindo lateralidade²⁸. O aparelho inclui dois tubos telescópicos com molas helicoidais de NiTi que permitem a aplicação de uma força constante²⁸.

No Grupo 2, os elásticos intermaxilares de Classe II foram usados por 1 a 1,75 anos. Em ambos os grupos, a mecânica de Classe II foi usada até que fossem obtidas relações de Classe I de molares e de caninos.

As telerradiografias laterais foram avaliadas nos estágios inicial (T_1) e final (T_2) do tratamento, as quais foram digitalizadas com um *scanner* Microtek ScanMaker i800 (Microtek International, Inc., Carson, CA, EUA), com resolução de 9.600 x 4.800 dpi. As imagens foram transferidas para o *software* Dolphin Imaging Premium v. 10.5 (Dolphin Imaging & Management Solutions, Chatsworth, CA, EUA). Os pontos de referência foram digitalizados e as medições, realizadas. Foi feita a determinação do fator de magnificação de cada aparelho, que variou de 6% a 10,2%, corrigido pelo *software*. As variáveis cefalométricas incluíram SNA, SNB, ANB, Wits, 1.NA, 1-NA, 1.NB, IMPA, 1-NB, Trespasse horizontal, Trespasse vertical e Convexidade Facial (CF: ângulo formado pela intersecção das linhas glabella-subnasal e subnasal-pogônio; $G'.Sn.Pg'$).

Além disso, a partir das telerradiografias laterais iniciais e finais, silhuetas do perfil facial foram construídas com o *software* CorelDRAW (v. 2017, Corel Corporation, Ottawa, Canadá) e avaliadas por ortodontistas (grupo A) e por leigos (grupo B).

Todas as silhuetas foram randomizadas para avaliação. Usando um questionário do Google Forms (LLC Google, Mountain View, CA, EUA), enviado pelo aplicativo WhatsApp Messenger, a atratividade das silhuetas de cada perfil foi pontuada entre 0 (perfil menos atraente) e 10 (perfil mais atraente). Os avaliadores puderam olhar para as silhuetas pelo tempo que desejassem e alterar as pontuações de atratividade antes de enviar o questionário²⁹.

O Grupo A de avaliadores foi composto por 63 ortodontistas (34 homens e 29 mulheres), com média de idade de $39,91 \pm 8,99$ anos — todos os indivíduos desse grupo eram especialistas em Ortodontia. O Grupo B foi composto por 48 leigos (31 homens e 17 mulheres), com média de idade de $41,96 \pm 12,52$ anos — leigos foram definidos como indivíduos sem educação formal em Odontologia ou higiene dental.

ERRO DO MÉTODO

A confiabilidade e a precisão da metodologia foram verificadas pelo coeficiente Kappa em vinte silhuetas selecionadas aleatoriamente, nas quais a atratividade foi reavaliada após intervalo de um mês. O coeficiente Kappa foi de 0,85, considerado concordância excelente³⁰. Após um mês das primeiras medições, trinta telerradiografias laterais selecionadas aleatoriamente foram medidas novamente e o coeficiente de correlação intraclass (ICC) foi aplicado. Todas as variáveis apresentaram valores de ICC acima de 0,9, indicando excelente concordância e confiabilidade.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

A normalidade dos dados foi verificada com o teste de Shapiro-Wilk. A comparabilidade intergrupos das idades inicial e final, tempo de tratamento e índice de irregularidade de Little foi verificada com teste *t* independente. A comparabilidade intergrupos da distribuição do sexo e da severidade da má oclusão de Classe II foi verificada pelo teste do qui-quadrado.

A atratividade do perfil facial foi comparada entre os grupos com o teste de Mann-Whitney. O teste de Wilcoxon foi usado para comparar a atratividade do perfil facial ao início (T_1) e após o tratamento (T_2), com Twin Force® ou elásticos de Classe II. As variáveis cefalométricas na fase inicial (T_1) e as alterações com o tratamento (T_2-T_1) foram comparadas entre os grupos com o teste t independente. Todos os testes foram realizados com o *software* Statistica for Windows (versão 7.0; StatSoft, Tulsa, Oklahoma, EUA), com nível de significância de $p < 0,05$.



Figura 1: Exemplo de uma silhueta obtida a partir de uma telerradiografia.

RESULTADOS

Os Grupos 1 e 2 foram comparáveis em relação às idades inicial e final, tempo de tratamento, índice de irregularidade de Little, distribuição dos sexos, severidade da má oclusão de Classe II e variáveis cefalométricas iniciais (Tab. 1, 2 e 3).

No início, o grupo Twin Force® apresentou um perfil facial menos atrativo do que o grupo Elásticos (Tab. 2). Após o tratamento, a atratividade do perfil facial foi semelhante entre os grupos (Tab. 2). Na comparação intragrupo entre T_1 e T_2 , o grupo Twin Force® apresentou melhora da atratividade do perfil facial com o tratamento, e o grupo Elásticos apresentou redução da atratividade do perfil (Tab. 2).

No início, os grupos Twin Force e Elásticos apresentaram discrepância esquelética maxilomandibular, posição dos incisivos, trespases horizontal e vertical e convexidade facial semelhantes (Tab. 3). As alterações com o tratamento em ambos os grupos foram semelhantes, exceto para a convexidade facial, que foi mais reduzida no grupo Twin Force® do que no grupo Elásticos de Classe II (Tab. 3).

Os grupos de ortodontistas e leigos foram comparáveis quanto à distribuição por sexo e idade (Tab. 4). Os ortodontistas foram significativamente mais críticos do que os leigos na avaliação da atratividade do perfil facial ao início e após o tratamento (Tab. 5).

Tabela 1: Resultados da comparabilidade intergrupos das idades inicial e final, tempo de tratamento, índice de irregularidade de Little, distribuição dos sexos e severidade da má oclusão de Classe II.

Variáveis	GRUPO 1 TWIN FORCE (n = 25) Média ± DP	GRUPO 2 ELÁSTICOS (n = 22) Média ± DP	P
Idade inicial (anos)	17,91 ± 7,13	15,87 ± 5,64	0,2868 ^T
Idade final (anos)	20,45 ± 7,18	18,63 ± 5,79	0,3480 ^T
Tempo de tratamento (anos)	2,53 ± 0,83	2,75 ± 0,60	0,3131 ^T
Índice de irregularidade de Little (mm)	5,28 ± 2,84	5,02 ± 3,28	0,7732 ^T
Sexo			X ² = 0,994
Masculino	15	10	GL = 1
Feminino	10	12	p = 0,3187 ^a
Severidade da Classe II			X ² = 2,927
¼	0	1	GL = 3
½	8	9	p = 0,4030 ^a
¾	11	10	
Completa	6	2	

^T teste t independente; ^a teste qui-quadrado.

Tabela 2: Comparação da atratividade do perfil facial no início (T₁) e após o tratamento (T₂) entre os grupos 1 e 2 (teste de Mann-Whitney) e comparação intragrupo de T₁ x T₂ (teste de Wilcoxon).

Variáveis	GRUPO 1 TWIN FORCE (n = 25)		GRUPO 2 ELÁSTICOS (n = 22)		p
	Mediana (Média)	DI (±DP)	Mediana (Média)	DI (±DP)	
Atratividade do perfil facial em T ₁	5,00 (4,65)	3,00 (± 2,60)	6,00 (5,41)	3,00 (± 2,26)	0,000^{*M}
Atratividade do perfil facial em T ₂	5,00 (4,98)	4,00 (± 2,35)	5,00 (5,06)	4,00 (± 2,42)	0,224 ^M
p	0,000^{*W}		0,000^{*W}		

DI – desvio interquartílico. DP – desvio-padrão. ^W teste de Wilcoxon. ^M teste de Mann-Whitney. * Estatisticamente significativo para p < 0,05.

Tabela 3: Resultados da comparação intergrupos das variáveis cefalométricas no início (T_1) e das alterações com o tratamento (T_2-T_1) (teste t independente).

Variáveis cefalométricas	GRUPO 1 TWIN FORCE (n = 25)		GRUPO 2 ELÁSTICOS (n = 22)		p
	Média	DP	Média	DP	
INICIAL (T ₁)					
SNA (graus)	82,25	± 3,18	82,96	± 3,46	0,466
SNB (graus)	75,99	± 3,92	77,42	± 3,34	0,188
ANB (graus)	6,27	± 2,09	5,53	± 1,94	0,215
Wits (mm)	5,56	± 2,25	4,79	± 2,31	0,257
1.NA (graus)	21,28	± 8,93	21,69	± 11,18	0,891
1-NA (mm)	2,92	± 2,76	3,76	± 4,2	0,415
1.NB (graus)	23,98	± 7,02	24	± 5,33	0,989
IMPA (graus)	96,18	± 7,52	93,55	± 4,73	0,165
1-NB (mm)	4,4	± 2,43	4,45	± 2,24	0,946
Trespasse horizontal (mm)	6,87	± 2,86	6,85	± 3,24	0,98
Trespasse vertical (mm)	4,51	± 1,73	4,03	± 2,39	0,431
Convexidade facial (graus)	19,24	± 6,91	16,82	± 5,68	0,199
ALTERAÇÕES COM O TRATAMENTO (T ₂ -T ₁)					
SNA (graus)	-0,57	± 1,39	-0,38	± 2,19	0,721
SNB (graus)	0,67	± 1,02	0,37	± 1,39	0,408
ANB (graus)	-1,25	± 1,1	-0,74	± 1,43	0,177
Wits (mm)	-4,38	± 2,21	-3,91	± 2,09	0,456
1.NA (graus)	-1,65	± 8,12	-1,04	± 10,37	0,821
1-NA (mm)	-0,68	± 2,33	-1,51	± 3,02	0,297
1.NB (graus)	10,84	± 6,95	10,23	± 6,61	0,759
IMPA (graus)	10,03	± 7,59	9,8	± 7,16	0,918
1-NB (mm)	2,2	± 1,99	1,7	± 1,44	0,345
Trespasse horizontal (mm)	-4,11	± 2,72	-3,86	± 3,06	0,774
Trespasse vertical (mm)	-2,91	± 1,71	-2,47	± 2,31	0,46
Convexidade facial (graus)	-3,07	± 3,52	-0,92	± 2,87	0,028*

* Estatisticamente significativo para $p < 0,05$.

Tabela 4: Resultados da comparabilidade da distribuição por sexo e idade entre os grupos de avaliadores (A – Ortodontistas; B – leigos).

Variáveis	GRUPO A Ortodontistas (n = 63)	GRUPO B Leigos (n = 48)	p
	Média ± DP	Média ± DP	
Idade (anos)	39,91 ± 8,99	41,96 ± 12,52	0,3157 ^T
SEXO			X ² = 1,265 GL = 1 p = 0,2607 ^a
Masculino	34	31	
Feminino	29	17	

^T teste t independente; ^a teste qui-quadrado.

Tabela 5: Comparação da atratividade do perfil facial no início (T₁) e após o tratamento (T₂) entre ortodontistas e leigos (teste não paramétrico de Mann-Whitney).

Variáveis	Ortodontistas (n = 63)		Leigos (n = 48)		p
	Mediana (Média)	DI (±DP)	Mediana (Média)	DI (±DP)	
Atratividade do perfil facial (T ₁)	5,00 (4,92)	2,00 (±2,13)	5,00 (5,10)	4,00 (±2,58)	0,000*
Atratividade do perfil facial (T ₂)	5,00 (4,86)	3,00 (±2,19)	5,00 (5,23)	4,00 (±2,61)	0,000*

DI – desvio interquartilico. DP – desvio-padrão. * Estatisticamente significativo para p < 0,05.

DISCUSSÃO

O crescente interesse pela estética facial aumentou a procura pelo tratamento ortodôntico e levou os ortodontistas a buscarem tratamentos que resultassem em uma melhor estética facial. A estética do perfil facial pode ser avaliada de diferentes maneiras, mas as silhuetas são um bom método, pois eliminam fatores de confusão — como idade, sexo, pele, cabelo e cor dos olhos — que influenciam na atratividade^{12,20,29,31}. O cegamento da etapa de avaliação de cada silhueta foi importante,

pois os avaliadores poderiam ser induzidos pelo fato de que as silhuetas iniciais não foram tratadas e as finais, sim, podendo prejudicar os resultados.

Não há na literatura estudo conhecido comparando a atratividade do perfil facial de pacientes Classe II tratados com aparelhos funcionais fixos ou elásticos intermaxilares de Classe II. Muitos autores avaliaram as alterações dentoalveolares e esqueléticas após o tratamento com aparelhos de protração mandibular^{6,32-34} ou com elásticos intermaxilares de Classe II^{3,35,36}. Alguns compararam as alterações produzidas por elásticos de Classe II e aparelhos de protração mandibular fixos ou removíveis^{2,24,25,37}, porém com pouca ênfase nas alterações do perfil mole facial.

As idades iniciais e os desvios-padrão dos Grupos 1 e 2 (Tab. 1) mostram que alguns pacientes foram tratados antes e outros após o pico de crescimento puberal. Mas como isso ocorreu em ambos os grupos e as idades eram comparáveis, não houve impacto nos resultados. Além disso, um estudo anterior demonstrou que não há diferença nos efeitos dento-esqueléticos após o tratamento com o aparelho Twin Force® em pacientes pré-púberes e pós-púberes com padrão normodivergente⁵.

Os grupos Twin Force® e Elásticos foram comparáveis em relação às idades inicial e final, tempo de tratamento, apinhamento anteroinferior, distribuição dos sexos, severidade da má oclusão de Classe II e características cefalométricas iniciais (Tab. 1 e 3).

Isso permite maior confiabilidade na comparação da atratividade do perfil facial, pois minimiza possíveis diferenças nos efeitos do tratamento devidas a esses fatores.

Um crescimento residual pode se fazer presente em alguns pacientes dos dois grupos. No entanto, como as idades inicial e final e o tempo de tratamento foram comparáveis entre os grupos, as possíveis alterações residuais de crescimento seriam semelhantes nos dois grupos, permitindo uma comparação confiável entre eles.

O grupo Twin Force® apresentou perfil facial menos atraente do que o grupo Elásticos na fase inicial (Tab. 2). Isso provavelmente porque o grupo Twin Force® apresentou uma Classe II um pouco mais severa que o grupo Elásticos, embora sem significância estatística: o grupo Twin Force® tinha seis pacientes com relação molar de Classe II completa, e o grupo Elásticos tinha apenas dois pacientes (Tab. 1). Isso provavelmente indica um perfil facial mais convexo e deficiente no grupo Twin Force®, justificando as diferenças na comparação da atratividade inicial entre os grupos. Na comparação cefalométrica da fase inicial, a convexidade facial do grupo Twin Force® foi numericamente maior, mas sem diferença estatisticamente significativa com o grupo Elásticos (Tab. 3).

Ao fim do tratamento ortodôntico, não houve diferença estatisticamente significativa da atratividade do perfil facial entre os grupos (Tab. 2). Isso indica que a atratividade do perfil facial após o tratamento com o aparelho de protração mandibular Twin Force® ou elásticos de Classe II é semelhante. Isso corrobora os resultados de diversos estudos que avaliaram e compararam os efeitos cefalométricos de ambas as modalidades de tratamento. Os estudos encontraram resultados semelhantes dessas terapias, indicando principalmente alterações dentoalveolares, com mínimas alterações esqueléticas^{24,25,37}.

Em uma revisão sistemática sobre a correção da Classe II com elásticos intermaxilares, Janson et al.³ afirmaram que os efeitos dessa terapia são principalmente dentoalveolares; pouca atenção tem sido dada aos efeitos dos tecidos moles, e os efeitos em longo prazo são semelhantes aos produzidos por aparelhos funcionais.

Na comparação intragrupo dos estágios pré- e pós-tratamento, o grupo Twin Force® apresentou melhora estatisticamente significativa na atratividade do perfil facial (Tab. 2). Como o grupo Twin Force® apresentou perfil menos atrativo no estágio inicial, um perfil um pouco mais convexo e retrusão mandibular um pouco maior, além de não haver diferença significativa para o grupo Elásticos, o uso de aparelhos funcionais mandibulares foi bem indicado nesses casos^{6,24,25}. Com o tratamento, a convexidade do perfil diminuiu e a

atratividade do perfil facial melhorou, como já demonstrado em estudos anteriores avaliando aparelhos funcionais fixos e removíveis^{20,22,26,27,38}.

No entanto, o grupo Elásticos apresentou redução no escore de atratividade do perfil facial com o tratamento — numericamente pequeno, mas com diferença estatisticamente significativa (Tab. 2) —, e a comparação intergrupos das alterações com o tratamento mostrou que a convexidade facial foi mais reduzida no grupo Twin Force® do que no grupo Elásticos (Tab. 3). Nesse último grupo, ao início do tratamento, os pacientes apresentavam discrepância maxilomandibular ligeiramente menor, indicando problemas principalmente dentoalveolares de Classe II, com menor comprometimento do perfil facial, o que pode ter resultado em um maior escore de atratividade do perfil facial, mesmo observando-se nas variáveis cefalométricas que houve uma diminuição discreta da convexidade facial (Tab. 3). O tratamento com elásticos de Classe II pode causar inclinação palatina, retrusão dos incisivos superiores e consequente retrusão do lábio superior, o que pode piorar a atratividade do perfil facial^{3,39}. Um estudo anterior indicou que lábios superiores mais proeminentes, lábios inferiores menos protruídos, e queixos mais proeminentes podem parecer mais atraentes³⁹.

Em relação aos avaliadores, os ortodontistas foram significativamente mais críticos do que os leigos na avaliação da atratividade do perfil facial nas fases pré- e pós-tratamento (Tab. 4).

Isso corrobora estudos anteriores que avaliaram silhuetas pré- e pós-tratamento de pacientes tratados ortodonticamente, e que também encontraram que os ortodontistas são esteticamente mais exigentes do que os leigos^{20,40,41}.

Essa diferença entre ortodontistas e leigos pode ser justificada porque os ortodontistas têm mais conhecimento sobre o perfil facial, e a estética facial está relacionada a um perfil mais reto e menos convexo^{20,27}.

A percepção da estética facial não é fácil de entender e é altamente subjetiva. As opiniões dos ortodontistas, principalmente em relação à estética dentofacial, levam em consideração as normas, diretrizes e proporções ideais, enquanto as opiniões dos leigos são motivadas principalmente por sentimentos mais subjetivos, como a cultura da beleza e a norma social de seu meio⁴²⁻⁴⁴.

CONCLUSÃO

Os tratamentos com o Twin Force® ou elásticos de Classe II resultaram em atratividade do perfil facial semelhante após o tratamento; entretanto, a atratividade do perfil foi reduzida com o tratamento no Grupo Elástico e melhorou no Grupo Twin Force®. A convexidade facial foi mais reduzida com o tratamento no Grupo Twin Force®.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Otávio Augusto Pozza (OAP)

Rodrigo Hermont Cançado (RHC)

Fabricio Pinelli Valarelli (FPV)

Karina M. Salvatore Freitas (KMSF)

Renata C. Gobbi de Oliveira (ReCGO)

Ricardo C. Gobbi de Oliveira (RiCGO)

Concepção/design do estudo:

OAP, RHC, ReCGO, RiCGO, FPV, KMSF.

Aquisição, análise ou interpretação dos dados:

OAP, RHC, ReCGO, RiCGO, FPV, KMSF.

Escrita do artigo:

OAP, RiCGO, KMSF.

Revisão crítica do artigo:

OAP, RHC, ReCGO, RiCGO, FPV, KMSF.

Aprovação final do artigo:

OAP, RHC, ReCGO, RiCGO, FPV, KMSF.

Responsabilidade geral:

KMSF.

Os autores declaram não ter interesses associativos, comerciais, de propriedade ou financeiros, que representem conflito de interesse, nos produtos e companhias descritos nesse artigo.

O(s) paciente(s) que aparece(m) no presente artigo autorizou(aram) previamente a publicação de suas fotografias faciais e intrabucais, e/ou radiografias.

REFERÊNCIAS

1. Janson G, Castello Branco N, Aliaga-Del Castillo A, Henriques JFC, de Moraes JF. Soft tissue treatment changes with fixed functional appliances and with maxillary premolar extraction in Class II division 1 malocclusion patients. *Eur J Orthod*. 2018 Apr 6;40(2):214-22.
2. Aras I, Pasaoglu A. Class II subdivision treatment with the forsus fatigue resistant device vs intermaxillary elastics. *Angle Orthod*. 2017 May;87(3):371-6.
3. Janson G, Sathler R, Fernandes TM, Branco NC, Freitas MR. Correction of class ii malocclusion with class ii elastics: a systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013 Mar;143(3):383-92.
4. Baysal A, Uysal T. Soft tissue effects of twin block and herbst appliances in patients with class II division 1 mandibular retrognathia. *Eur J Orthod*. 2013 Feb;35(1):71-81.
5. Chhibber A, Upadhyay M, Uribe F, Nanda R. Mechanism of class II correction in prepubertal and postpubertal patients with twin force bite corrector. *Angle Orthod*. 2013 Jul;83(4):718-27.
6. Guimaraes CH Jr, Henriques JF, Janson G, Almeida MR, Araki J, Cancado RH, et al. Prospective study of dentoskeletal changes in class II division malocclusion treatment with twin force bite corrector. *Angle Orthod*. 2013 Mar;83(2):319-26.

7. van Wezel NA, Bos A, Prah C. Expectations of treatment and satisfaction with dentofacial appearance in patients applying for orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2015 Jun;147(6):698-703.
8. Mantzikos T. Esthetic soft tissue profile preferences among the Japanese population. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1998 Jul;114(1):1-7.
9. Kaya B, Uyar R. Influence on smile attractiveness of the smile arc in conjunction with gingival display. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013 Oct;144(4):541-7.
10. Heravi F, Rashed R, Abachizadeh H. Esthetic preferences for the shape of anterior teeth in a posed smile. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2011 Jun;139(6):806-14.
11. Peck H, Peck S. A concept of facial esthetics. *Angle Orthod*. 1970 Oct;40(4):284-318.
12. Maple JR, Vig KW, Beck FM, Larsen PE, Shanker S. A comparison of providers' and consumers' perceptions of facial-profile attractiveness. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2005 Dec;128(6):690-6; quiz 801.
13. Romani KL, Agahi F, Nanda R, Zernik JH. Evaluation of horizontal and vertical differences in facial profiles by orthodontists and lay people. *Angle Orthod*. 1993 Fall;63(3):175-82.
14. Dunlevy HA, White RP Jr, Turvey TA. Professional and lay judgment of facial esthetic changes following orthognathic surgery. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*. 1987;2(3):151-8.

15. Kerr WJ, O'Donnell JM. Panel perception of facial attractiveness. *Br J Orthod*. 1990 Nov;17(4):299-304.
16. Lines PA, Lines RR, Lines CA. Profilemetrics and facial esthetics. *Am J Orthod*. 1978 Jun;73(6):648-57.
17. Cochrane SM, Cunningham SJ, Hunt NP. A comparison of the perception of facial profile by the general public and 3 groups of clinicians. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg*. 1999;14(4):291-5.
18. Kiekens RM, Maltha JC, van 't Hof MA, Straatman H, Kuijpers-Jagtman AM. Panel perception of change in facial aesthetics following orthodontic treatment in adolescents. *Eur J Orthod*. 2008 Apr;30(2):141-6.
19. O'Neill K, Harkness M, Knight R. Ratings of profile attractiveness after functional appliance treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2000 Oct;118(4):371-6; discussion 7.
20. Molina de Paula EC, de Castro Ferreira Conti AC, Siqueira DF, Valarelli DP, de Almeida-Pedrin RR. Esthetic perceptions of facial silhouettes after treatment with a mandibular protraction appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2017 Feb;151(2):311-6.
21. O'Brien K, Macfarlane T, Wright J, Conboy F, Appelbe P, Birnie D, et al. Early treatment for Class II malocclusion and perceived improvements in facial profile. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009 May;135(5):580-5.

22. von Bremen J, Erbe C, Pancherz H, Ruf S. Facial-profile attractiveness changes in adult patients treated with the Herbst appliance. *J Orofac Orthop*. 2014 May;75(3):167-74.
23. Mendes LM, Janson G, Zingaretti Junqueira-Mendes CH, Garib DG. Long-term profile attractiveness in Class II Division 1 malocclusion patients treated with and without extractions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2019 Mar;155(3):362-71.
24. Jayachandran S, Wiltshire WA, Hayasaki SM, Pinheiro FH. Comparison of advansync and intermaxillary elastics in the correction of Class II malocclusions: a retrospective clinical study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2016 Dec;150(6):979-88.
25. Jones G, Buschang PH, Kim KB, Oliver DR. Class II non-extraction patients treated with the forsus fatigue resistant device versus intermaxillary elastics. *Angle Orthod*. 2008 Mar;78(2):332-8.
26. Paduano S, Rongo R, Bucci R, Carvelli G, Cioffi I. Impact of functional orthodontic treatment on facial attractiveness of children with Class II division 1 malocclusion. *Eur J Orthod*. 2020 Apr 1;42(2):144-50.
27. Moresca AHK, de Moraes ND, Topolski F, Flores-Mir C, Moro A, Moresca RC, et al. Esthetic perception of facial profile changes in Class II patients treated with Herbst or Forsus appliances. *Angle Orthod*. 2020 Jul 1;90(4):571-7.
28. Rothenberg J, Campbell ES, Nanda R. Class II correction with the twin force bite corrector. *J Clin Orthod*. 2004 Apr;38(4):232-40.

29. Watanabe JH, Fitarelli F, de Freitas DS, Cançado RH, de Oliveira RC, de Oliveira RC, et al. Comparison of the facial profile attractiveness in Class III borderline patients after surgical or compensatory orthodontic treatment. *J Clin Exp Dent*. 2020 Apr 1;12(4):e348-e53.
30. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977 Mar;33(1):159-74.
31. Pithon MM, Lacerda-Santos R, Oliveira DL, Alves JV, Britto JP, Souza Eda S, et al. Esthetic perception of facial profile after treatment with the Thurow Appliance. *Braz Oral Res*. 2015;29:S1806-83242015000100230.
32. Perinetti G, Primožic J, Furlani G, Franchi L, Contardo L. Treatment effects of fixed functional appliances alone or in combination with multibracket appliances: a systematic review and meta-analysis. *Angle Orthod*. 2015 May;85(3):480-92.
33. Aras A, Ada E, Saracoglu H, Gezer NS, Aras I. Comparison of treatments with the Forsus fatigue resistant device in relation to skeletal maturity: a cephalometric and magnetic resonance imaging study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2011 Nov;140(5):616-25.
34. Ishaq RA, Al Hammadi MS, Fayed MM, El-Ezz AA, Mostafa Y. Fixed functional appliances with multibracket appliances have no skeletal effect on the mandible: A systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2016 May;149(5):612-24.

35. Baccetti T, Franchi L, Kim LH. Effect of timing on the outcomes of 1-phase nonextraction therapy of class II malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009 Oct;136(4):501-9.
36. Reddy P, Kharbanda OP, Duggal R, Parkash H. Skeletal and dental changes with nonextraction Begg mechanotherapy in patients with class II division 1 malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2000 Dec;118(6):641-8.
37. Nelson B, Hagg U, Hansen K, Bendeus M. A long-term follow-up study of class II malocclusion correction after treatment with Class II elastics or fixed functional appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007 Oct;132(4):499-503.
38. Tsiouli K, Topouzelis N, Papadopoulos MA, Gkantidis N. Perceived facial changes of class II division 1 patients with convex profiles after functional orthopedic treatment followed by fixed orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2017 Jul;152(1):80-91.
39. Ghorbanyjavadpour F, Rakhshan V. Factors associated with the beauty of soft-tissue profile. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2019 Jun;155(6):832-43.
40. Rego MV, Martinez EF, Coelho RM, Leal LM, Thiesen G. Perception of changes in soft-tissue profile after herbst appliance treatment of class II division 1 malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2017 Mar;151(3):559-64.

41. Almeida-Pedrin RR, Guimaraes LB, Almeida MR, Almeida RR, Ferreira FP. Assessment of facial profile changes in patients treated with maxillary premolar extractions. *Dental Press J Orthod*. 2012 Sept-Oct;17(5):131-7.
42. Yin L, Jiang M, Chen W, Smales RJ, Wang Q, Tang L. Differences in facial profile and dental esthetic perceptions between young adults and orthodontists. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2014 Jun;145(6):750-6.
43. Zhang YF, Xiao L, Li J, Peng YR, Zhao Z. Young people's esthetic perception of dental midline deviation. *Angle Orthod*. 2010 May;80(3):515-20.
44. Trulsson U, Strandmark M, Mohlin B, Berggren U. A qualitative study of teenagers' decisions to undergo orthodontic treatment with fixed appliance. *J Orthod*. 2002 Sep;29(3):197-204; discussion 195.

Análise da distribuição de tensões nos dentes anteriores causadas por diferentes mecânicas de retração

Rafael Golghetto **DOMINGOS**¹✉

 <https://orcid.org/0000-0002-8746-7265>

Almir **LIMA JÚNIOR**¹

 <https://orcid.org/0000-0002-0772-5931>

Dalva Cruz **LAGANÁ**²

 <https://orcid.org/0000-0002-6403-6876>

José **RINO NETO**³

 <https://orcid.org/0000-0002-9124-8698>

Jorge **ABRÃO**³

 <https://orcid.org/0000-0001-9583-0792>

João Batista de **PAIVA**⁴

 <https://orcid.org/0000-0002-3178-4843>

Enviado em: 22 de fevereiro de 2020 • Revisado e aceito: 24 de maio de 2020

✉ rafaelgolghetto@yahoo.com.br

Como citar: Domingos RG, Lima Júnior A, Laganá DC, Rino Neto J, Abrão J, Paiva JB. Stress distribution analysis in anterior teeth caused by several retraction mechanics. Dental Press J Orthod. 2021;26(5):e212042.

(1) MSc, Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia, Departamento de Ortodontia (São Paulo/SP, Brasil). (2) Professor e coordenador, Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia, Departamento de Prótese (São Paulo/SP, Brasil). (3) Professor associado, Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia, Departamento de Ortodontia (São Paulo/SP, Brasil). (4) Professor e coordenador, Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia, Departamento de Ortodontia (São Paulo/SP, Brasil).

RESUMO

Introdução: A retração ortodôntica dos dentes anteriores é indicada quando o paciente apresenta má oclusão com vestibularização dos incisivos. Diferentes mecânicas são indicadas para realizar essa retração.

Objetivo: O objetivo do presente estudo foi comparar as tensões geradas por quatro diferentes tipos de mecânicas de retração nas raízes dos dentes anteriores.

Métodos: Um modelo fotoelástico foi confeccionado simulando uma arcada com os primeiros pré-molares extraídos. Foram preparados 60 arcos de retração, sendo quinze para cada tipo de mecânica avaliada: deslizamento, alça de Bull, alça em T e arco de dupla chave. As tensões foram observadas em duas perspectivas: oclusal e oblíqua. Na vista oclusal, as tensões foram comparadas entre os seis dentes anteriores. Na vista oblíqua, as tensões foram comparadas entre os terços radiculares do canino esquerdo.

Resultados: Na vista oclusal, a mecânica com alça de Bull apresentou maiores tensões, seguida da alça em T, arco de dupla chave e mecânica de deslizamento. Em todas as mecânicas, as tensões se concentraram mais nos caninos do que nos incisivos. Na vista oblíqua, a mecânica com alça de Bull gerou maiores tensões nas regiões cervicais dos caninos; nas regiões apicais, não houve diferenças nas tensões entre os quatro tipos de mecânicas. Dentro de uma mesma mecânica, as maiores tensões estiveram presentes nas regiões cervicais.

Conclusão: A mecânica de retração com alça de Bull apresentou a maior média de tensões, e a mecânica de retração por deslizamento apresentou a menor média de tensões na raiz dos dentes anteroinferiores, nas vistas oclusal e oblíqua.

Palavras-chave: Ortodontia corretiva. Movimentação dentária. Fechamento de espaço ortodôntico.

INTRODUÇÃO

Os pacientes portadores de más oclusões com vestibularização excessiva dos incisivos frequentemente apresentam anomalias na função mastigatória, como guia anterior deficiente e estética facial insatisfatória, devido à protrusão dos lábios e exposição dos dentes em repouso¹⁻⁵. Com o objetivo de corrigir essas más oclusões, planos de tratamento ortodôntico têm sido elaborados para reduzir a vestibularização dos incisivos. Nesses planejamentos, as extrações dos primeiros pré-molares são frequentemente propostas, seguidas da retração dos dentes anteriores^{1,3}.

Os ortodontistas são responsáveis por conhecer as particularidades das técnicas de retração existentes para fechamento de espaços criados após as exodontias, para que seja feita a melhor indicação durante a elaboração do plano de tratamento, visando uma movimentação dentária efetiva⁵. Entre as técnicas existentes para retração dos dentes anteriores, podem ser citadas as seguintes: mecânica de deslizamento⁶⁻⁸, alça de Bull⁹⁻¹², alça em T^{5,13-15} e arco de dupla chave¹⁶⁻¹⁸.

A fotoelasticidade é um dos métodos disponíveis na Odontologia para análise de tensões nas raízes dos dentes. Esse método pertence a um grupo de técnicas convenientes para o estudo dos efeitos da retração ortodôntica de dentes anteriores e se baseia na birrefringência, característica optomecânica dos polímeros transparentes¹⁹. Numerosos estudos em Ortodontia

têm utilizado esse método laboratorial para analisar os campos de tensão criados nas estruturas de interesse após um carregamento mecânico^{17,19-26}.

Apesar das frequentes avaliações das mecânicas de retração em diferentes estudos^{1,2,5-18}, é difícil encontrar na literatura artigos que comparem os efeitos da tensão produzida nos tecidos periodontais dos dentes anteriores com diferentes técnicas de fechamento de espaço. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo analisar e comparar as distribuições de tensões geradas pelas seguintes técnicas de retração anterior: mecânica de deslizamento, alça de Bull, alça em T e arco de dupla chave. Assim, o ortodontista saberá em qual técnica ele deve ficar mais atento para evitar possíveis efeitos adversos.

MATERIAL E MÉTODOS

Os testes foram realizados em um modelo fotoelástico simulando uma arcada dentária na fase inicial de retração anterior ortodôntica, com os primeiros pré-molares extraídos. Um aparelho ortodôntico fixo Roth 0,022" (Abzil, São José do Rio Preto, Brasil) foi instalado em dentes artificiais (Orto-Art; Piracicaba, Brasil) e, em seguida, um *typodont* em cera foi confeccionado com esses dentes corretamente posicionados ao longo de um arco de aço 0,021" x 0,025" (Morelli, Sorocaba, Brasil), sem os primeiros pré-molares. Em seguida, foi feita uma moldagem desse *typodont* em silicone (Redelease, São Paulo, Brasil). Assim que

esse silicone polimerizou, a cera do *typodont* foi removida e, em seguida, uma resina epóxi flexível foi vazada nessa impressão (Epoxiglass; Diadema, Brasil). O arco de aço 0,021" x 0,025" usado durante a construção do modelo foi removido, e um diagrama de arcos ortodônticos foi feito com esse arco, servindo de referência para os arcos de retração utilizados nos ensaios mecânicos subsequentes. Uma base de resina acrílica transparente ajustada ao modelo fotoelástico foi utilizada para simular uma ancoragem absoluta no segmento posterior, com o objetivo de concentrar todas as forças de retração resultantes na região anterior da arcada²⁷. Um mini-implante foi colocado de cada lado na região distal da base e preso ao tubo do primeiro molar inferior com uma ligadura metálica.

No Grupo 1 (mecânica de deslizamento), foram utilizados arcos de aço 0,019" x 0,025", com ganchos longos instalados bilateralmente no fio na região dos caninos⁶⁻⁸. Uma cadeia elástica foi inserida bilateralmente desde o tubo do primeiro molar até o gancho, para ativar a força de retração (Fig. 1). No Grupo 2, arcos de retração de aço 0,019" x 0,025" foram usados com alças de Bull bilateralmente posicionadas 2 mm para distal do braquete do canino. Foi aplicado um efeito Gable de 15 graus⁹⁻¹² (Fig. 2), e a força de retração foi gerada pela ativação dessa alça. No Grupo 3, um arco de aço 0,021" x 0,025" foi seccionado em três partes, as quais foram instaladas nos dois segmentos posteriores e no segmento anterior; um tubo cruzado foi soldado

ao fio entre o canino e o incisivo lateral. Bilateralmente, a ativação foi realizada com uma alça em T feita de fio de liga de titânio-molibdênio de 0,017" x 0,025" (TMA), que foi anexada ao tubo transversal da seção anterior e presa na fenda auxiliar do tubo do primeiro molar (Fig. 3). Essa alça foi deslocada para a porção anterior do espaço entre os braquetes do canino e do segundo pré-molar, com uma dobra para efeito Gable de 45° próxima ao tubo molar^{5,13-15}. No Grupo 4, foram usados arcos de retração pré-fabricados de aço 0,019" x 0,025" com alças de dupla chave (DKL) posicionadas a 1 mm mesial e 1 mm distal do braquete do canino. Bilateralmente, essas alças foram amarradas por ligaduras metálicas até que o segmento entre as alças mesiais atingisse 0,5 mm de deflexão. A força de retração foi aplicada por uma cadeia elástica conectada da alça canina distal ao gancho do tubo do primeiro molar¹⁶⁻¹⁸ (Fig. 4). Foram preparados sessenta arcos de retração, sendo quinze para cada grupo. A Figura 5 mostra um diagrama que ilustra o momento de força esperado para essa mecânica.



Figura 1: Modelo de testes da mecânica de deslizamento.



Figura 2: Modelo de testes da alça de Bull.



Figura 3: Modelo de testes da alça T.



Figura 4: Modelo de testes do arco de dupla chave.

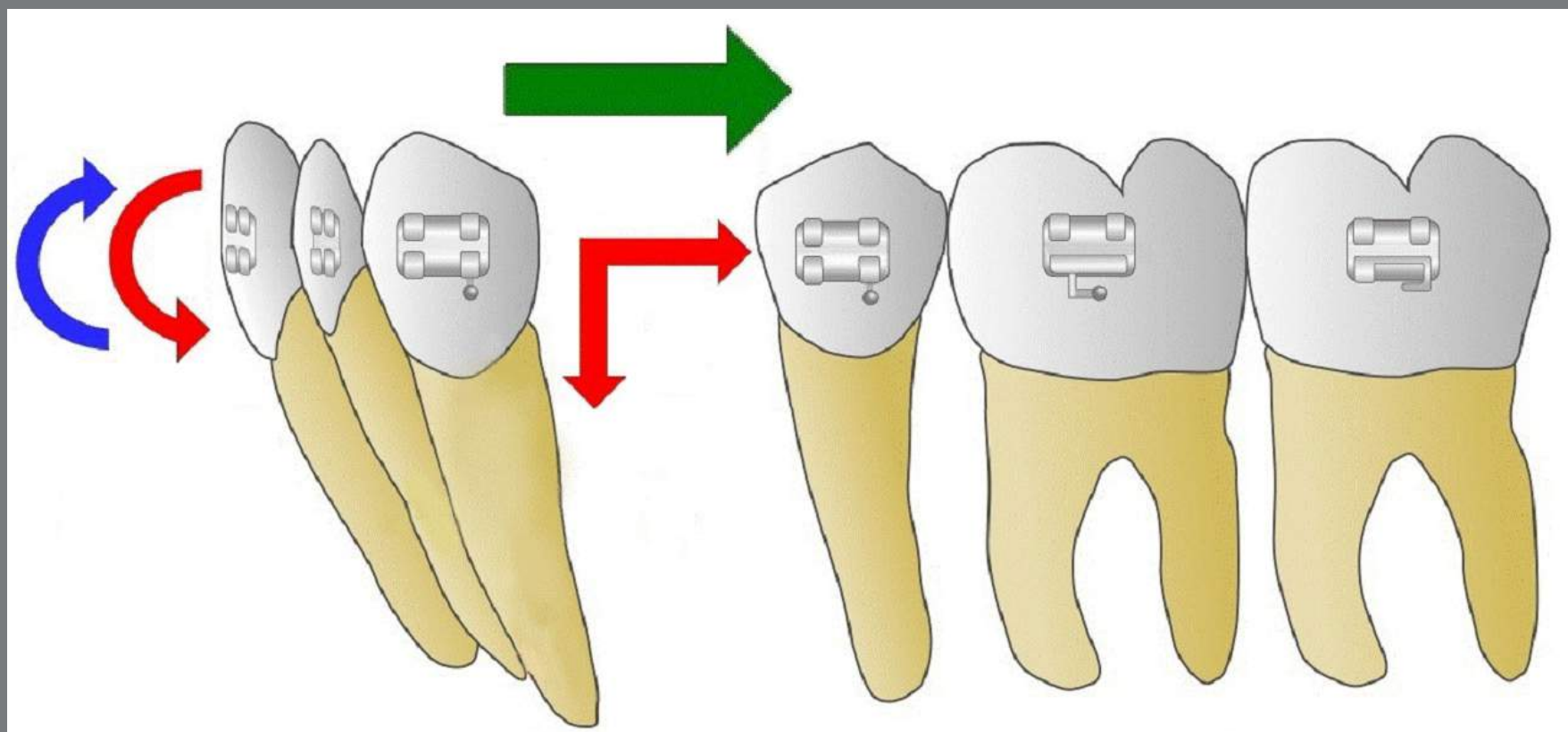


Figura 5: Diagrama do momento de forças pretendido. Os vetores em vermelho referem-se à força aplicada nos dentes anteriores, gerando um momento de rotação intrusivo, que anulou o momento de rotação extrusivo, gerado pela resistência ao movimento de retração, mostrado em azul. O vetor horizontal em verde é a força resultante final pretendida.

Com um polariscópio circular, foi verificada a ausência de tensões residuais no modelo fotoelástico antes do início de cada ensaio, sendo observadas as franjas fotoelásticas isocromáticas que surgiam após a ativação de cada mecânica de retração. Para evitar viés quanto a uma eventual fadiga do modelo fotoelástico, as ativações foram realizadas alternando os grupos sempre na mesma sequência — 1, 2, 3, 4, 1, 2, 3, 4 e assim sucessivamente —, sendo realizado até o décimo quinto teste de cada grupo. No final, o modelo fotoelástico ainda se mostrou viável caso mais ativações fossem necessárias. A força de

ativação foi padronizada em 240 g por lado, o que produziu um total de 480 g de força no momento de ativação da mecânica de retração. Após cada ativação, as fotografias foram realizadas com a câmera em um posicionamento padronizado, devido às marcações feitas na base de fixação do modelo fotoelástico e no tripé da câmera fotográfica.

Essas fotografias foram tiradas em duas perspectivas predefinidas, de acordo com o ponto de vista avaliado nesse estudo. Na vista oclusal, o modelo foi posicionado em pé, com a lente da câmera a 90° em relação ao plano oclusal. Na vista oblíqua, o modelo foi posicionado de forma que a lente da câmera ficasse posicionada a 90° em relação à face vestibular do canino esquerdo, com o canino centralizado na imagem. As imagens coletadas foram transferidas para um computador e analisadas visualmente. Seis regiões foram avaliadas na vista oclusal: as regiões linguais dos quatro incisivos e as regiões distais dos dois caninos. Cinco regiões da raiz do canino esquerdo foram avaliadas na vista oblíqua: cervicomesial (CM), apicomésial (AM), apical (A), distoapical (DA) e cervicodistal (CD). Na análise qualitativa, as franjas fotoelásticas foram descritas de acordo com sua densidade e morfologia: as zonas de alta tensão são indicadas por franjas finas e pequenos espaços entre elas¹⁹. Na análise quantitativa, as franjas fotoelásticas expressas em cada região avaliada foram classificadas com um número ordinal, conforme descrito pela *American Society for*

Testing and Materials (ASTM - D4093). A ausência de tensão é comumente representada por grandes áreas pretas ou cinzas. A coloração diferente entre as linhas mostra a transição de uma franja para outra. A primeira, de cor preta, é a de ordem zero; a de cor violeta, ordem um; a transição violeta/azul, ordem dois; e a transição de vermelho para verde, ordem três. A partir da franja de ordem três, as franjas subsequentes são sempre contadas na transição do vermelho para o verde¹⁹.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados das franjas fotoelásticas foram analisados duas vezes, usando o coeficiente de correlação intraclass (ICC), com intervalos de confiança de 95%, para verificar a concordância/reprodutibilidade entre a primeira e a segunda avaliações, e foi calculada a repetibilidade da avaliação²⁸. Os valores da primeira avaliação foram submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov e classificados como não paramétricos; assim, o teste de Friedman²⁹ foi escolhido para comparar os *outliers* dos quatro tipos de mecânica. Quando esse teste mostrava significância estatística, múltiplas comparações pareadas não paramétricas eram realizadas para verificar os tipos de diferenças entre as franjas. Todos os testes foram realizados com nível de significância de 5%.

RESULTADOS

A análise qualitativa dos quatro grupos desse estudo permitiu observar as seguintes características:

» Grupo 1 – mecânica de deslizamento: na vista oclusal, poucas franjas fotoelásticas surgiram nas regiões distais dos caninos, estendendo-se até a região mesial do segundo pré-molar. Nas regiões linguais dos incisivos, foram observadas franjas menos intensas, quando comparadas às regiões distais dos caninos. Na vista oblíqua, foram observadas leves alterações de cor nas três regiões apicais. No entanto, uma sequência de franjas de cores mais evidentes foi observada nas regiões cervicais, principalmente na região cervicodistal (Fig. 6).

» Grupo 2 – alça de Bull: na vista oclusal, cores mais intensas e maior sequência de franjas foram observadas bilateralmente nas regiões distais dos caninos. Nas regiões linguais dos incisivos, apareceram franjas menos intensas, quando comparadas às regiões distais dos caninos. Na vista oblíqua, uma alteração de cor mais perceptível foi observada nas regiões apicais. Nas regiões cervicais, observou-se um aumento evidente da sequência de franjas (Fig. 7).

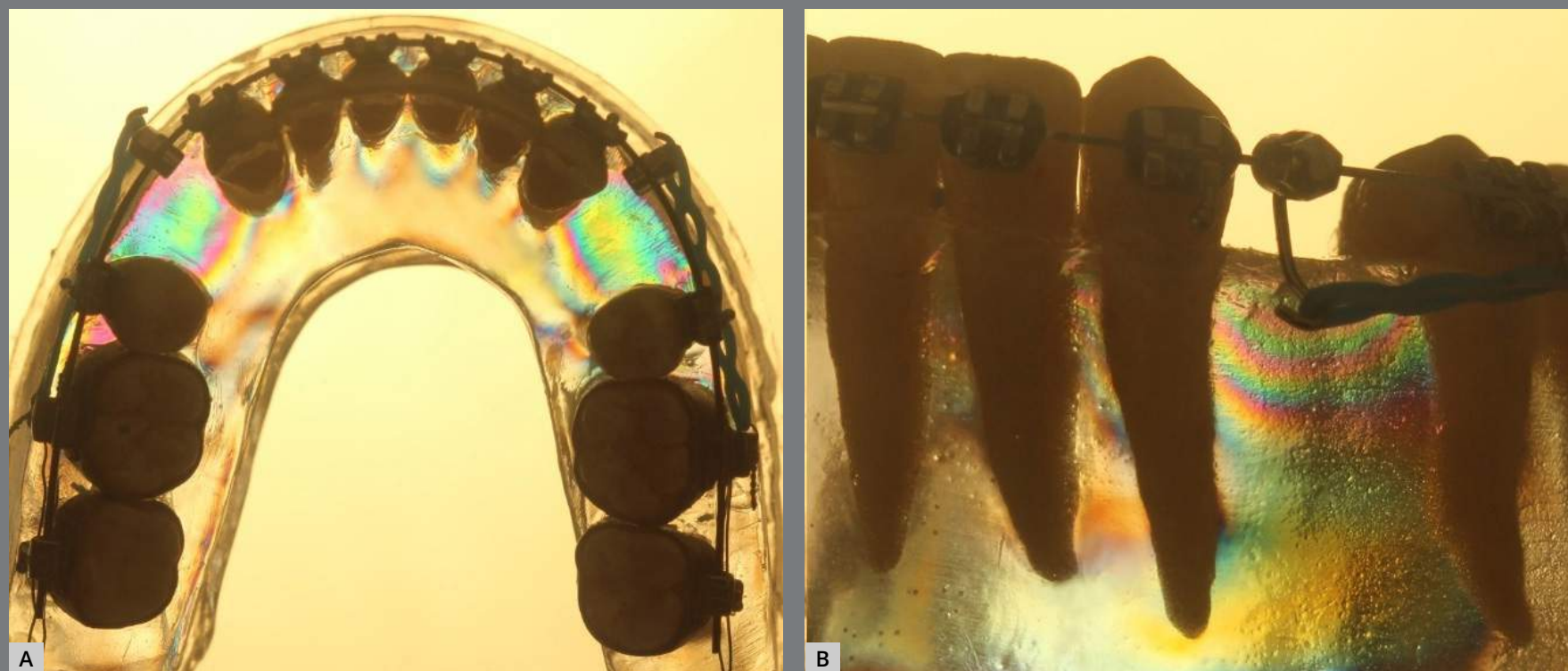


Figura 6: Imagem fotoelástica do Grupo 1: **A)** vista oclusal; **B)** vista oblíqua.

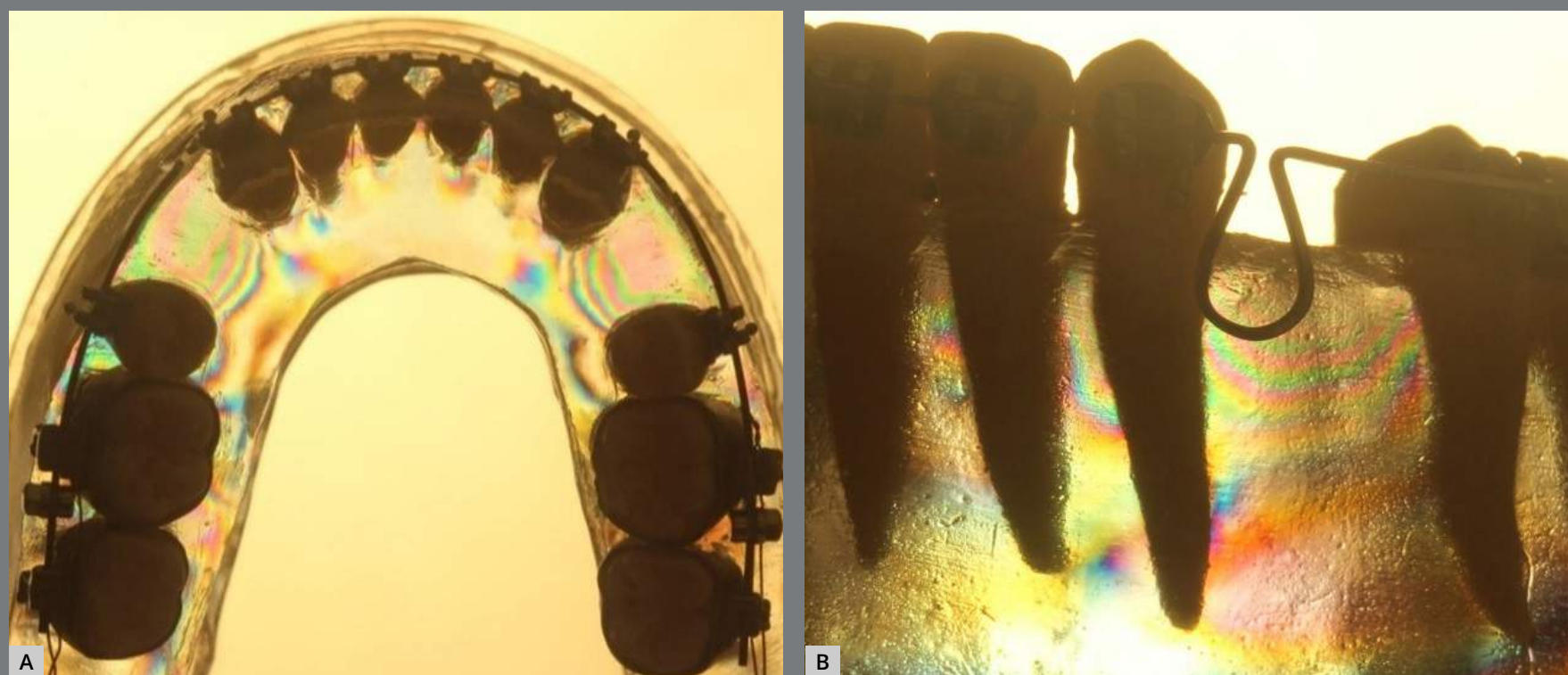


Figura 7: Imagem fotoelástica do Grupo 2: **A)** vista oclusal; **B)** vista oblíqua.

» Grupo 3 – alça em T: na vista oclusal, as alterações de cor e sequências de franjas foram semelhantes ao Grupo 2 em intensidade e quantidade. Na vista oblíqua, observou-se alteração de cor menos intensa em todas as regiões apicais. Nas regiões cervicais, a distal apresentou sequência de franjas mais evidente, quando comparada à mesial (Fig. 8).

» Grupo 4 – arco de dupla chave: na vista oclusal, foram observadas alterações de cor de moderada intensidade nas regiões distais dos caninos. Alterações menos intensas foram observadas nas regiões linguais dos incisivos, quando comparadas às distais dos caninos. Na vista oblíqua, surgiram leves alterações nas regiões apicais. Nas regiões cervicais, observou-se aumento mais evidente das franjas na região cervicodistal (Fig. 9).

As Tabelas 1 a 4 descrevem os resultados obtidos na análise quantitativa. A Tabela 1 descreve as comparações entre as regiões do mesmo tipo de mecânica, de acordo com as áreas previamente escolhidas para classificação das franjas na vista oclusal; enquanto a Tabela 2 descreve as comparações na vista oblíqua. A Tabela 3 mostra as comparações múltiplas não paramétricas pareadas das franjas entre as mecânicas estudadas na vista oclusal; enquanto a Tabela 4 mostra as comparações na vista oblíqua. Um gráfico que mostra a comparação entre as médias das sequências de franjas de cada grupo pode ser visto nas Figuras 10 (vista oclusal) e 11 (vista oblíqua).

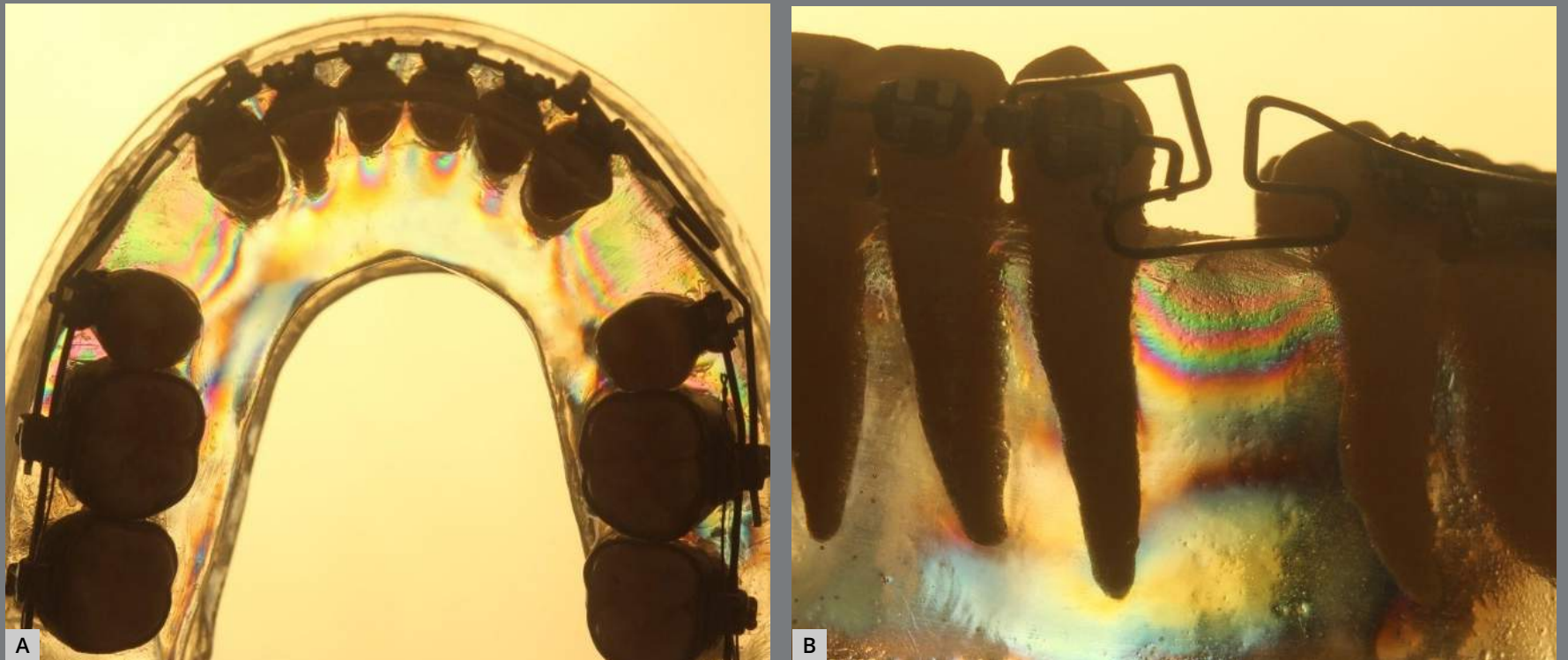


Figura 8: Imagem fotoelástica do Grupo 3: **A)** vista oclusal; **B)** vista oblíqua.

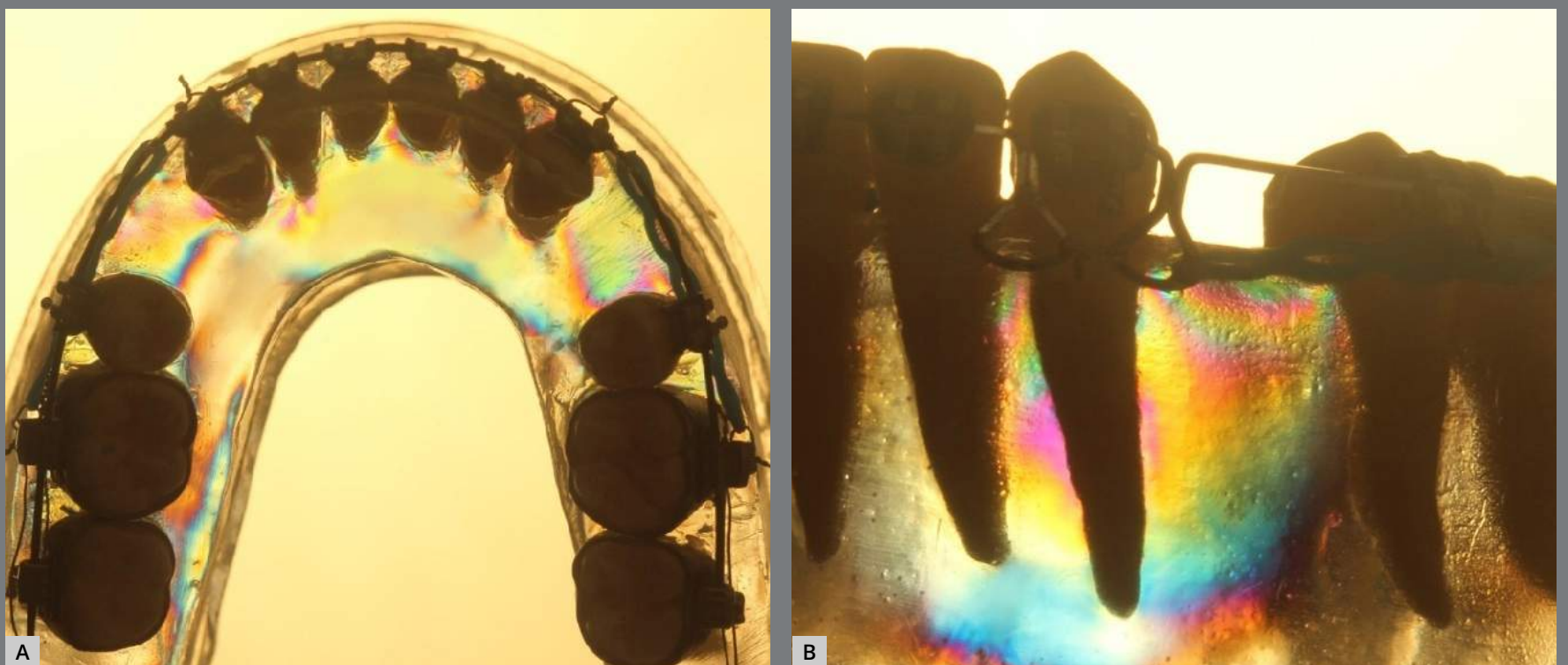


Figura 9: Imagem fotoelástica do Grupo 4: **A)** vista oclusal; **B)** vista oblíqua.

Tabela 1: Descrição das franjas fotoelásticas para cada região e tipo de mecânica, quanto à avaliação e método de concordância e repetibilidade. Resultado entre avaliadores na vista oclusal.

Região	Tipo de mecânica	Avaliação 1		Avaliação 2		ICC	IC 95%	
		Média	DP	Média	DP		Limite inferior	Limite superior
33	Mecânica de deslizamento	1,5560	0,22909	1,5433	0,21908	0,976	0,932	0,992
	Alça de Bull	2,7587	0,21646	2,8187	0,22399	0,753	0,420	0,909
	Alça em T	2,2967	0,47683	2,4413	0,74272	0,829	0,568	0,939
	Arco de dupla chave	1,8887	0,39686	1,9333	0,35670	0,855	0,631	0,948
32	Mecânica de deslizamento	0,7213	0,10623	0,7320	0,13067	0,590	0,115	0,842
	Alça de Bull	1,4407	0,25858	1,5087	0,16305	0,801	0,517	0,928
	Alça em T	1,1593	0,17730	1,2760	0,21836	0,820	0,519	0,937
	Arco de dupla chave	1,0100	0,15029	1,0680	0,13832	0,570	0,132	0,828
31	Mecânica de deslizamento	0,7960	0,11350	0,8320	0,10108	0,729	0,364	0,900
	Alça de Bull	1,5173	0,16364	1,4607	0,15813	0,871	0,664	0,954
	Alça em T	1,1733	0,33404	1,2140	0,35020	0,860	0,641	0,950
	Arco de dupla chave	1,0873	0,17730	1,0693	0,19326	0,817	0,541	0,934
41	Mecânica de deslizamento	0,8487	0,05680	0,8760	0,10487	0,873	0,671	0,955
	Alça de Bull	1,5980	0,16747	1,6107	0,17621	0,959	0,887	0,986
	Alça em T	1,1680	0,22511	1,2560	0,26362	0,784	0,415	0,925
	Arco de dupla chave	1,2560	0,13054	1,3000	0,13732	0,683	0,292	0,880
42	Mecânica de deslizamento	0,7933	0,16101	0,8553	0,14885	0,803	0,363	0,937
	Alça de Bull	1,5087	0,16305	1,5467	0,20454	0,784	0,483	0,921
	Alça em T	1,1280	0,26466	1,1440	0,28727	0,666	0,241	0,875
	Arco de dupla chave	1,0947	0,22338	1,0487	0,21139	0,699	0,324	0,887
43	Mecânica de deslizamento	1,4860	0,19526	1,5773	0,37670	0,910	0,756	0,969
	Alça de Bull	2,6987	0,34465	2,9607	0,66831	0,672	0,284	0,875
	Alça em T	2,2787	0,60981	2,3820	0,68833	0,737	0,386	0,903
	Arco de dupla chave	1,9200	0,36162	1,7200	0,36162	0,971	0,915	0,990

DP = Desvio-padrão; IC = Intervalo de Confiança; ICC = Coeficiente de Correlação Intraclass.

Tabela 2: Descrição das franjas fotoelásticas para cada região e tipo de mecânica, quanto à avaliação e método de concordância e repetibilidade. Resultado entre avaliadores na vista oblíqua.

Região	Tipo de mecânica	Avaliação 1		Avaliação 2		ICC	IC 95%	
		Média	DP	Média	DP		Limite inferior	Limite superior
Cervicomesial	Mecânica de deslizamento	1,4133	0,18711	1,4613	0,20361	0,853	0,604	0,949
	Alça de Bull	1,7900	0,33939	1,6827	0,23132	0,735	0,354	0,904
	Alça em T	1,1773	0,33678	1,2187	0,35236	0,938	0,829	0,979
	Arco de dupla chave	1,4273	0,22053	1,3480	0,25585	0,729	0,365	0,900
Apicomesial	Mecânica de deslizamento	0,8913	0,11186	0,8627	0,11392	0,825	0,552	0,938
	Alça de Bull	0,8740	0,16387	0,8847	0,22087	0,688	0,281	0,884
	Alça em T	0,7067	0,13563	0,8660	0,26981	0,631	0,202	0,858
	Arco de dupla chave	0,9353	0,12415	0,9433	0,13026	0,985	0,957	0,995
Apical	Mecânica de deslizamento	0,9233	0,14888	0,9460	0,20152	0,754	0,403	0,910
	Alça de Bull	0,7453	0,17225	0,7387	0,16340	0,988	0,966	0,996
	Alça em T	0,9733	0,29166	1,1087	0,26052	0,551	0,099	0,820
	Arco de dupla chave	0,6693	0,28212	0,6733	0,28752	0,686	0,274	0,883
Apicodistal	Mecânica de deslizamento	1,0080	0,09244	1,0040	0,09132	0,986	0,959	0,995
	Alça de Bull	0,9740	0,17451	1,0273	0,22369	0,709	0,345	0,891
	Alça em T	0,9207	0,21569	0,9580	0,20623	0,507	0,010	0,805
	Mecânica de deslizamento	1,0813	0,11325	1,0513	0,13548	0,845	0,595	0,946
Cervicodistal	Mecânica de deslizamento	1,9240	0,13999	2,0160	0,23679	0,535	0,085	0,811
	Alça de Bull	2,7220	0,27251	3,1667	0,55635	0,660	0,221	0,873
	Alça em T	2,3540	0,16530	2,3533	0,22993	0,697	0,293	0,888
	Arco de dupla chave	1,6000	0,22370	1,5400	0,25386	0,883	0,645	0,961

DP = Desvio-padrão; IC = Intervalo de Confiança; ICC = Coeficiente de Correlação Intraclassa.

Tabela 3: Descrição das franjas da primeira avaliação, segundo os tipos de mecânica e comparações entre os grupos na vista oclusal.

Região	Tipo de mecânica	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	P
33	Mecânica de deslizamento	1,5560	0,2291	1,3800	1,20	1,81	<0,001
	Alça de Bull	2,8587	0,2165	3,0000	2,50	3,10	
	Alça em T	2,2967	0,4768	2,3300	1,81	3,10	
	Arco de dupla chave	1,9887	0,3969	2,0000	1,06	2,50	
32	Mecânica de deslizamento	0,7213	0,1062	0,79	0,60	0,90	<0,001
	Alça de Bull	1,4407	0,2586	1,38	0,90	1,81	
	Alça em T	1,1593	0,1773	1,20	0,79	1,38	
	Arco de dupla chave	1,0100	0,1503	0,90	0,79	1,20	
31	Mecânica de deslizamento	0,7960	0,1135	0,79	0,60	0,90	<0,001
	Alça de Bull	1,5173	0,1636	1,38	1,38	1,81	
	Alça em T	1,1733	0,3340	1,38	0,60	1,81	
	Arco de dupla chave	1,0873	0,1773	1,06	0,79	1,62	
41	Mecânica de deslizamento	0,8487	0,0568	0,90	0,79	0,90	<0,001
	Alça de Bull	1,5980	0,1675	1,62	1,20	1,81	
	Alça em T	1,1680	0,2251	1,20	0,90	1,62	
	Arco de dupla chave	1,2560	0,1305	1,20	1,06	1,38	
42	Mecânica de deslizamento	0,7933	0,1610	0,79	0,60	1,06	<0,001
	Alça de Bull	1,5087	0,1630	1,62	1,20	1,81	
	Alça em T	1,1280	0,2647	0,90	0,90	1,62	
	Arco de dupla chave	1,0947	0,2234	1,06	0,79	1,38	
43	Mecânica de deslizamento	1,4860	0,1953	1,38	1,20	1,81	<0,001
	Alça de Bull	2,6987	0,3447	2,67	1,81	3,00	
	Alça em T	2,2787	0,6098	2,33	1,38	3,10	
	Arco de dupla chave	1,7200	0,3616	1,62	1,38	2,33	

Resultados do teste de Friedman, DP = Desvio-padrão.

Tabela 4: Descrição das franjas da primeira avaliação, segundo os tipos de mecânica e comparações entre os grupos na vista oblíqua.

Região	Tipo de mecânica	Média	DP	Mediana	Mínimo	Máximo	P
Cervicomesial	Mecânica de deslizamento	1,4133	0,1871	1,38	1,20	2,00	0,0014
	Alça de Bull	1,79	0,3394	1,62	1,38	2,33	
	Alça em T	1,1773	0,3368	1,38	0,60	1,62	
	Arco de dupla chave	1,4273	0,2205	1,38	1,00	1,81	
Apicomesial	Mecânica de deslizamento	0,8913	0,1119	0,90	0,60	1,00	0,0011
	Alça de Bull	0,8740	0,1639	0,90	0,60	1,20	
	Alça em T	0,7067	0,1356	0,60	0,60	1,06	
	Arco de dupla chave	0,9353	0,1241	0,90	0,60	1,06	
Apical	Mecânica de deslizamento	0,9233	0,1489	1,00	0,60	1,06	0,0015
	Alça de Bull	0,7453	0,1722	0,60	0,60	1,00	
	Alça em T	0,9733	0,2917	1,06	0,60	1,38	
	Arco de dupla chave	0,6693	0,2821	0,45	0,45	1,06	
Apicodistal	Mecânica de deslizamento	1,0080	0,0924	1,06	0,79	1,06	0,0850
	Alça de Bull	0,9740	0,1745	0,90	0,79	1,38	
	Alça em T	0,9207	0,2157	0,90	0,60	1,38	
	Arco de dupla chave	1,0813	0,1133	1,06	1,00	1,38	
Cervicodistal	Mecânica de deslizamento	1,9240	0,1400	2,00	1,62	2,00	<0,001
	Alça de Bull	2,7220	0,2725	2,50	2,33	3,00	
	Alça em T	2,3540	0,1653	2,33	2,00	2,50	
	Arco de dupla chave	1,6000	0,2237	1,62	1,38	2,00	

Resultados do teste de Friedman, DP = Desvio-padrão.

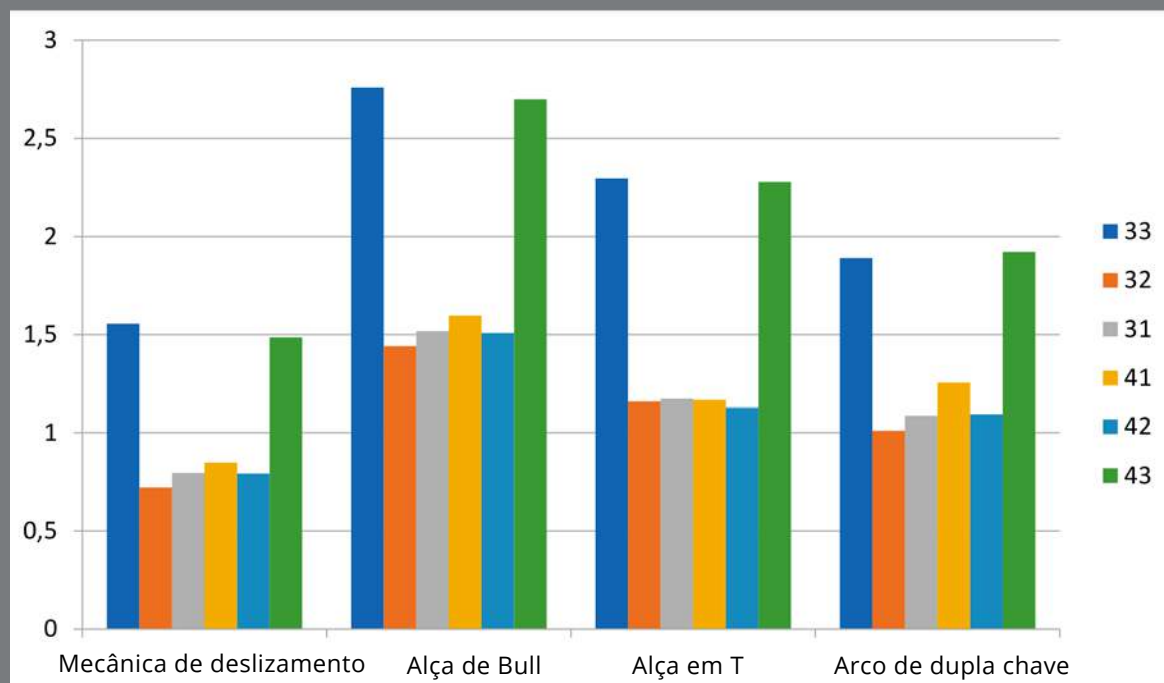


Figura 10: Comparação das médias da sequência de franjas entre os tipos de mecânica na vista oclusal.

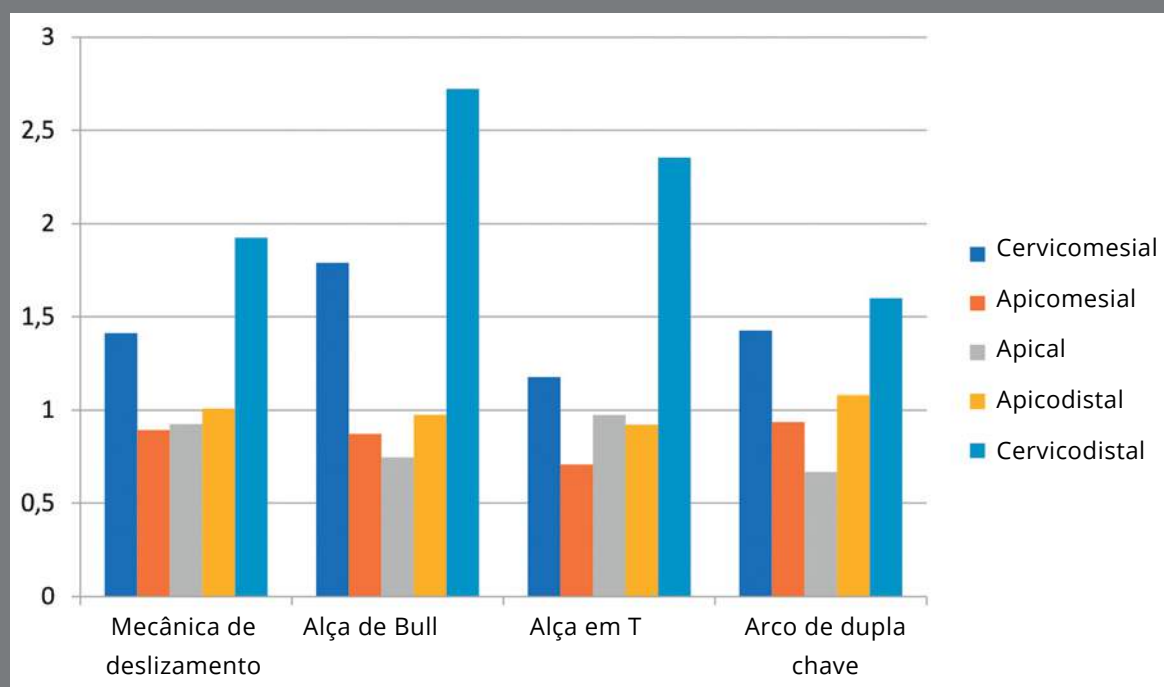


Figura 11: Comparação das médias da sequência de franjas entre os tipos de mecânica na vista oblíqua.

DISCUSSÃO

A análise das quatro mecânicas de retração avaliadas nesse estudo revelou resultados interessantes para a compreensão do comportamento das tensões geradas durante a correção de más oclusões nas quais a retração ortodôntica dos dentes anteriores é indicada. Esse procedimento é bastante estudado na literatura ortodôntica^{1-18,22,23}; porém, nenhuma das investigações anteriores fez uma comparação linear entre a aplicação dessas quatro mecânicas.

A movimentação de corpo dos dentes durante a retração anterior permite uma distribuição mais difusa da tensão no ligamento periodontal e outros tecidos alveolares, o que minimiza os riscos de morte celular e hialinização da matriz extracelular, evitando efeitos adversos, como a reabsorção radicular³⁰. Na intenção de criar um vetor de força final para a movimentação dentária de corpo, a força de retração aplicada aos dentes anteroinferiores foi complementada por um controle vertical adicional, para gerar um momento de força de intrusão oposto, que tentava anular o momento de força de extrusão causado pela resistência à retração em relação ao centro de resistência do dente, sugerindo uma força resultante final sem intrusão ou extrusão do segmento anterior (Fig. 5)^{4,5,10-15}. Por esse motivo, na mecânica de deslizamento, ganchos longos foram adicionados ao arco, para ativar o sistema mais próximo do centro de resistência do dente⁶⁻⁸; nas mecânicas que fazem uso de

alças (alça de Bull e alça em T), foi incorporado um efeito Gable à alça⁵⁻¹⁵; na mecânica avaliada que utilizou o arco de dupla chave, as alças mesiais foram amarradas, visando uma deflexão do segmento anterior¹⁶⁻¹⁸.

Para uma retração eficaz, é essencial uma carga correta de força aplicada aos dentes anteriores. Na literatura, existem valores de 200 g de cada lado⁵ para movimentação dentária; 70 g por dente anterior, portanto 210 g de ativação para cada lado⁴; 240 g de cada lado para retração anteroinferior^{10,11}; e 150 g a 300 g para um fechamento de espaço de 0,5 a 1 mm por mês^{7,8}. Essa grande variação de forças se deve à variedade de técnicas propostas para tal movimento. No presente estudo, optou-se por 240 g de força de retração em cada lado, conforme consta na literatura.

Considerando-se o objetivo dessa pesquisa, na vista oclusal, as regiões distais dos caninos apresentaram maiores tensões do que nos incisivos, em todas as mecânicas avaliadas. Isso ocorreu, provavelmente, porque esses dentes são os mais próximos do ponto de aplicação da força de retração, o que levaria a uma maior incidência de forças sobre eles. Ao realizar a análise quantitativa examinando as médias das sequências de franjas, a mecânica da alça de Bull gerou tensões mais altas, estatisticamente significativas, seguida pela alça em T, arco de dupla chave e mecânica de deslizamento. Nessa perspectiva, todas as tensões que aparecem ao longo da raiz dentária foram observadas no mesmo ponto,

pois a raiz foi examinada longitudinalmente. Estudos semelhantes avaliando essa perspectiva não foram encontrados; portanto, esses achados não foram discutidos. Na vista oblíqua, tensões maiores surgiram na área cervicodistal (CD) do canino nas quatro mecânicas avaliadas. Estudos anteriores que utilizaram a fotoelasticidade avaliando a retração do segmento anterior¹⁷ e a retração canina²⁶ também observaram resultados semelhantes. Novamente, as maiores médias foram observadas nas regiões cervicais quando a alça de Bull foi usada. Nas áreas apicais, as diferenças foram pequenas entre os grupos, não havendo diferenças estatisticamente significativas na área apicodistal (AD). Revendo os resultados dessa investigação, a técnica de retração mais segura parece ser a mecânica de deslizamento, comparada às outras três mecânicas avaliadas.

A mecânica de retração realizada com alças apresenta uma força total obtida a partir da combinação da força de retração e da força de intrusão gerada pelo efeito Gable^{4,5,12}. Na mecânica realizada com deslizamento e ganchos longos, a força de retração é decomposta em dois vetores: um relacionado à própria força de retração e outro relacionado à intrusão do segmento anterior^{7,8}. Portanto, se a mesma quantidade de força de retração for aplicada aos sistemas, na mecânica que utiliza uma dobra para efeito Gable uma carga maior atua sobre os dentes, pois uma força intrusiva adicional é feita. As tensões estatisticamente superiores na mecânica com alça de Bull não

implicam que ela seja mais prejudicial, mas sugerem que o ortodontista deva estar mais atento na escolha dessa mecânica, para evitar efeitos adversos. Mais investigações devem ser realizadas para avaliar as diferenças na quantidade de força expressa aos dentes, comparando essas mecânicas de retração, ao se aplicar a mesma força de ativação.

Nesse estudo, não foram avaliadas as tensões dissipadas nos segmentos posteriores, pois, ao tentar fazer essa avaliação, o segmento posterior contralateral do modelo fotoelástico em forma de arco se interpõe entre a fonte de luz e a área a ser observada, bloqueando a correta formação de franjas fotoelásticas.

Diversas técnicas de ancoragem ortodôntica estão disponíveis de acordo com a ancoragem necessária^{1,2,4-8,10-18,22,27}, independentemente do uso de mecânica de deslizamento ou com alças. A ancoragem absoluta não é, necessariamente, recomendada para todas as técnicas de retração; porém, seu uso nesse estudo pretendeu padronizar e reduzir as tensões no segmento posterior e concentrar essas tensões nas raízes dos dentes anteriores²⁷. Devem ser considerados estudos futuros para avaliar as diferenças na dissipação de tensões nos dentes anteriores e posteriores ao usar diferentes técnicas de retração sem ancoragem absoluta.

A fotoelasticidade é uma abordagem ilustrativa para avaliar as tensões que apareceram após a ativação do modelo de teste. Foi o método escolhido para essa investigação porque seu protocolo de implantação é reproduzível e de fácil execução^{19,25}, o que permitiu a construção de um modelo de estudo semelhante ao caso avaliado. Também é amplamente suportado, por estudos publicados, como um método tradicional e aceito para estudar as tensões que atuam nas estruturas de interesse^{17,19-26}. A presença de tensões pôde ser avaliada e fotografada por uma visão direta das estruturas internas do modelo de estudo. É considerado um simulador periodontal, devido à sua correlação positiva com estudos histológicos^{20,21}. Apesar de diversos estudos fotoelásticos utilizando apenas análise qualitativa^{17,20-24}, essa investigação também utilizou uma análise quantitativa em que o arranjo das franjas foi classificado visualmente por uma sequência de cores de acordo com a aproximação numérica dos valores descritos pela ASTM D4093^{25,26} para comparar a distribuição e intensidade das tensões.

Esse estudo permitiu a visualização das tensões oriundas da ativação do movimento de retração em diversas mecânicas, fornecendo ao ortodontista dados adicionais para subsidiar o planejamento do tratamento ortodôntico e a escolha da mecânica que apresenta o menor risco de efeitos adversos. Todo método *in vitro* de simulação de estruturas complexas, como modelos birrefringentes ou numéricos, apresenta limitações;

portanto, os dados aqui obtidos devem ser analisados com cautela. Mais comparações clínicas devem ser realizadas para aprimorar as informações disponíveis sobre esse tópico.

CONCLUSÃO

Ao se realizar a análise fotoelástica e dos dados gerados em decorrência da retração dos dentes anteriores, surgiram maiores tensões nas áreas distais dos caninos, principalmente nas regiões cervicais. Os valores médios das tensões das quatro mecânicas avaliadas, em ordem crescente, foram: mecânica de deslizamento, arco de dupla chave, alça em T e alça de Bull. Os autores concluem que a mecânica de retração com alça de Bull teve a maior tensão média, e a mecânica de deslizamento teve a menor tensão média nas raízes dos dentes anteriores, tanto na vista oclusal quanto na vista oblíqua.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Rafael Golghetto Domingos (RGD)

Almir Lima Júnior (ALJ)

Dalva Cruz Laganá (DCL)

José Rino Neto (JRN)

Jorge Abrão (JA)

João Batista de Paiva (JBP)

Concepção/design do estudo:

RGD, JRN, JA, JBP.

Aquisição, análise ou interpretação dos dados:

RGD, ALJ, DCL, JRN, JA, JBP.

Escrita do artigo:

RGD, ALJ, DCL.

Revisão crítica do artigo:

RGD, ALJ, DCL, JRN, JA, JBP.

Aprovação final do artigo:

RGD, ALJ, DCL, JRN, JA, JBP.

Obtenção de fundos:

RGD.

Responsabilidade geral:

RGD.

Os autores declaram não ter interesses associativos, comerciais, de propriedade ou financeiros, que representem conflito de interesse, nos produtos e companhias descritos nesse artigo.

REFERÊNCIAS

1. Melsen B, Bosch C. Different approaches to anchorage: a survey and an evaluation. *Angle Orthod*. 1997;67(1):23-30.
2. Langberg BJ, Todd A. Treatment of a class I malocclusion with severe bimaxillary protrusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2004 Dec;126(6):739-46.
3. Janson G, Maria FR, Bombonatti R. Frequency evaluation of different extraction protocols in orthodontic treatment during 35 years. *Prog Orthod*. 2014;15(1):51.
4. Proffit WR, Fields HW, Larson BE, Sarver DM. Contemporary orthodontics. 6th ed. St Louis: Mosby Elsevier; 2018.
5. Burstone CJ, Choy K. The biomechanical Foundation of Clinical Orthodontics. Chicago: Quintessece Publishing; 2015.
6. Bennett JC, McLaughlin RP. Controlled space closure with a preadjusted appliance system. *J Clin Orthod*. 1990 Apr;24(4):251-60.
7. McLaughlin RP, Bennett JC, Trevisi H. Systemized orthodontic treatment mechanics. 2nd ed. London: Mosby; 2001.
8. McLaughlin RP, Bennett JC. Evolution of treatment mechanics and contemporary appliance design in orthodontics: A 40-year perspective. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2015 Jun;147(6):654-62.

9. Faulkner MG, Lipsett AW, el-Rayes K, Haberstock DL. On the use of vertical loops in retraction systems. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1991 Apr;99(4):328-36.
10. Shimizu RH, Sakima T, Santos-Pinto A, Shimizu IA. Study of force systems produced by orthodontic loops for space closure. *J Bras Ortodon Ortop Facial*. 2002 Mar-Apr;7:371-87.
11. Thiesen G, Shimizu RH, do Valle CV, do Valle-Corotti KM, Pereira JR, Conti PC. Determination of the force systems produced by different configurations of tear drop orthodontic loops. *Dental Press J Orthod*. 2013 Mar 15;18(2):19.e1-18.
12. Chiang PG, Koga Y, Tominaga J, Ozaki H, Hamanaka R, Sumi M, et al. Effect of gable bend incorporated into loop mechanics on anterior tooth movement: comparative study between en masse retraction and two-step retraction. *Orthod Waves*. 2015;74:55-61.
13. Burstone CJ. The segmented arch approach to space closure. *Am J Orthod*. 1982 Nov;82(5):361-78.
14. Sakima MT, Sakima PRT, Sakima T, Gandini Jr LG, Pinto AS. Técnica do arco segmentado de Burstone. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Maxilar*. 2000 Mar-Abr;5(2):91-115.
15. Viecilli AF, Freitas MPM. The T-loop in details. *Dental Press J Orthod*. 2018 Jan;23(1):108-17.
16. Roth RH. Treatment mechanics for the straight wire appliance. In: Graber TM, Swain BF. *Orthodontics: current principles and techniques*. St Louis: Mosby; 1985. p. 665-716.

17. Dobranszki A, Vuolo JH, Levy Neto F, Suzuki H, Barbosa JA, Dobranszki NPDC. Estudo fotoelástico do controle vertical com arco de dupla chave na técnica Straight wire. *Rev Dent Press Ortod Ortop Facial*. 2009;14(4):123-8.
18. Queiroz KL, Guimarães MAC, Moraes SCB. Versatilidade do uso do arco DKL para fechamento dos espaços. *Orthod Sci Pract*. 2011;4(14):523-30.
19. Phillips JW. Photoelasticity. In: Phillips JW, editor. TAM 326: experimental stress analysis. Urbana-Champaign: University of Illinois; 2000. p. 1-62.
20. Brodsky JF, Caputo AA, Furstman LL. Root tipping: a photoelastic-histopathologic correlation. *Am J Orthod*. 1975 Jan;67(1):1-10.
21. Glickman I, Roeber FW, Brion M, Pameijer JH. Photoelastic analysis of internal stresses in the periodontium created by occlusal forces. *J Periodontol*. 1970 Jan;41(1):30-5.
22. Chaconas SJ, Caupito AA, Miyashita K. Force distribution comparisons of various retraction archwires. *Angle Orthod*. 1989 Spring;59(1):25-30.
23. Matsui S, Caputo AA, Chaconas SJ, Kiyomura H. Center of resistance of anterior arch segment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2000 Aug;118(2):171-8.
24. Nakamura A, Teratani T, Itoh H, Sugawara J, Ishikawa H. Photoelastic stress analysis of mandibular molars moved distally with the skeletal anchorage system. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007 Nov;132(5):624-9.

25. Abrão AF, Domingos RG, de Paiva JB, Laganá DC, Abrão J. Photoelastic analysis of stress distribution in mandibular second molar roots caused by several uprighting mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2018 Mar;153(3):415-21.
26. Assis Claro CA, Chagas RV, Neves AC, da Silva-Concílio LR. Comparative photoelastic study of dental and skeletal anchorages in the canine retraction. *Dental Press J Orthod*. 2014 Jan-Feb;19(1):100-5.
27. Lee D, Heo G, El-Bialy T, Carey JP, Major PW, Romanyk DL. Initial forces experienced by the anterior and posterior teeth during dental-anchored or skeletal-anchored en masse retraction in vitro. *Angle Orthod*. 2017 Jul;87(4):549-55.
28. Fleiss JL. The design and analysis of clinical experiments. New York: Wiley; 1986.
29. Kutner MH, Nachtsheim CJ, Neter J, Li W. Applied linear statistical models. 5th ed. New York: Mc Graw-Hill; 2005.
30. Consolaro A. Force distribution is more important than its intensity! *Dental Press J Orthod*. 2014 Jan-Feb;19(1):5-7.

Avaliação da redução do risco de cárie após programas preventivos para pacientes em tratamento ortodôntico, utilizando o Cariogram: um estudo quase-experimental

Maryam **DOOST-HOSEINI**¹

 <https://orcid.org/0000-0002-3793-7812>

Massoud **SEIFI**²

 <https://orcid.org/0000-0001-5313-8028>

Mina **PAKKHESAL**³ 

 <https://orcid.org/0000-0002-1043-836X>

Abolfazl **SABOURY**⁴

 <https://orcid.org/0000-0001-7988-4678>

Parisa **AMDJADI**⁵

 <https://orcid.org/0000-0002-9562-729X>

Aliakbar **NAGHAVIALHOSSEINI**⁶

 <https://orcid.org/0000-0003-4122-3828>

Enviado em: 12 de junho de 2020 • Revisado e aceito: 18 de fevereiro de 2021

 m_pakkhesal@yahoo.com

Como citar: Doost-Hoseini M, Seifi M, Pakkhesal M, Saboury A, Amdjadi P, Naghavi alhosseini A. Evaluation of caries risk reduction following preventive programs in orthodontic patients, using Cariogram computer model: A quasi-experimental trial. Dental Press J Orthod. 2021;26(5):e2120218.

(1) Shahid Beheshti University of Medical Sciences, School of Dentistry (Tehran, Irã). (2) Shahid Beheshti University of Medical Sciences, School of Dentistry, Department of Orthodontics (Tehran, Irã). (3) Golestan University of Medical Sciences, School of Dentistry, Department of Community Oral Health, Dental Research Center (Gorgan, Irã). (4) Shahid Beheshti University of Medical Sciences, School of Dentistry, Department of Prosthodontics (Tehran, Irã). (5) Shahid Beheshti University of Medical Sciences, School of Dentistry, Department of Dental Biomaterials (Tehran, Irã). (6) Golestan University of Medical Sciences, School of Dentistry, Department of Orthodontics, Dental Research Center (Gorgan, Irã).

RESUMO

Objetivo: O presente estudo usou o software Cariogram para avaliar a eficácia de estratégias preventivas para redução do risco de cáries em pacientes sob tratamento ortodôntico. **Métodos:** Nesse estudo quase-experimental, as amostras foram selecionadas por meio de uma técnica de amostragem por cota de conveniência, em uma faculdade pública de Odontologia. Inicialmente, o perfil de risco de cárie foi determinado para cada indivíduo usando o Cariogram antes da colagem dos braquetes. A amostra consistiu de 36 pacientes: o grupo experimental ($n = 18$) recebeu programas preventivos, e o grupo controle ($n = 18$) recebeu orientações sobre a saúde bucal por meio de folhetos. Após seis meses, os parâmetros obtidos por meio do Cariogram foram calculados novamente para os pacientes de ambos os grupos. **Resultados:** A faixa etária dos participantes foi de 12 a 29 anos. A porcentagem média da seção “*Probabilidade real de prevenir novas cáries*” no grupo experimental aumentou de $45,72 \pm 21,64$ para $62,50 \pm 17,64$. Por outro lado, a porcentagem média de outros parâmetros – como “*Dieta*”, “*Bactérias*” e “*Suscetibilidade*” – diminuiu após seis meses ($p < 0,001$). Além disso, as diferenças nas porcentagens médias entre o grupo experimental e o grupo controle ao fim do estudo (T_1), relacionadas aos parâmetros do Cariogram, foram estatisticamente significativas ($p < 0,001$). Assim, a porcentagem média do parâmetro “*Probabilidade real de prevenir novas cáries*” no grupo experimental (62,50) foi estatisticamente maior do que no grupo controle (42,44) ($p < 0,001$). **Conclusão:** A implementação de diferentes abordagens preventivas pode reduzir o risco de cárie em pacientes sob tratamento ortodôntico com aparelhos fixos, o que pode ser observado claramente por meio do software Cariogram.

Palavras-chave: Avaliação do risco de cárie. Preventivo. Ortodôntico. Cariogram.

INTRODUÇÃO

A cavidade bucal é um meio onde são encontradas várias espécies bacterianas, micoplasma, protozoários e fungos, e qualquer interferência externa pode mudar o equilíbrio na microbiota desse ambiente¹. A definição tradicional da cárie como uma doença multifatorial, transmissível e infecciosa tem sido questionada. O conceito etiológico atual de cárie dentária tem enfatizado o importante papel dos açúcares na cárie. A definição atual aponta para uma doença ecológica causada por uma microbiota comensal que, sob desequilíbrios ecológicos, principalmente devido ao consumo elevado e/ou frequente de açúcares, cria um estado de disbiose no biofilme dentário. Atualmente, aceita-se que a cárie é uma doença dependente de açúcares e do biofilme. Bactérias produtoras de ácido e outros fatores facilitam o desenvolvimento da cárie. Além disso, o fluxo salivar, a exposição ao flúor, o acúmulo de placa, a morfologia e a estrutura dentária criariam condições mais favoráveis ou adversas para a relação causal entre os açúcares e biofilme dentário na indução de lesões de cárie².

O desenvolvimento da cárie dentária é determinado pelo equilíbrio entre os fatores de proteção e de risco. Se o dentista souber identificar a relação entre esses fatores e o desenvolvimento ou recidiva da doença, o risco de cárie será reduzido^{3,4}. Fatores ambientais, comportamentais e biológicos podem ser identificados como fatores de risco associados à incidência da doença⁵. Os aparelhos ortodônticos fixos são exemplos de fatores ambientais, pois estão

associados a um maior acúmulo de placa ao redor dos braquetes e, assim, aumentam a carga de *Streptococcus mutans* e lactobacilos na saliva e no biofilme⁶. A introdução de aparelhos fixos na cavidade bucal não só promove maior acúmulo de biofilme, mas também aumenta os níveis de bactérias acidogênicas presentes dentro do biofilme. Isso resulta em biofilme com potencial cariogênico maior em torno dos braquetes e bandas ortodônticas. Se os pacientes não mantiverem uma boa higiene bucal durante o tratamento ortodôntico, os ácidos produzidos pelas bactérias no biofilme podem levar à desmineralização do esmalte e lesões de mancha branca^{7,8}.

A Avaliação do Risco de Cárie (CRA, de *Caries Risk Assessment*) é uma fase importante no tratamento odontológico voltado para uma abordagem minimamente invasiva, na qual medidas terapêuticas e profiláticas são planejadas a partir dos resultados da CRA⁹. Existem vários questionários e testes disponíveis para identificar o nível do risco de cárie para cada paciente e classificar o indivíduo em uma das seguintes categorias: risco baixo, risco moderado ou risco alto. O modelo do Cariogram avalia os dados com base em seu algoritmo e apresenta os resultados em um gráfico circular colorido que representa cinco grupos diferentes de indicadores, incluindo: probabilidade real de prevenir novas cáries, dieta, bactérias, suscetibilidade e circunstâncias^{10,11}.

Após isso, intervenções preventivas podem ser feitas para os pacientes ortodônticos, os quais podem ser motivados por meio de estímulos constantes, encorajando hábitos saudáveis. O reforço educacional é uma das bases mais importantes da educação em saúde, e ajuda os pacientes a adotarem comportamentos e estilo de vida mais saudáveis. O lembrete por meio de mensagens de texto é capaz de melhorar a higiene bucal de pacientes em tratamento ortodôntico¹².

Dessa forma, buscou-se, no presente artigo, avaliar o efeito de estratégias preventivas na redução do risco de cárie em um grupo experimental. Esse estudo foi uma pesquisa clínica experimental, na qual foram analisados todos os parâmetros do *software* Cariogram para avaliação do risco de cárie em pacientes sob tratamento ortodôntico com aparelhos fixos.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa regional da *Shahid Beheshti University* (IR.SBMU.RIDS.REC.1395.250), e realizado de acordo com a Declaração de Helsinque. O consentimento por escrito dos pacientes foi obtido antes do início da pesquisa. Além disso, os dados foram tratados de forma anônima e confidencial em todas as etapas do estudo. Ao coletar, analisar e relatar os dados, o pesquisador manipulou-os em formato pseudonimizado, para proteger as informações dos participantes do estudo. O método

de pseudonimização consistiu em separar as informações pessoais de identificação do questionário e mantê-las com os prontuários odontológicos dos participantes. Em outras palavras, os questionários do Cariogram obtidos nos dois tempos diferentes foram vinculados por meio de um código de identificação exclusivo para cada indivíduo.

O tamanho da amostra foi calculado com base nos dados obtidos em um estudo prévio,¹³ usando um nível de significância de 0,05, desvio-padrão dentro dos grupos de 30 unidades, diferença mínima detectável de 20 unidades entre os grupos no Cariogram e poder do teste de 80%. Assim, o tamanho amostral determinado para cada grupo foi de 18 participantes. Como havia dois grupos (experimental e controle), o tamanho final da amostra foi de 36 participantes.

Foi usada uma técnica de amostragem por cota, em que os indivíduos foram alocados a partir do perfil de risco de cárie (baixo, moderado ou alto) até que a amostra atingisse o requisito mínimo para cada grupo do estudo.

Os critérios de inclusão incluíram pacientes ortodônticos com mais de 12 anos de idade, com capacidade de falar e compreender a língua nativa e que necessitassem de tratamento ortodôntico fixo em ambas as arcadas por pelo menos seis meses.

Os critérios de exclusão foram: presença de doença periodontal moderada a grave, fissura labiopalatina, distúrbios sindrômicos, doenças sistêmicas, tabagismo ou uso de medicamentos que pudessem alterar a microbiota oral normal ou a quantidade do fluxo salivar. O presente estudo foi constituído de quatro fases:

- 1) O perfil de risco de cárie foi determinado para cada indivíduo, utilizando-se o *software* Cariogram. Os participantes foram avaliados quanto ao perfil de risco de cárie, com base na magnitude do setor "*Probabilidade de prevenção de novas cáries*", sendo então divididos em três grupos: risco baixo (61 - 80%), risco médio (41 - 60%) e risco alto (0 - 40%).
- 2) Os pacientes foram, então, alocados em dois grupos, com base nos escores do Cariogram ao início do estudo. Cada grupo continha indivíduos com risco baixo, moderado e alto, conforme identificado na fase anterior.
- 3) O grupo experimental foi submetido a programas preventivos (dentifrício contendo 1.450 ppm de flúor, enxaguatório bucal, vídeos e fotografias incentivando práticas de saúde bucal); o grupo controle recebeu instruções sobre saúde bucal por meio de panfletos e brochuras.
- 4) Após seis meses, os parâmetros do Cariogram foram calculados novamente para os participantes de ambos os grupos.

O questionário do Cariogram foi realizado para todos os participantes. Cada um dos nove fatores relacionados à cárie foi classificado de 0 a 2 ou 0 a 3, com base no manual (Tab. 1). Em seguida, todos os dados foram inseridos no *software* Cariogram, de modo a gerar um gráfico mostrando em porcentagens a probabilidade de prevenção de novas lesões de cárie. O décimo fator (*“julgamento clínico”*) recebeu pontuação 1 para todos os pacientes, o que significa que o risco de cárie foi avaliado de acordo com os outros escores no Cariogram. Isso também indica que os pesquisadores estavam de acordo com a avaliação do risco de cárie feita pelo Cariogram.

PARÂMETROS DO SOFTWARE CARIOGRAM

Experiência de cárie

O exame clínico foi realizado no departamento de Ortodontia da Faculdade de Odontologia da *Shahid Beheshti University*, em uma cadeira odontológica, usando espelho bucal, iluminação padrão e sonda exploradora. A pontuação da cárie foi realizada de acordo com os critérios da Organização Mundial da Saúde (OMS), usando o índice CPOD (número de dentes cariados, perdidos e obturados).

Todos os exames bucais foram realizados por um mesmo pesquisador, treinado e calibrado. Portanto, apenas a confiabilidade intraexaminador foi determinada. Para isso, o exame bucal de dez indivíduos selecionados aleatoriamente foi repetido em datas diferentes. O valor do coeficiente Kappa para a confiabilidade intraexaminador foi de 0,87, que é considerado muito bom.

Tabela 1: Fatores do Cariogram relacionados à cárie, usados na consulta inicial.

Fatores	Informações e dados coletados	Pontuações do Cariogram
1 - Experiência de cárie	Experiência prévia de cárie ao início do estudo, incluindo cáries, obturação ou perda de dentes devido à cárie	0: Sem cáries ou obturações 1: Abaixo da média para a faixa etária 2: Dentro da média para a faixa etária 3: Acima da média para a faixa etária
2 - Doenças relacionadas	Doença ou condições gerais associadas à cárie dentária, segundo dados de entrevistas e questionário	0: Sem doença, saudável 1: Doença / condições, grau leve 2: Grau severo, de longa duração
3 - Dieta, conteúdo	Estimativa da cariogenicidade do alimento, em particular o teor de carboidratos fermentáveis	0: bem poucos carboidratos fermentáveis 1: poucos carboidratos fermentáveis 2: moderados carboidratos fermentáveis 3: muitos carboidratos fermentáveis
4 - Dieta, frequência	Estimativa do número de refeições e lanches por dia (média para um dia normal)	0: Máximo de 3 refeições por dia 1: Máximo de 5 refeições por dia 2: Máximo de 7 refeições por dia 3: Mais que 7 refeições por dia
5 - Quantidade de placa	Estimativa de higiene com base no índice de placa (IP) de Silness-Loe	0: IP < 0,4 (higiene bucal muito boa) 1: IP = 0,4 - 1,0 (higiene bucal boa) 2: IP = 1,1 - 2,0 (higiene bucal ruim) 3: IP > 2,0 (higiene bucal muito ruim)
6 - <i>Streptococcus mutans</i>	Estimativa dos níveis de <i>Streptococcus mutans</i> na saliva, usando o teste Strip mutans (Orion Diagnostica Oy, Espoo, Finland)	0: 0 - 10 ³ UFC/ml saliva 1: 10 ³ - 10 ⁴ UFC/ml saliva 2: 10 ⁴ - 10 ⁵ UFC/ml saliva 3: >10 ⁵ UFC/ml saliva
7 - Programa de flúor	Estimativa da quantidade de flúor disponível na cavidade bucal, segundo dados do questionário	0: Recebe programa de flúor 'máximo' 1: Programa de flúor irregular, mas completo 2: Apenas pasta de dente com flúor 3: Evita flúor, sem flúor
8 - Secreção de saliva	Estimativa da quantidade de saliva, usando estimulação de salivacção com parafina	0: Mais que 1,1 ml saliva/min 1: Baixo, 0,9 - 1,1 ml saliva estimulada/min 2: Baixo, 0,5 - 0,9 ml saliva/min 3: Muito baixo, < 0,5 ml saliva/min
9 - Capacidade tampão da saliva	Estimativa da capacidade da saliva para tamponar os ácidos	0: pH ≥ 6,0 1: pH 4,5 - 5,5 2: pH ≤ 4,0

Para classificar a condição atual de cárie dos pacientes (primeira linha da Tab. 1), os pesquisadores precisavam saber a prevalência de cárie no país onde a pesquisa foi realizada. Em colaboração com as autoridades de saúde bucal, a história prévia de cárie foi relatada com base nos resultados de uma pesquisa nacional de saúde bucal realizada no Irã em 2011¹⁴ (Fig. 1). Assim, a condição prévia de cáries foi classificada de 0 a 3:

0 = Sem cárie ou obturação;

1 = Melhor do que o normal: linha verde ou abaixo (Fig. 1);

2 = Normal para faixa etária: linha azul (Fig. 1);

3 = Pior do que o normal: linha vermelha ou acima (Fig. 1).

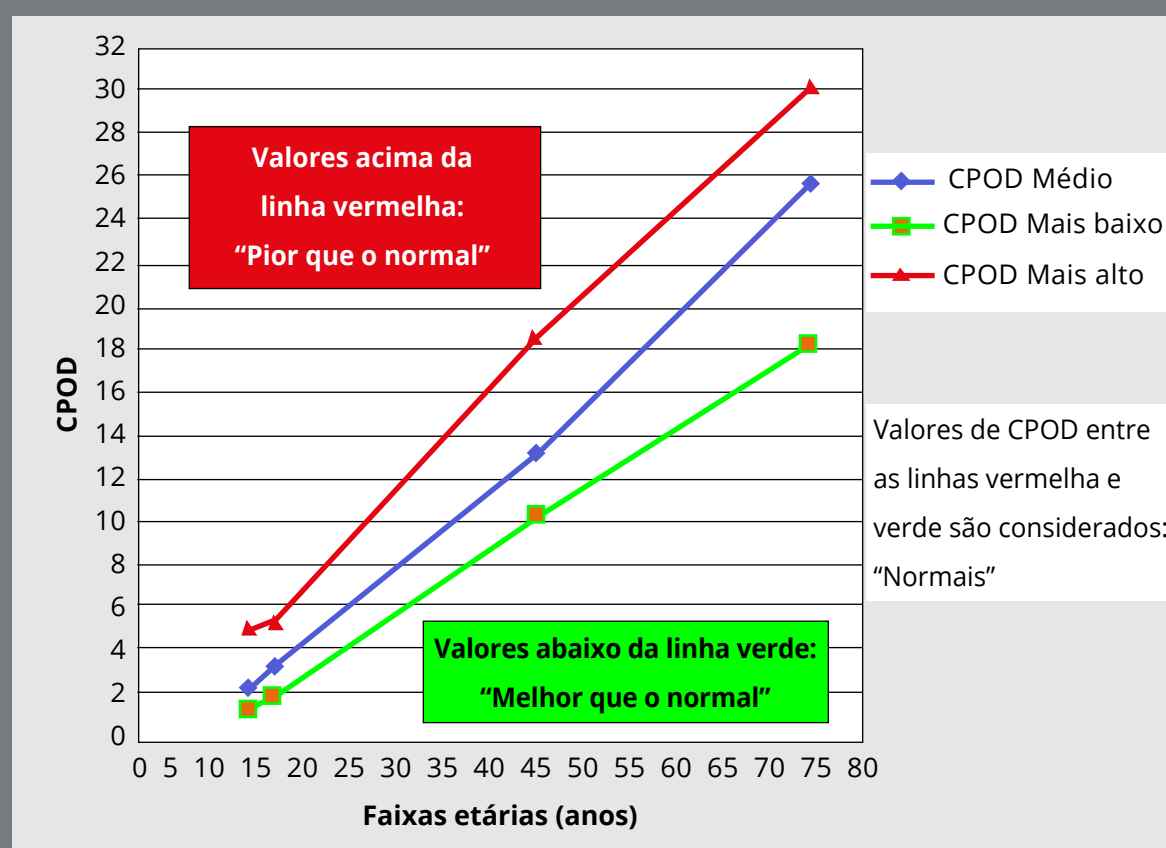


Figura 1: Valores de CPOD (número de dentes cariados, perdidos ou obturados) para as diferentes faixas etárias, com base em uma pesquisa nacional de saúde bucal realizada no Irã em 2011. Fonte: Khoshnevisan et al.¹⁴, 2018.

Taxa de fluxo salivar

A saliva foi coletada entre 9h e 12h, para minimizar os efeitos do ritmo circadiano, e no mínimo uma hora após beber ou comer alimentos.

As etapas para avaliação da quantidade de fluxo de saliva foram:

- » O paciente deveria estar sentado em uma posição ereta e confortável.
- » O paciente deveria mastigar um comprimido de parafina por 30 segundos e, em seguida, expelir a saliva produzida ou engoli-la.
- » O paciente deveria continuar mastigando durante cinco minutos e coletando sua saliva em um frasco estéril.
- » Após cinco minutos, a quantidade de saliva era mensurada, e atribuíam-se à quantidade de saliva estimulada (mililitros por minuto) um escore de 0 a 3 pontos (de acordo com a linha 8 da Tab. 1).

Capacidade tampão

Um pedaço de papel de tornassol de 5 ou 6 cm foi colocado no tubo de ensaio contendo saliva, por 2 segundos. Assim que o papel mudou de cor, o pH da solução foi conferido, comparando-se a cor do papel com a cor da tabela. De acordo com o nível de ácido-base, a capacidade tampão foi determinada entre 0 e 2 pontos (de acordo com a linha 9 da Tab. 1).

Bactérias Streptococcus mutans

As amostras de bactérias foram obtidas da saliva coletada nos recipientes descartáveis pré-esterilizados, transferidas para um laboratório e mantidas a 4°C. A saliva foi diluída em série e 0,1 ml foi inoculado em uma placa de Petri contendo um meio de cultura dedicado (ágar Mitis Salivarius, com bacitracina e sacarose 10%). A placa foi mantida a 37°C por 48 horas em uma incubadora, para o crescimento das bactérias. Em seguida, foi realizada a contagem das colônias bacterianas e, com base no número de UFC/ml, foi atribuído um escore de 0 a 3.

Todos os pacientes foram examinados por um mesmo pesquisador. Os dados foram coletados de acordo com o *software* Cariogram, ou seja, histórico médico e odontológico, dieta, índice de placa dentária, unidades formadoras de colônias (UFC) de *Streptococcus mutans* e lactobacilos, ingestão de flúor e amostras de saliva, para verificar a taxa de fluxo e sua capacidade tampão. Após a colagem dos braquetes, as orientações clínicas e recomendações de higiene bucal foram fornecidas aos pacientes de ambos os grupos (experimental e controle) pelo terapeuta. Também foi entregue a eles um folheto adicional sobre educação em saúde, fornecido pelo departamento de Ortodontia da Faculdade de Odontologia da *Shahid Beheshti University*. Os programas de prevenção foram apresentados aos pacientes do grupo experimental na primeira sessão após

a colagem dos braquetes. Esses programas foram oferecidos pelo pesquisador, conforme descrito a seguir:

- » Ênfase na importância do atendimento odontológico regular, para verificar as lesões de manchas brancas, que são sinais do início do desenvolvimento da cárie.
- » Aconselhamento nutricional sobre como mudar a dieta, reduzir o número de refeições e lanches, consumir menos carboidratos e aumentar a quantidade de alimentos ricos em fibras.
- » Entrega de um kit contendo os seguintes produtos:
 - a) Creme dental Oral-B Pro-Expert All-Around Protection Deep Clean, embalagem de 75 ml, contendo 1.450 ppm de flúor.
 - b) Enxaguatório bucal Oral-B Pro-Expert Multi-Protection, embalagem de 250 ml.
 - c) Fio dental Oral-B Super Floss.
 - d) Escova interdental Oral-B.
- » Incentivo à escovação regular com o creme dental do kit (duas vezes ao dia, de preferência pela manhã antes do café da manhã e à noite antes de dormir) e uso do enxaguatório bucal incluso no kit (duas vezes ao dia, cada vez com bochechos por 30 segundos).
- » Apresentação de fotografias e vídeos relacionados à técnica adequada de escovação, uso das escovas interdentais e do fio dental.

A determinação dos perfis de risco (baixo/moderado/alto) para cada um dos pacientes em tratamento ortodôntico fixo foi feita por meio do *software* Cariogram v. 3 (Malmo University, Suécia), o qual avalia os dados fornecidos com base em seus algoritmos e apresenta os resultados em um gráfico de setores, indicando os seguintes grupos de fatores relacionados à cárie dentária:

- 1) Probabilidade real de prevenção de novas cáries: seção verde, mostra uma estimativa da "*Probabilidade real de prevenção de novas cáries*". Os pacientes são divididos em três grupos: grupo de alto risco (0-40%), risco moderado (40-60%) e baixo risco (60-100%), com base na porcentagem obtida nessa seção.
- 2) Dieta: seção azul escuro, mostra o conteúdo e a frequência de alimentação.
- 3) Bactérias: seção vermelha, mostra uma combinação da quantidade de *Streptococcus mutans* e de placa.
- 4) Suscetibilidade: seção azul claro, mostra uma combinação de três fatores: a quantidade de ingestão de flúor; a quantidade de secreção de saliva; e a capacidade tampão da saliva.
- 5) Circunstâncias: seção amarela, baseada em uma combinação de histórico médico e odontológico.

Durante o período de seis meses do estudo, os pesquisadores examinaram os pacientes que estavam no grupo experimental e pediram que demonstrassem como usar corretamente a escova e o fio dental. As condições dos pacientes foram reavaliadas seis

meses após o início do tratamento ortodôntico. Todos os dados foram coletados novamente, e um gráfico de Cariogram foi feito, para se avaliar o resultado da intervenção. Os valores de média e desvio-padrão dos indicadores avaliados foram relatados nos grupos experimental e controle ao início e ao fim do período. Considerando-se a distribuição normal dos dados, de acordo com o teste de Kolmogorov-Smirnov, o teste t para amostras independentes e a Análise de Covariância (ANCOVA) foram usados para examinar o efeito da intervenção nas mudanças nos índices do Cariogram e as diferenças entre os dois grupos.

RESULTADOS

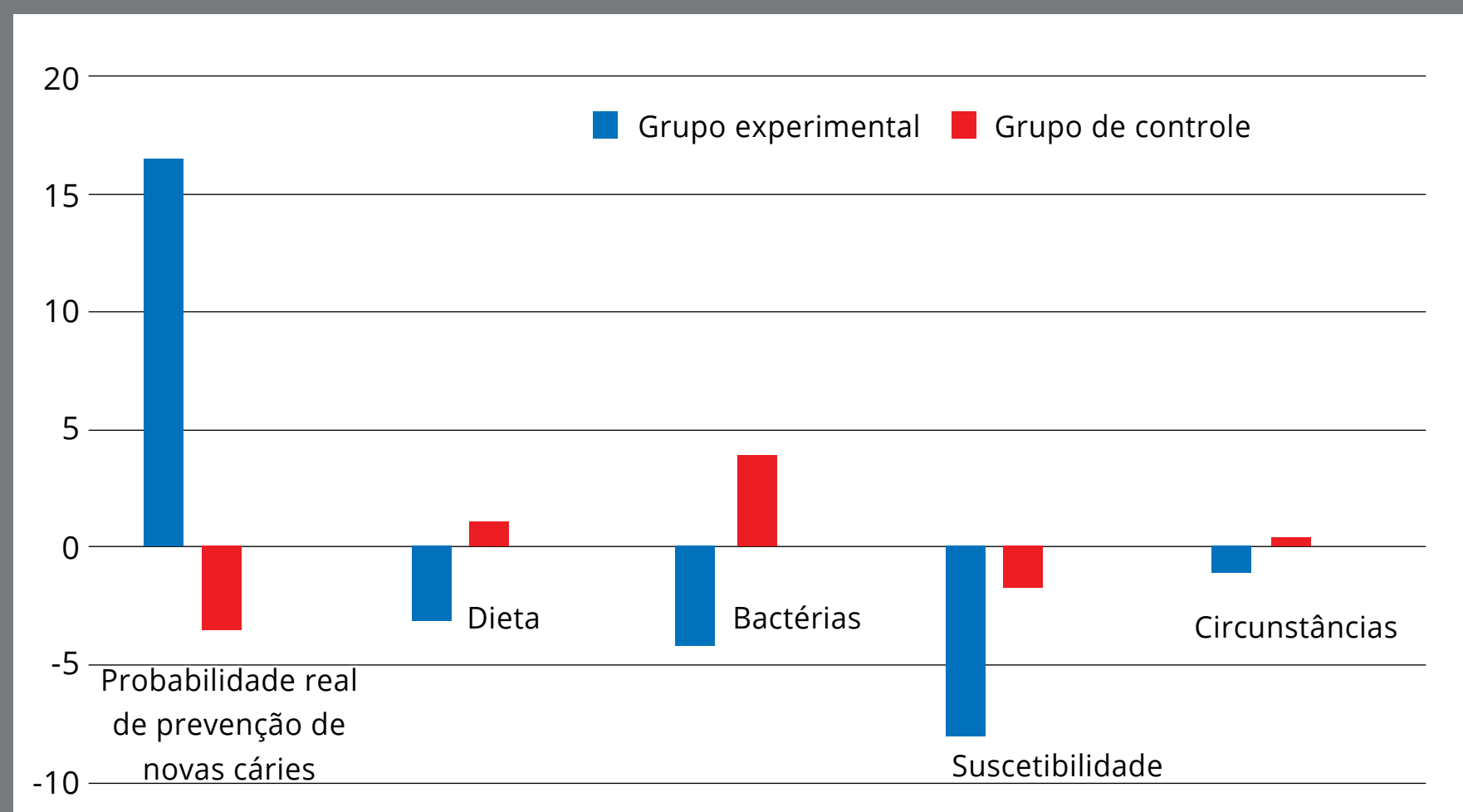
O grupo experimental incluiu 7 homens e 11 mulheres, e o grupo controle, 8 homens e 10 mulheres. A faixa etária dos participantes foi de 12 a 29 anos, com média de $19,6 \pm 4,66$ anos e $19,28 \pm 3,30$ anos nos grupos experimental e controle, respectivamente.

A Tabela 2 e a Figura 2 mostram a comparação entre os dois grupos quanto aos diferentes fatores do Cariogram relativos à cárie, ao início do tratamento e após seis meses. Os resultados mostraram um aumento esperado na porcentagem média da seção “*Probabilidade real de prevenção de novas cáries*” no grupo experimental (de $45,72 \pm 21,64$ para $62,50 \pm 17,64$), apresentando diferença estatisticamente significativa ($p < 0,001$). A média de outros parâmetros como “Dieta”, “Bactérias” e “Suscetibilidade” foi de 17,50; 13,50 e 16,89 e diminuiu para 14,28; 9,22 e 8,78, respectivamente ($p < 0,001$).

Tabela 2: Comparação das porcentagens médias para os parâmetros do Cariogram entre ambos os grupos, nos tempos inicial (T0) e após 6 meses depois (T1).

Parâmetros de Cariogram	Tempo	Grupo controle		Grupo experimental		p
		Média ± DP	Intervalo	Média ± DP	Intervalo	
Probabilidade real de prevenção de novas cáries	T0	46,00 ± 21,11	15 - 87	45,72 ± 21,64	14 - 87	< 0,001
	T1	42,44 ± 19,45	14 - 80	62,50 ± 17,64	32 - 93	
Dieta	T0	16,72 ± 7,19	5 - 30	17,50 ± 7,13	3 - 29	< 0,001
	T1	17,89 ± 5,98	6 - 30	14,28 ± 7,45	1 - 31	
Bactérias	T0	13,33 ± 8,36	2 - 30	13,50 ± 8,13	1 - 29	< 0,001
	T1	17,22 ± 8,46	5 - 37	9,22 ± 5,89	1 - 19	
Suscetibilidade	T0	17,33 ± 5,80	3 - 27	16,89 ± 6,79	4 - 29	< 0,001
	T1	15,56 ± 5,49	5 - 25	8,78 ± 4,68	1 - 17	
Circunstâncias	T0	6,61 ± 3,53	1 - 12	6,39 ± 3,88	1 - 13	< 0,001
	T1	6,89 ± 3,51	1 - 12	5,22 ± 3,62	1 - 12	

* Calculado pelo teste de Análise de Variância (ANOVA).

**Figura 2:** Porcentagens médias dos parâmetros do Cariogram para os grupos experimental e controle ao fim do estudo (T1).

O teste t para amostras independentes e a análise estatística de covariância (ANCOVA) foram usados para avaliar nos dois grupos as diferenças nos escores dos parâmetros do Cariogram entre o início do estudo e após seis meses de acompanhamento, considerando-se valores de $p < 0,05$ como estatisticamente significativos. Verificou-se diferença significativa entre os dois grupos ($p < 0,001$), como ilustrado na Tabela 3.

Além disso, o grupo experimental ao início do estudo era composto por 22,2% ($n = 4$) de pacientes com baixo risco, 50% ($n = 9$) de risco moderado e 27,8% ($n = 5$) de risco alto. Por outro lado, o grupo controle foi composto por 27,8% ($n = 5$) de pacientes com baixo risco, 44,4% ($n = 8$) de risco moderado e 27,8% ($n = 5$) de alto risco. Após seis meses, de acordo com o *software* Cariogram, 11,2% ($n = 2$) apresentaram alto risco de cárie, 38,8% ($n = 7$) apresentaram risco moderado de cárie e 50% ($n = 9$) apresentaram baixo risco de cárie no grupo experimental. Por outro lado, a distribuição no grupo controle foi de 50% ($n = 9$) alto risco, 27,8% ($n = 5$) risco moderado e 22,2% ($n = 4$) baixo risco de cárie (Fig. 3).

Tabela 3: Diferenças nas porcentagens médias dos parâmetros do Cariogram entre os grupos experimental e controle, ao fim do estudo (T1).

Parâmetros de Cariogram	Média ± DP	Max	Min	p *
Probabilidade real de prevenção de novas cáries	20,33 ± 2,90	26,23	14,42	< 0,001
Dieta	-8,16 ± 1,32	-5,48	-10,84	< 0,001
Bactérias	-4,38 ± 0,80	-2,75	-6,02	< 0,001
Suscetibilidade	-6,33 ± 1,24	-3,79	-8,87	< 0,001
Circunstâncias	-1,44 ± 0,38	-0,65	-2,23	< 0,001

* Calculado pelo teste t independente.

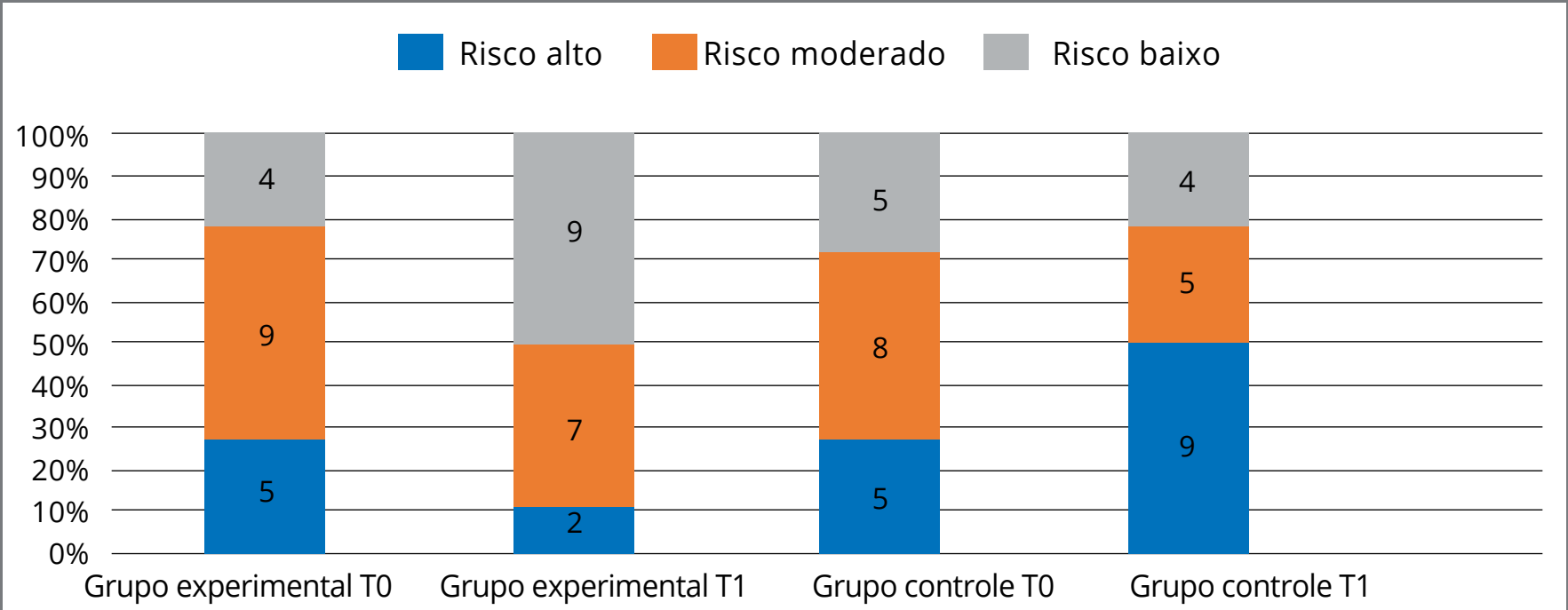


Figura 3: Diferenças entre grupos na distribuição dos pacientes de acordo com os perfis de risco de cárie, ao início do estudo e após 6 meses.

DISCUSSÃO

O presente estudo teve como foco a avaliação do risco de cárie em pacientes sob tratamento ortodôntico, e recomenda medidas preventivas para reduzir a ocorrência de lesões de manchas brancas ou de novas cáries. Os resultados demonstraram uma diferença significativa entre os percentuais dos gráficos do Cariogram nos grupos experimental e controle, o que

reforça que o uso adequado e frequente do dentifrício padrão contendo 1.450 ppm de flúor, enxaguatório bucal, escova de dentes interdentária e fio dental, juntamente com educação em saúde adequada, pode reduzir o risco de cárie dentária — especialmente em pacientes ortodônticos, altamente suscetíveis, devido ao potencial acúmulo de placa.

O presente estudo mostrou que, para manter os bons hábitos de saúde bucal dos pacientes em longo prazo, é preciso reforçar as instruções e orientações, conforme relatado no estudo de Zotti et al.¹⁵, que avaliaram a influência de uma abordagem baseada no uso de um aplicativo de celular na melhoria e manutenção da higiene e saúde bucal em um grupo de pacientes ortodônticos. O estudo mostrou resultados positivos na adesão dos pacientes aos hábitos de higiene bucal e na melhoria da saúde bucal.¹⁵

Ao avaliar o risco de cárie pelo Cariogram, observou-se no grupo experimental, durante os seis meses do estudo: uma redução significativa dos pacientes com alto risco de desenvolver cáries; diminuição na porcentagem de pacientes com perfil de risco moderado; aumento na porcentagem de pacientes com perfil de risco baixo. Karabekiroglu et al.¹⁶ relataram que um período de 12 semanas é suficiente para avaliar estratégias preventivas, embora outros estudos indiquem que é necessário um período de pelo menos seis meses para identificar os resultados dos métodos de prevenção de cáries. Assim, o presente estudo foi realizado durante um

período de seis meses, o que está em acordo com esses trabalhos citados. Durante o tratamento ortodôntico, devido à presença dos aparelhos na cavidade bucal, existe um maior acúmulo de alimentos e aumento na formação da placa bacteriana. Não há, porém, aumento do risco de cárie por baixo dos braquetes ortodônticos, mas sim ao redor deles, devido ao acúmulo de alimentos e formação de placa, e à pior higiene bucal. Uma boa higiene bucal inclui escovar os dentes corretamente e regularmente, usar o enxaguatório bucal, o fio dental e a escova interdental. A falta de higiene bucal adequada em pacientes que usam aparelhos ortodônticos fixos contribui para o desenvolvimento de cárie dentária, recessão gengival e mudança na cor dos dentes. O primeiro sinal de higiene bucal deficiente costuma ser o sangramento das margens gengivais durante a escovação. Indivíduos que negligenciam os cuidados com a saúde bucal durante o período de tratamento podem observar lesões de manchas brancas ao redor dos braquetes ou cáries ao fim do tratamento¹⁷. Atualmente, o tratamento da cárie é feito de acordo com o perfil de risco (Baixo, Moderado ou Alto), e monitorando-se lesões de cárie preexistentes.

Existem muitos estudos sobre o aumento do risco de cárie nos pacientes em tratamento ortodôntico com aparelhos fixos. Esse aumento é devido a múltiplos fatores relativos ao tratamento ortodôntico, desenvolvimento da cárie, acúmulo de placa e o efeito terapêutico do flúor^{18,19}. No presente estudo, a avaliação do risco de cárie por meio do Cariogram mostrou

que não há um fator único que explique as mudanças observadas. Além disso, os achados desse trabalho estão de acordo com os resultados do estudo de Mulla et al.²⁰, que analisou fatores relacionados à cárie em pacientes submetidos a tratamento ortodôntico fixo por um período de seis meses, utilizando o Cariogram — apesar de no presente estudo os grupos terem sido submetidos a algumas intervenções. O grupo com baixo índice de cárie do estudo deles apresentou índice de dentes cariados/obturados, lactobacilos, *Streptococcus mutans* e índice de placa significativamente menores após seis meses, e maior porcentagem de probabilidade de prevenção de novas cáries. Enquanto outro estudo concluiu que o modelo de Cariogram pode ser usado em pacientes ortodônticos com ou sem o uso do teste salivar²¹, o presente estudo analisou todos os nove parâmetros do Cariogram.

A eficácia das intervenções para lesões de manchas brancas (LMBs) ainda não foi suficientemente avaliada em um método baseado em evidências. No entanto, com base em uma revisão sobre intervenções para LMBs pós-ortodônticas, o uso mensal de verniz fluoretado parece ser eficaz²². Além disso, Manna et al.²³ concluíram que o uso de dentifrício com 5.000 ppm de flúor por seis semanas é capaz de reduzir o risco de cárie, o que pode ser claramente observado usando o *software* Cariogram, devido ao aumento na probabilidade real de prevenção de novas cáries. Eles consideraram a contagem de lactobacilos salivares como um indicador de uma dieta cariogênica, indicando um alto

consumo de carboidratos²³. No presente estudo, além do nível de lactobacilos, a frequência de refeições por dia (incluindo lanches) foi avaliada como um fator-chave na estimativa do risco de cárie, que pode ter um efeito significativo no componente alimentar. No presente estudo, os escores de todos os parâmetros do Cariogram diminuíram significativamente no grupo experimental após seis meses, em comparação com os níveis iniciais.

Além disso, o estudo de Karabekiroglu et al.¹⁶ confirmou, por meio do gráfico de setores do Cariogram, a diminuição no perfil de alto risco de cárie, devida ao aumento da probabilidade real de prevenção de novas cáries, por meio do uso do dentífrico contendo 1.450 ppm de flúor. Eles usaram o Cariogram para comparar a eficácia do creme dental com 1.450 ppm de flúor, do verniz fluoretado e da clorexidina em adolescentes por um período de 12 semanas, e não encontraram diferenças significativas entre os métodos preventivos mencionados¹⁶. Da mesma forma, Enerback et al.²⁴ recomendaram o uso diário de creme dental com alto teor de flúor (5.000 ppm) ou enxaguatório bucal (0,2% NaF), em combinação com creme dental comum, para reduzir o risco de cárie durante o tratamento ortodôntico. Porém, a análise da secreção de saliva e da sua capacidade tampão, que são dois parâmetros no Cariogram, foram excluídos do estudo, devido às limitações de tempo e conveniência dos pacientes — enquanto na presente pesquisa todos os parâmetros do Cariogram foram analisados.

Almosa et al.¹³ usaram o Cariogram para avaliar os fatores relacionados à cárie em pacientes ortodônticos atendidos em centros públicos e privados, imediatamente após o tratamento ortodôntico. Os resultados indicaram que a porcentagem da probabilidade real de prevenção de novas cáries nos pacientes dos centros públicos foi menor do que nos centros privados (28% e 61%, respectivamente). Além disso, CPOD, índice de placa, número de *Streptococcus mutans* e lactobacillus, e a capacidade tampão da saliva foram significativamente maiores no grupo tratado nos centros públicos, em comparação com os centros privados. O número total de lesões de cárie após a descolagem dos braquetes no grupo tratado em centros públicos foi mais do que duas vezes maior do que no grupo tratado em centros privados.¹³

O presente estudo foi conduzido em apenas uma faculdade pública de Odontologia e confirmou as evidências relacionadas à avaliação do risco de cárie e às estratégias individualizadas de prevenção da cárie como um método eficaz do controle da doença. Novos estudos devem comparar amostras maiores, de diferentes centros de saúde (clínicas públicas e privadas), com indivíduos em diferentes situações (níveis socioeconômicos), para confirmar a eficácia das abordagens preventivas para pacientes submetidos a tratamento ortodôntico com aparelhos fixos. Além disso, esse estudo teve outra limitação relacionada ao desenho do estudo (estudo quase-experimental), que não possui uma randomização verdadeira.

CONCLUSÃO

A implementação de diferentes estratégias preventivas (uso de dentifrício fluoretado e enxaguatório bucal, vídeos e imagens educacionais) é útil para diminuir o risco de cárie em pacientes submetidos a tratamento ortodôntico com aparelhos fixos, conforme pode-se observar no *software* Cariogram, pelo aumento da seção “*Probabilidade real de prevenção de novas cáries*”.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Maryam Doost-hoseini (MD)

Massoud Seifi (MS)

Mina Pakkhesal (MP)

Abolfazl Saboury (AS)

Parisa Amdjadi (PA)

Aliakbar Naghavihosseini (AN)

Concepção/design do estudo:

MD, MS, MP, AS.

Aquisição, análise ou interpretação dos dados:

MD, MS, MP, AS, PA, AN.

Escrita do artigo:

MD, MS, MP.

Revisão crítica do artigo:

MD, MS, MP, AS, PA, AN.

Aprovação final do artigo:

MD, MS, MP, AS, PA, AN.

Responsabilidade geral:

MP.

Os autores declaram não ter interesses associativos, comerciais, de propriedade ou financeiros, que representem conflito de interesse, nos produtos e companhias descritos nesse artigo.

REFERÊNCIAS

1. Gao L, Xu T, Huang G, Jiang S, Gu Y, Chen F. Oral microbiomes: more and more importance in oral cavity and whole body. *Protein Cell*. 2018 May;9(5):488-500.
2. Giacaman RA. Sugars and beyond. The role of sugars and the other nutrients and their potential impact on caries. *Oral Dis*. 2018;24:1185-97.
3. Featherstone JD. The caries balance: the basis for caries management by risk assessment. *Oral health Prev Dent*. 2004;2:259-64.
4. Teich ST, Demko C, Al-Rawi W, Gutberg T. Assessment of implementation of a CAMBRA-based program in a dental school environment. *J Dent Educ*. 2013 Apr;77(4):438-47.
5. Tagliaferro EP, Ambrosano GM, Meneghim MD, Pereira AC. Risk indicators and risk predictors of dental caries in schoolchildren. *J Appl Oral Sci*. 2008 Dec;16(6):408-13.
6. Eslamipour F, Shahmoradi M, Farhadi V. Assessment of Iranian orthodontists' practice with regard to the prevention and treatment of white spot lesions. *J Educ Health Promot*. 2017;(6):42-7.
7. Mei L, Chieng J, Wong C, Benic G, Farella M. Factors affecting dental biofilm in patients wearing fixed orthodontic appliances. *Prog Orthod*. 2017 Dec 1;18(1):4.

8. Paula AB, Fernandes AR, Coelho AS, Marto CM, Ferreira MM, Caramelo F. Therapies for White Spot Lesions-A Systematic Review. *J Evid Based Dent Pract*. 2017;17(1):23-38.
9. Zukanovic A. Caries risk assessment models in caries prediction. *Acta Med Acad*. 2013;42(2):198-203.
10. Hurlbutt M, Young DA. A best practices approach to caries management. *J Evid Based Dent Pract*. 2014;14:77-86.
11. Tellez M, Gomez J, Pretty I, Ellwood R, Ismail AI. Evidence on existing caries risk assessment systems: are they predictive of future caries? *Community Dent Oral Epidemiol*. 2013;41(1):67-78.
12. Kumar GS, Kashyap A, Raghav S, Bhardwaj R, Singh A, Guram G. Role of text message reminder on oral hygiene maintenance of orthodontic patients. *The journal of contemporary dental practice*. 2018 Jan;19(1):98-101.
13. Almosa NA, Mulla AH, Birkhed D. Caries risk profile using the cariogram in governmental and private orthodontic patients at de-bonding. *The Angle orthod*. 2012;82(2):267-74.
14. Khoshnevisan MH, Ghasemianpour M, Samadzadeh H, Baez RJ. Oral health status and healthcare system in IR. *J Contemp Med Sci*. 2018 Sep;4(3):107-18.
15. Zotti F, Dalessandri D, Salgarello S, Piancino M, Bonetti S, Visconti L, et al. Usefulness of an app in improving oral hygiene compliance in adolescent orthodontic patients. *The Angle Orthod*. 2016 Jan;86(1):101-7.

16. Karabekiroglu S, Unlu N. Effectiveness of Different Preventive Programs in cariogram Parameters of Young Adults at High Caries Risk. *Int J Dent*. 2017;(3):1-10.
17. Derks A, Kuijpers-Jagtman AM, Frencken JE, Van't Hof MA, Katsaros C. Caries preventive measures used in orthodontic practices. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007;132(2):165-70.
18. Ogaard B, Larsson E, Henriksson T, Birkhed D, Bishara SE. Effects of combined application of antimicrobial and fluoride varnishes in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2001;120(1):28-35.
19. Peros K, Mestrovic S, Milosevic S, Slaj M. Salivary microbial and nonmicrobial parameters in children with fixed orthodontic appliances. *The Angle Orthod*. 2011;81(5):901-6.
20. Mulla AH, Kharsa SA, Kjellberg H, Birkhed D. Caries risk profiles in orthodontic patients at follow-up using cariogram. *The Angle Orthod*. 2009;79(2):323-30.
21. Petsi G, Gizani S, Twetman S, Kavvadia K. Cariogram caries risk profiles in adolescent orthodontic patients with and without some salivary variables. *The Angle Orthod*. 2014;84(5):891-5.
22. Hochli D, Hersberger-Zurfluh M, Papageorgiou SN, Eliades T. Interventions for orthodontically induced white spot lesions. *Eur J Orthod*. 2017;39(2):122-33.

23. Manna A, Campus G, Carlen A, Lingstrom P. Caries-risk profile variations after short-term use of 5000 ppm fluoride toothpaste. *Acta Odontol Scand*. 2014;72(3):228-34.
24. Enerback H, Moller M, Nylen C, Odman Bresin C, Ostman Ros I, Westerlund A. Effects of orthodontic treatment and different fluoride regimens on numbers of cariogenic bacteria and caries risk: a randomized controlled trial. *European Journal of Orthodontics*. 2019;41(1):59-66.

Efeito do tratamento de superfície e da termociclagem na resistência da colagem de braquetes ortodônticos à cerâmica de zircônia Y-TZP: revisão sistemática

Tamzid **AHMED**¹

 <https://orcid.org/0000-0003-2415-2204>

Nashid **FAREEN**²

 <https://orcid.org/0000-0003-4432-0746>

Mohammad Khursheed **ALAM**³✉

 <https://orcid.org/0000-0001-7131-1752>

Enviado em: 11 de janeiro de 2021 • Revisado e aceito: 17 de maio de 2021

✉ dralam@gmail.com

Como citar: Ahmed T, Fareen N, Alam MK. The effect of surface treatment and thermocycling on the shear bond strength of orthodontic brackets to the Y-TZP zirconia ceramics: A systematic review. Dental Press J Orthod. 2021;26(5):e212118.

(1) Bangladesh Dental College, Department of Science of Dental Materials (Dhaka, Bangladesh).

(2) Bangladesh Dental College, Department of Conservative Dentistry and Endodontics (Dhaka, Bangladesh).

(3) Jouf University, College of Dentistry, Department of Orthodontics (Sakaka, Kingdom of Saudi Arabia).

RESUMO

Introdução: Diferentes métodos de pré-tratamento da superfície foram adaptados para otimizar a colagem entre os braquetes ortodônticos e as cerâmicas de zircônia.

Objetivo: A presente revisão teve como objetivo analisar, de forma sistemática, os dados relevantes na literatura, para buscar o protocolo de colagem mais efetivo e duradouro.

Métodos: As buscas foram feitas em setembro de 2020, nas seguintes bases de dados: PubMed, Scopus e ScienceDirect. A revisão foi feita de acordo com as diretrizes do PRISMA.

Resultados: Com base nos critérios de inclusão, 19 artigos foram selecionados para análise qualitativa. A metanálise não pôde ser feita, devido à heterogeneidade na metodologia dos estudos incluídos. A maior parte dos estudos apresentou risco de viés moderado. Comparadas às superfícies não tratadas, as superfícies com pré-tratamento usando jateamento ou *laser* apresentaram vantagem. *Primers* e adesivos universais foram mais usados como adjuntos ao pré-tratamento mecânico da superfície de zircônia. Na maioria dos estudos, a termociclagem parece ter reduzido a resistência ao cisalhamento dos braquetes ortodônticos.

Conclusões: Com base nessa revisão qualitativa, os pré-tratamentos de superfície com *laser* e jateamento podem ser sugeridos para otimizar a resistência ao cisalhamento dos braquetes. Para esclarecer esse achado, uma metanálise é necessária. Para isso, faz-se necessária a padronização da metodologia, para lidar com a alta heterogeneidade dos estudos incluídos.

Palavras-chave: Zircônia Y-TZP. Braquetes ortodônticos. Resistência ao cisalhamento. Tratamento de superfície.

INTRODUÇÃO

Com o aumento da demanda por mais estética no sorriso e a introdução dos dispositivos CAD/CAM, as cerâmicas de zircônia ganharam popularidade na Odontologia moderna. Atribui-se à zircônia superioridade em termos de propriedades mecânicas, biocompatibilidade, precisão e estética^{1,2}. A zircônia tetragonal policristalina estabilizada com ítrio (Y-TZP) é a forma mais usada na Odontologia. O material é conhecido pela transformação da fase tetragonal para a monoclínica, quando submetido a tensões, alcançando resistência à fratura³. Tem sido extensamente usado para fabricar *inlays*, *onlays*, coroas, sistemas de pinos e núcleos, e estruturas para restaurações de porcelana fundida com zircônia⁴. Dessa forma, com o crescente uso de materiais restauradores de zircônia, a colagem de braquetes em uma superfície Y-TZP tem se tornado mais comum para os ortodontistas. Entretanto, devido à inércia química e resistência ao condicionamento ácido, a colagem com resina composta à superfície de zircônia pode ser desafiadora. Assim, diversos tipos de tratamento de superfície — mecânico, químico ou a combinação de ambos — têm sido sugeridos para melhorar a força da colagem em cerâmicas de zircônia.

O teste *in vitro* de resistência ao cisalhamento (RC) é o mais comumente usado, por conta de sua simplicidade e semelhança à força de cisalhamento exercida durante a mastigação. Além disso, com o objetivo de testar a durabilidade desse

método, o material pode ser exposto à água a uma determinada temperatura, simulando o ambiente bucal por um determinado período — procedimento conhecido como termociclagem.

As revisões feitas até agora foram, em sua maior parte, baseadas na resistência da união entre o agente de colagem e a superfície de zircônia, desconsiderando o impacto dos braquetes ortodônticos⁵⁻⁷. Portanto, o presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão sistemática de estudos *in vitro* que avaliaram o efeito de diferentes condicionamentos de superfície e do envelhecimento na resistência da colagem de braquetes ortodônticos em cerâmicas de zircônia Y-TZP.

MATERIAL E MÉTODOS

ESTRATÉGIA DE BUSCA

Essa revisão foi conduzida seguindo o protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). A pergunta de pesquisa dessa revisão foi: *Qual tratamento de superfície é mais adequado para melhorar a resistência da colagem dos braquetes ortodônticos às cerâmicas de zircônia Y-TZP?* A questão foi desenvolvida em acordo com a seguinte estratégia PICO (do inglês *population, intervention, comparison, outcomes*), respectivamente: zircônia Y-TZP; tratamento de superfície, termociclagem, ausência de termociclagem; comparação entre os métodos de tratamento de superfície; resistência ao cisalhamento resultante.

As buscas eletrônicas foram feitas nas bases de dados PubMed, Scopus e ScienceDirect, usando-se as seguintes palavras-chave: *orthodontic brackets, shear bond strength, zirconium, ceramic surface, e thermocycling*. Além disso, foi feita a busca das mesmas palavras-chave no Google Scholar. As referências dos estudos selecionados também foram conferidas, para ver se algum estudo relevante não tinha sido incluído. Todas as buscas foram feitas em setembro de 2020, e se restringiram a artigos originais escritos na língua inglesa, publicados entre os anos de 2001 e 2020. Todas as duplicidades foram resolvidas pelo programa EndNote X7 (Thompson Reuters, Filadélfia, PA, EUA). A estratégia de busca resumida encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1: Estratégia de busca nas bases de dados.

Nome da base de dados	Data da última busca	Palavras-chave	Estudos encontrados	Estudos selecionados
PubMed Central	12/09/2020	<i>orthodontic brackets, shear bond strength, zirconium, ceramic surface, thermocycling</i>	28	12
Scopus	12/09/2020		08	08
ScienceDirect	12/09/2020		15	2
Google Scholar	15/09/2020		1.680	86

SELEÇÃO DOS ESTUDOS

Dois avaliadores independentes analisaram os títulos e resumos dos estudos encontrados. Os artigos foram selecionados usando-se os critérios de inclusão e exclusão descritos a seguir.

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

- 1) Estudos nos quais os braquetes ortodônticos foram colados à superfície de zircônia Y-TZP.
- 2) Estudos que realizaram condicionamento da superfície antes da colagem.
- 3) Estudos com um bom design do teste de cisalhamento.
- 4) Estudos experimentais *in vitro* e observacionais.
- 5) Artigos originais com texto completo.

CRITÉRIO DE EXCLUSÃO

- 1) Estudos *in vivo* e ensaios clínicos.
- 2) Estudos que testaram outros materiais além dos braquetes ortodônticos e a zircônia Y-TZP, como: resinas ou cimento composto, tubos vestibulares, esmalte, dentina, porcelana fundida com zircônia ou silicato de lítio reforçado com zircônia, entre outros.

A concordância entre ambos os avaliadores foi confirmada pela estatística Kappa de Cohen⁸. Um terceiro revisor foi consultado nos casos de qualquer discordância.

EXTRAÇÃO DOS DADOS

Dois avaliadores revisaram independentemente os textos completos e extraíram os seguintes dados em um formulário tabulado: ano do estudo, tamanho amostral, método de tratamento da superfície, adesivos e braquetes usados, armazenamento,

método de termociclagem e RC identificada (Tab. 2). A concordância entre os avaliadores foi avaliada por meio da estatística Kappa de Cohen. A opinião do terceiro avaliador foi considerada para resolver qualquer discordância.

Tabela 2: Extração dos dados.

Estudo	Amostra	Tratamento de superfície	Adesivo	Braquetes	Armazenamento	Termociclagem	Força de união (MPa)
Akay et al. ¹² (2020)	48	G1) Laser Er:YAG (2W) G2) Laser Nd:YAG (2W) G3) Jateamento (SiO ₂) G4) Ácido fluorídrico 9,6%	Resina composta fotopolimerizável Transbond XT	Braquetes metálicos de incisivos centrais superiores	Água deionizada a 37°C por 30 dias	2.000 ciclos entre 5±2 - 55±2°C, com tempo de permanência de 30s	G1: 5,5 ± 0,79 G2: 4,88 ± 0,82 G3: 7,42 ± 0,92 G4: 3,58 ± 0,75
Ju et al. ⁴ (2020)	80	G1) Jateamento G2) Jateamento + Primer cerâmico Clearfil na superfície de zircônia G3) Jateamento + Primer cerâmico Clearfil na base do braquete G4) Jateamento + Primer cerâmico Clearfil na superfície de zircônia e na base do braquete	Primer Transbond XT + Resina composta fotopolimerizável Transbond XT	Braquetes cerâmicos monocristalinos	Água a 37°C e umidade de 100%, por 24h	10.000 ciclos entre 5 e 55°C com tempo de permanência de 30s	Média e desvio-padrão não incluídos
Ju et al. ² (2019)	60	G1) Jateamento + Primer cerâmico Clearfil + primer ortodôntico G2) Jateamento + adesivo universal G3) Jateamento + Primer cerâmico Clearfil + adesivo universal	Resina composta fotopolimerizável Transbond XT	Braquetes cerâmicos de incisivos centrais superiores	Água a 37°C e umidade relativa de 100%/ incubação por 24h	10.000 ciclos entre 5 e 55°C com tempo de permanência de 30s	Antes da termociclagem: G1: 9,78 ± 1,94 G2: 9,86 ± 1,33 G3: 9,16 ± 0,78 Após a termociclagem: G1: 8,16 ± 1,78 G2: 4,99 ± 0,99 G3: 4,31 ± 1,02
Mehmeti et al. ²⁶ (2019)	48	G1) Ácido fosfórico a 37% por 120s + primer de silano G2) Ácido fluorídrico a 5% + primer de silano	Primer Transbond XT + Resina composta fotopolimerizável Transbond XT	i) Braquetes metálicos ii) Braquetes cerâmicos policristalinos	Não mencionado	5.800 ciclos entre 5 e 55°C com tempo de permanência de 10s	Braquetes metálicos: G1: 10,85 ± 5,84 G2: 8,52 ± 4,72 Braquetes cerâmicos: G1: 11,84 ± 7,30 G2: 8,99 ± 5,36

Tabela 2 - continuação: Extração dos dados.

Estudo	Amostra	Tratamento de superfície	Adesivo	Braquetes	Armazenamento	Termociclagem	Força de união (MPa)
Cetik et al. ¹⁵ (2019)	40	G1) Jateamento + primer de silano G2) Laser Er:YAG + primer de silano	Primer Brack Fix + Compósito fotopolimerizável Brack 1Fix	i) Braquetes metálicos de dentes anteroinferiores ii) Braquetes cerâmicos de dentes anteroinferiores	Não foi feito	Não foi feita	Braquetes metálicos: G1: 23,29 ± 5,34 G2: 21,59 ± 4,03 Braquetes cerâmicos: G1: 20,06 ± 4,05 G2: 17,55 ± 3,88
Douara et al. ²⁷ (2019)	45	G1) Jateamento (Al ₂ O ₃) + resina de colagem universal (Assure Plus) G2) Jateamento (Al ₂ O ₃) + Silano + resina de colagem universal (Assure Plus) + silano G3) Jateamento (Al ₂ O ₃) + ácido fluorídrico a 4% + silano	Primer Transbond XT + Resina composta fotopolimerizável Transbond XT	Braquetes cerâmicos monocristalinos	Água destilada a 37°C por 24 h	500 ciclos entre 5 e 55°C com tempo de permanência de 30s	G1: 2,50 ± 0,75 G2: 7,81 ± 2,81 G3: 8,15 ± 2,41
Garcia-Sanz et al. ⁹ (2018)	90	G1) Sem tratamento G2) Jateamento G3) Laser femtosegundo Ti:safira, com potência de saída de 300 mW, distância entre ranhuras 60 µm G4) Laser femtosegundo Ti:safira, com potência de saída de 200 mW, distância entre ranhuras 100 µm G5) Laser femtosegundo Ti:safira, com potência de saída de 40 mW, distância entre ranhuras 60 µm, G6) Laser femtosegundo Ti:safira, com potência de saída de 200 mW, distância entre ranhuras 60 µm	Primer Transbond XT + Resina composta fotopolimerizável Transbond XT	Braquetes metálicos de incisivos superiores	Água destilada a 37°C por 24h	Não foi feita	G1: 3,87 ± 0,77 G2: 4,25 ± 0,51 G3: 5,92 ± 1,12 G4: 3,74 ± 0,10 G5: 3,91 ± 0,53 G6: 5,68 ± 0,94
Byeon et al. ¹⁴ (2017)	130	G1) Polimento G2) Jateamento G3) Jateamento + Primer de silano G4) Jateamento + Primer MDP G5) Jateamento + Primer de silano contendo MDP	Resina composta fotopolimerizável Transbond XT	Braquetes metálicos de incisivos centrais superiores	Água destilada a 37 ± 1°C por 24h	5.000 ciclos entre 5 e 55°C com 30s de permanência	Antes da termociclagem: G1: 2,6 ± 1,1 G2: 4,98 ± 1,28 G3: 5,13 ± 0,85 G4: 11,92 ± 1,51 G5: 13,36 ± 2,31 Após a termociclagem: G1: 0,70 ± 0,4 G2: 0,8 ± 0,3 G3: 1,5 ± 0,4 G4: 5,4 ± 3,5 G5: 5,7 ± 1,2

Tabela 2 - continuação: Extração dos dados.

Estudo	Amostra	Tratamento de superfície	Adesivo	Braquetes	Armazenamento	Termociclagem	Força de união (MPa)
Garcia-Sanz et al. ¹⁷ (2017)	300	G1) Sem tratamento G2) Jateamento G3) Cobertura de sílica triboquímica + Primer de silano G4) Laser femtosegundo (200 mW) G5) Jateamento + Laser femtosegundo (200 mW)	Primer Transbond XT + Resina composta fotopolimerizável Transbond XT	i) Braquetes metálicos de incisivos centrais superiores ii) Braquetes cerâmicos de incisivos centrais superiores	Não mencionado	Não mencionado	Braquetes metálicos: G1: $4,23 \pm 0,89$ G2: $4,46 \pm 1,21$ G3: $5,99 \pm 1,86$ G4: $6,72 \pm 2,30$ G5: $7,22 \pm 2,73$ Braquetes cerâmicos: G1: $20,06 \pm 2,34$ G2: $25,01 \pm 4,45$ G3: $21,62 \pm 6,48$ G4: $23,18 \pm 6,51$ G5: $29,22 \pm 8,20$
Mehmeti et al. ²⁴ (2017)	20	Ácido fosfórico a 37% por 120s	Primer Transbond XT + Resina composta fotopolimerizável Transbond XT	G1: Braquetes metálicos G2: Braquetes cerâmicos policristalinos	Banho de água por 24h	Não foi feita	G1: $7,35 \pm 3,41$ G2: $4,66 \pm 1,78$
Lee et al. ²⁸ (2017)	50	G1) Jateamento G2) Jateamento + Primer de Metal/Zircônia G3) Jateamento + Z-Prime plus G4) Jateamento + Zirconia liner G5) Jateamento + Adesivo universal Scotchbond	Primer Transbond XT + Resina composta fotopolimerizável Transbond XT	Braquetes cerâmicos	Água destilada a 37°C por 24h	2.000 ciclos entre 5 e 55°C por 1 minuto	G1: $1,07 \pm 0,81$ G2: $5,16 \pm 0,83$ G3: $10,47 \pm 2,89$ G4: $9,55 \pm 1,75$ G5: $13,85 \pm 1,48$
Kim et al. ¹⁹ (2017)	124	G1) Jateamento (Al_2O_3) + Primer de silano G2) Jateamento (Al_2O_3) + Zirconia prime plus G3) Jateamento (Al_2O_3) + resina de colagem universal G4) Jateamento (SiO_2) + Primer de silano G5) Jateamento (SiO_2) + Zirconia prime plus G6) Jateamento (SiO_2) + resina universal de colagem	Primer Transbond XT + Resina composta fotopolimerizável Transbond XT	Braquetes metálicos de incisivos inferiores	Umidade relativa de 100% durante 7 dias	2.000 ciclos entre 5 e 55°C por 1 minuto com tempo de permanência de 20s	Não termociclado: G1: $11,4 \pm 5,8$ G2: $21,6 \pm 3,3$ G3: $22,9 \pm 6,5$ G4: $19,7 \pm 4,1$ G5: $20,5 \pm 5,4$ G6: $24,2 \pm 2,8$ Termociclado: G1: $13,7 \pm 5,0$ G2: $20 \pm 4,9$ G3: $22,5 \pm 6,9$ G4: 25 ± 5 G5: $24,1 \pm 3,5$ G6: $26,2 \pm 3,1$

Tabela 2 - continuação: Extração dos dados.

Estudo	Amostra	Tratamento de superfície	Adesivo	Braquetes	Armazenamento	Termociclagem	Força de união (MPa)
Kim et al. ²⁰ (2017)	160	G1) Jateamento + ESPE-sil G2) Jateamento + Primer Alloy G3) Jateamento + Primer cerâmico Clearfil G4) Jateamento + Primer universal de ligação simples G5) Cobertura de sílica triboquímica + ESPE-sil G6) Cobertura de sílica triboquímica + Primer Alloy G7) Cobertura de sílica triboquímica + Primer cerâmico Clearfil G8) Cobertura de sílica triboquímica + Primer universal de ligação simples	Resina composta fotopolimerizável Transbond XT	Braquetes metálicos de incisivos centrais superiores	Água deionizada a 37°C por 24h	5.000 ciclos entre 5 e 55°C com tempo de permanência de 30s	Não termociclado: G1: 6,6 ± 2,6 G2: 15,9 ± 5,2 G3: 13,1 ± 3,4 G4: 16,7 ± 5,6 G5: 7,9 ± 3,4 G6: 17 ± 3,9 G7: 15,9 ± 5,7 G8: 19,4 ± 4,5 Termociclado: G1: 5,2 ± 1,4 G2: 14,3 ± 2,9 G3: 12,9 ± 4,3 G4: 15,2 ± 5,3 G5: 5,8 ± 1,6 G6: 8,6 ± 1,7 G7: 14,8 ± 3,9 G8: 7,1 ± 0,9
Amer e Rayyan ¹³ (2018)	60	G1) Sem tratamento de superfície G2) Jateamento G3) Disco Soflex	i) Primer cerâmico Clearfil + Cimento resinoso adesivo Panavia F 2,0 ii) Cimento resinoso autoadesivo Rely X U200	Braquetes metálicos de segundos pré-molares inferiores	Água destilada a 37°C por 24h	500 ciclos entre 5 e 55°C com tempo de permanência de 30s	Clearfil + Panavia F 2,0: G1: 0 G2: 20,8 ± 4,8 G3: 12,3 ± 2,8 Rely X U200: G1: 0 G2: 16,7 ± 4,6 G3: 11,6 ± 3
Ihsan e Al-Dabagh ²⁹ (2017)	40	G1) Primer Z prime plus G2) Jateamento (Al ₂ O ₃) + Primer Z prime plus G3) Laser Nd:YAG (0,888 W, 5s) + Primer Z prime plus G4) Laser Nd:YAG (0,444 W, 10s) + Primer Z prime plus	Compósito fotopolimerizável	Braquetes de safiro do incisivo central superior	Água destilada a 37°C por 24h	Não foi feito	G1: 11,08 ± 1,96 G2: 22,29 ± 1,18 G3: 30,25 ± 2,31 G4: 30,67 ± 2,33
Hosseini et al. ¹⁸ (2016)	72	G1) Sem tratamento G2) Laser Er:YAG 1,5 w G3) Laser Er:YAG 2,5 w G4) Laser Er:YAG 3 w G5) Jateamento G6) Primer de silano	Resina composta fotopolimerizável Transbond XT	Braquetes metálicos dos incisivos superiores	Água destilada a 37°C por 24h	500 ciclos entre 5 e 55°C com tempo de permanência de 30s	G1: 0,31 ± 0,23 G2: 0,51 ± 0,14 G3: 1,11 ± 0,40 G4: 3,32 ± 1,52 G5: 9,50 ± 2,92 G6: 3,88 ± 2,20

Tabela 2 - continuação: Extração dos dados.

Estudo	Amostra	Tratamento de superfície	Adesivo	Braquetes	Armazenamento	Termociclagem	Força de união (MPa)
Lee et al. ²² (2015)	40	G1) Não-glazeado + Jateamento + Zirconia primer G2) Glazeamento + Jateamento + condicionamento ácido + Primer de zircônia G3) Glazeamento + Jateamento + condicionamento ácido + primer de porcelana G4) Glazeamento + Jateamento + condicionamento ácido + Primer de zircônia + primer de porcelana	Resina composta fotopolimerizável Transbond XT	Braquetes metálicos de incisivos inferiores	Água destilada a 37°C	2.000 ciclos entre 5 e 55°C com tempo de permanência de 30s	G1: 13,7 ± 1,3 G2: 3,7 ± 0,9 G3: 16 ± 2,6 G4: 14,4 ± 1,7
Kwak et al. ²¹ (2016)	70	G1) Não glazeado - Lixa abrasiva G2) Ponta diamantada + Primer Z-prime plus G3) Pedra-pomes + Primer Monobond-S primer G4) Ácido fluorídrico a 4% + Primer Monobond-S G5) Jateamento (Al ₂ O ₃) + Primer Monobond-S G6) Jateamento (Al ₂ O ₃) + Primer Z-prime plus G7) Jateamento (SiO ₂) + Primer Monobond-S	Resina composta fotopolimerizável Transbond XT	Braquetes metálicos de incisivos inferiores	Água destilada a 37°C por 24h	1.000 ciclos entre 5 e 55°C	G1: 13,38 ± 2,57 G2: 15,48 ± 3,15 G3: 14,90 ± 2,75 G4: 15,24 ± 3,36 G5: 15,78 ± 2,39 G6: 4,60 ± 1,08 G7: 14,81 ± 2,91
Yassaei et al. ²⁵ (2015)	72	G1) Ácido fluorídrico 9,6% + Primer de silano G2) Jateamento (Al ₂ O ₃) + Primer de silano G3) Laser Er:YAG (1W) + Primer de silano G4) Laser Er:YAG (2W) + Primer de silano	Resina composta fotopolimerizável	Braquetes metálicos de incisivos centrais superiores	Água a 37°C por 24h	500 ciclos entre 5 e 55°C com tempo de permanência de 30s	G1: 5,8 ± 0,78 G2: 7,8 ± 1,02 G3: 6,8 ± 0,92 G4: 6,9 ± 1,13

RISCO DE VIÉS

Os méritos metodológicos dos estudos selecionados foram avaliados individualmente, por ambos os revisores. A ferramenta de avaliação foi adaptada de revisões sistemáticas e metanálises prévias de estudos *in vitro*. Foram julgados os seguintes parâmetros: cálculo do tamanho amostral, presença de grupo controle, uso dos materiais de acordo com as instruções dos fabricantes, preparação padronizada da amostra, tratamento de superfície e colagem feita pelo mesmo operador, descrição adequada da termociclagem e análise estatística apropriada (isto é, reportando média, desvio-padrão e valor de p)^{9,10}. Qualquer um desses parâmetros relatados pelos artigos foi marcado com “S” (sim) para a seção específica. Se algum parâmetro não estivesse presente, foi marcado com um “N” (não). Artigos reportando de um (1) a três (3) dos itens foram considerados como tendo um alto risco de viés; de quatro (4) a cinco (5) itens, como médio risco de viés; e de seis (6) a (7) itens, como baixo risco de viés^{9,10}. Novamente, a concordância entre os avaliadores foi analisada pela estatística Kappa de Cohen, e a opinião do terceiro avaliador foi convocada em casos de discordância.

RESULTADOS

BUSCA NA LITERATURA

Um total de 109 estudos foi identificado (Tab. 1). Após a remoção dos duplicados, restaram 91 artigos. Após uma triagem cuidadosa dos títulos e resumos, mais 48 artigos foram excluídos.

O valor de kappa foi de $k = 0,816$ ($p < 0,001$) para a concordância interavaliadores. O texto completo de 43 artigos foi analisado para elegibilidade, e 24 artigos ainda foram excluídos por razões válidas (Tab. suplementar 1). Finalmente, 19 artigos foram selecionados para a revisão. O diagrama do fluxo PRISMA do processo de seleção é apresentado na Figura 1.

Tabela suplementar 1: Razão para exclusão.

Artigo	Razão para exclusão
Ahluwalia et al. (2013)	A superfície de zircônia não foi incluída
Buyuk et al. (2018)	A superfície de zircônia não foi incluída
Byeon et al. (2016)	O texto completo do artigo não foi encontrado
Di Guida et al. (2019)	A superfície de zircônia não foi incluída
Dong et al. (2016)	O texto completo do artigo não foi encontrado
Elsaka et al. (2016)	A superfície de zircônia não foi incluída
Juntavee et al. (2018)	A superfície de zircônia não foi incluída
Kawai et al. (2011)	Braquetes ortodônticos não foram incluídos
Kaya et al. (2019)	A superfície de zircônia não foi incluída
Murthy et al. (2014)	Braquetes ortodônticos não foram incluídos
Soliman et al. (2018)	A superfície de zircônia não foi incluída
Zhang et al. (2016)	A superfície de zircônia não foi incluída
Pitriani et al. (2019)	A superfície de zircônia não foi incluída
Gardiner et al. (2019)	Incluídos tubos vestibulares ortodônticos, em vez de braquetes
Mehta et al. (2016)	Resistência ao cisalhamento não foi mensurada
Mirhashmi et al. (2020)	Resistência ao cisalhamento em MPa não foi mensurada
Abuelenain et al. (2020)	Silicato de lítio reforçado com zircônia
Ahluwalia et al. (2013)	Coroas de porcelana fundida com zircônia
Amer e Rayyan (2018)	Coroas glazeadas de zircônia monolítica
Bilgic et al. (2013)	Coroas de porcelana fundida com zircônia
Franz et al. (2019)	Cerâmica sinterizadas com óxido de zircônio
Ismail e Sheikh (2018)	Coroa de zircônia folheada com porcelana
Oldham et al. (2019)	Silicato de lítio com infusão de zircônia
Pouyanfar et al. (2019)	Zircônia Y-TZP não foi incluída

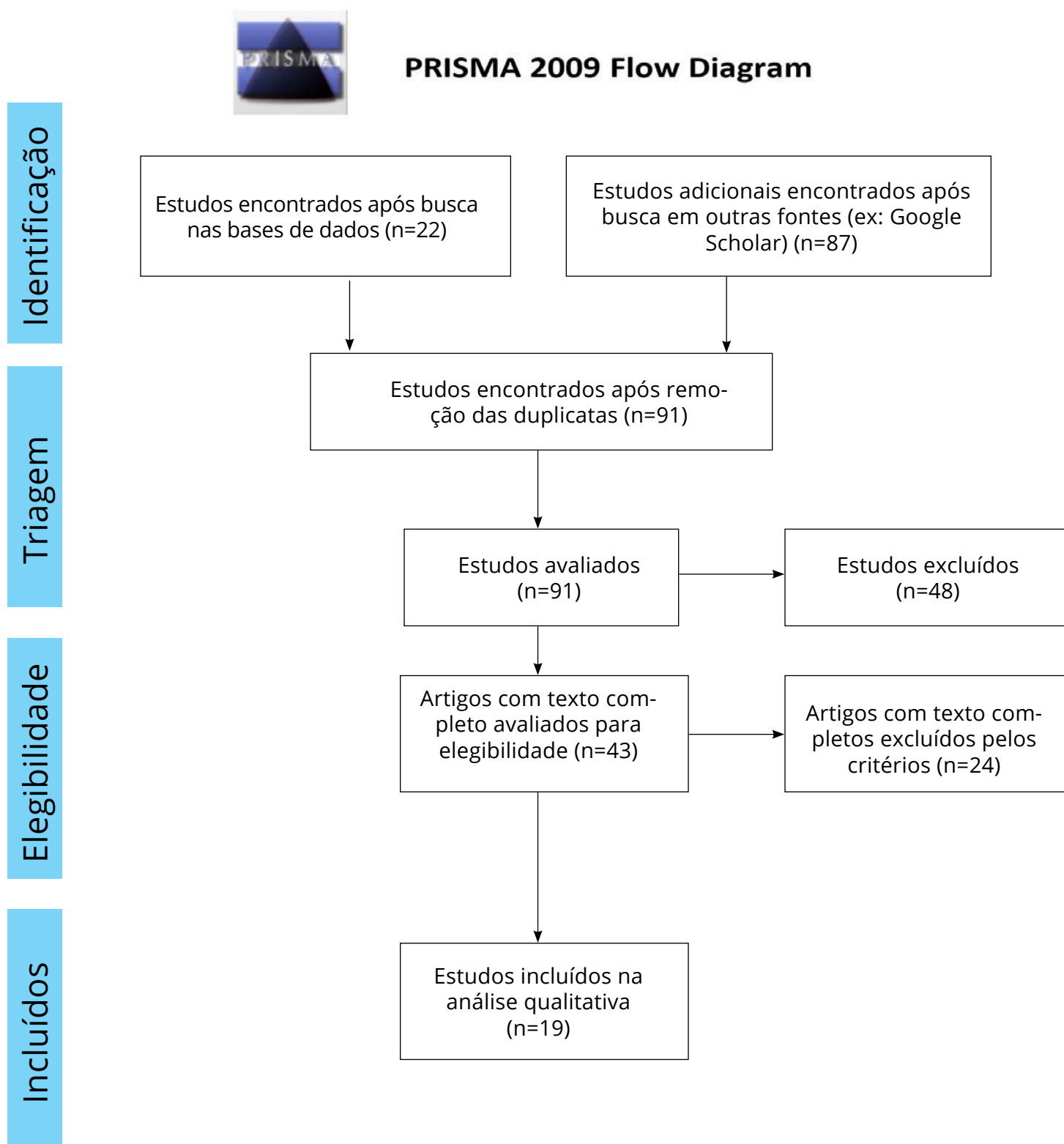


Figura 1: Diagrama de fluxo da estratégia de seleção dos estudos.

AVALIAÇÃO QUALITATIVA

Para a análise qualitativa, foi confirmada a confiabilidade interavaliadores dos dados extraídos ($k = 0,89$, $p < 0,001$). Três tipos de braquetes foram avaliados, sendo os metálicos os mais comuns¹¹⁻²⁴, seguidos dos cerâmicos^{2,4,15,17,23,24,26,27} e dos de safira²⁸. Foram identificados tanto métodos mecânicos quanto químicos de tratamento da superfície da zircônia Y-TZP. Os métodos mecânicos incluíram *lasers*, jateamento, polimento e disco Soflex, lixas de carboneto de silício e criação de rugosidades com broca diamantada^{2,4,12-21,25,26,28}. Os métodos químicos encontrados foram: condicionamento ácido (ácido fluorídrico 9,6% e ácido fosfórico 37%), aplicação de *primers* e uso de adesivos universais^{2,12,14,16-20,22,25,27,28}. O tratamento de superfície mais encontrado foi o jateamento. Dois tipos de jateamento foram encontrados: convencional (Al_2O_3) e com partículas revestidas com sílica triboquímica (SiO_2)^{17,19-21}. O método de jateamento diferiu entre os estudos, pois variáveis como tamanho das partículas (25 μm - 110 μm), pressão (0,14 MPa - 0,4 MPa), tempo (5 segundos - 20 segundos) e distância (10mm - 20mm) não foram homogêneas. Três tipos de *lasers* foram usados: Er:YAG (*erbium-doped yttrium aluminum garnet*), Nd:YAG (*neodymium-doped yttrium aluminum garnet*) e de femtosegundo^{12,15-18,25,28}. Os jateamentos e os *lasers* foram combinados com diferentes *primers* e adesivos universais^{2,14,15,19,20,22,25,27,28}. Oito estudos fizeram o tratamento da superfície de zircônia Y-TZP apenas com o jateamento^{4,12-14,16-18,27}; cinco estudos combinaram jateamento com *primer* de silano^{14,17,19,20,25}; cinco estudos combinaram o jateamento com *primers* MDP (metacriloiloxidecil dihidrogenofosfato)^{14,19,20,27,28}; quatro estudos combinaram com o uso de adesivo universal^{2,19,20,27}; três estudos combinaram com *primer* de silano contendo MDP^{2,14,20}; e dois estudos combinaram com *primer* de zircônia^{22,27}.

Os *lasers* foram usados sozinhos em quatro estudos^{12,16-18} e como adjunto com o *primer* MDP e *primer* de silano em um estudo cada^{18,25}. Um estudo também combinou o *laser* de femtosegundo e o jateamento para tratar a superfície Y-TZP¹⁷. Foi observada variabilidade nas configurações do *laser*, como: potência de saída (40 mW a 3 W); configuração média de energia (50 mJ a 300 mJ), distância (60 µm a 10 mm) e o tempo de aplicação (5 segundos a 2 minutos). Foram encontrados apenas dois estudos nos quais a superfície de zircônia Y-TZP recebeu somente *primers* antes da colagem ortodôntica^{18,28}. Os nomes comerciais e a composição química dos *primers* usados para tratar a superfície de Y-TZP estão listados na Tabela 3.

Tabela 3: *Primers* usados para o tratamento da superfície de Y-TZP.

<i>Primers</i>	Nome comercial	Composição química
<i>Primer</i> de silano	ESPE Sil, Rely X, Condicionador de porcelana Reliance	3-TMSPMA, etanol
<i>Primers</i> MDP	Z-PRIME Plus	MDP, etanol
	Zirconia liner	MMA, 10-MDP, 4-metoxifenol (HQME)
	Primer Alloy	6-(4-vinilbenzil-n-propil) amino-1,3,5-triazine-2,4 dithiol (VBATDT), 10-MDP, acetona
<i>Primer</i> de silano contendo MDP	Primer Cerâmico Clearfil	10-MDP, 3-TMSPMA, etanol
Adesivo universal	Adesivo Clearfil S3, Adesivo universal Scotchbond, Adesivo universal Single Bond	10-MDP, bis-GMA, HEMA, desmetacrilato hidrofóbico, dl-canforoquinona, álcool etílico, água, sílica coloidal silanizada
<i>Primer</i> ortodôntico	Primer adesivo Transbond XT	TEGMA, bis-GMA, trifenilantimonia, 4-(dime-tilamino)-benzenoetanol, dl-canforoquinona, álcool etílico, água, sílica coloidal silanizada
<i>Primer</i> de zircônia	Primer Metal/Zircônia	Álcool butílico terciário, metil isobutil cetona, acrilato de ácido fosfórico, peróxido de benzoíla

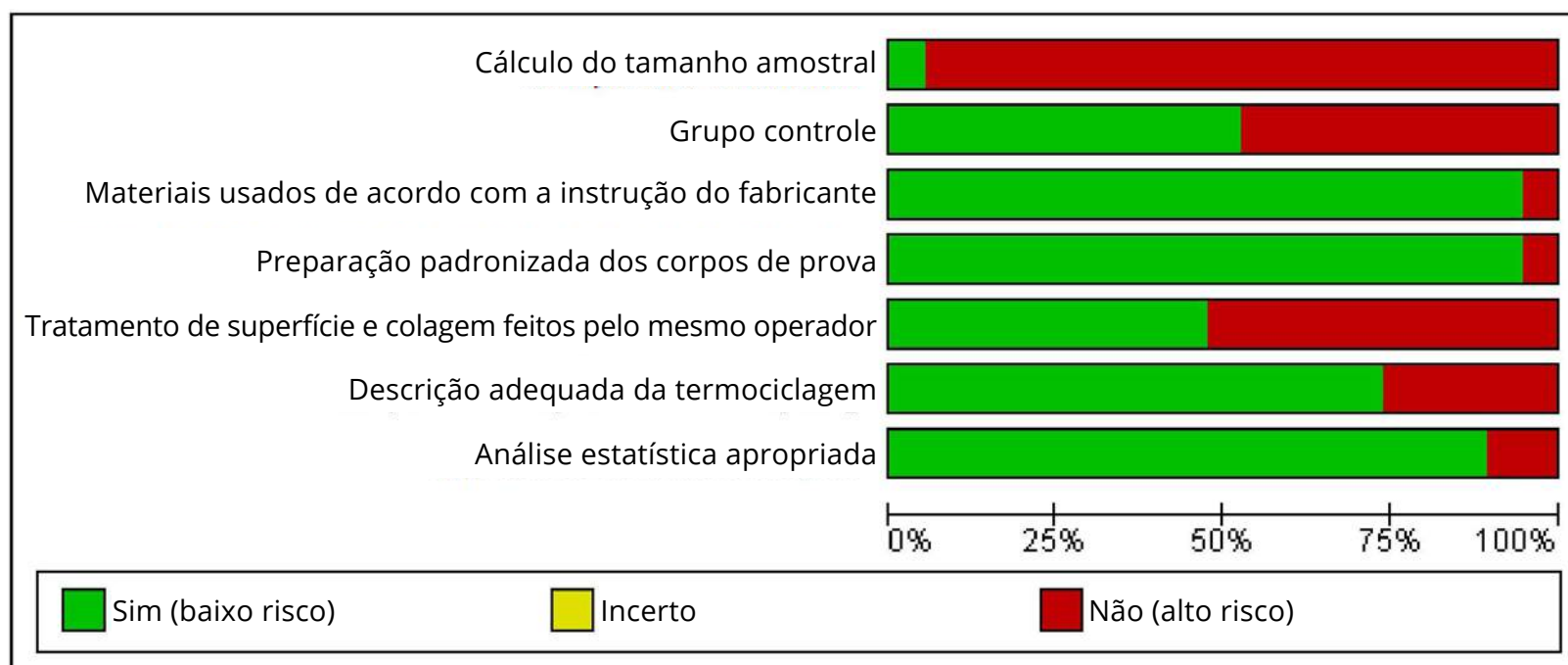
Abreviaturas: 3-TMSPMA (Metacrilato de 3-trimetoxissililpropil), 10-MDP (10-metacriloiloxidecil di-hidrogenofosfato), Bis-GMA (metacrilato de bisfenol-A-diglicidil), HEMA (metacrilato de hidroxietila), TEGMA (dimetacrilato de trietilenoglicol), MMA (metacrilato de metila), HQME (éter monoetílico de hidroquinona).

Dois estudos não submeteram as amostras à termociclagem^{16,17}. Diferentes protocolos de termociclagem foram observados entre os estudos, variando, em sua maioria, de 500 a 10.000 ciclos, em temperaturas de 5°C a 55°C, e com tempo de permanência de 20 a 30 segundos. O método mais comum de armazenamento antes da colagem foi o uso de água destilada a 37°C por 24 horas^{13,14,16,18,21,22,25-28}. O sistema de *primer* e resina composta fotopolimerizável Transbond XT foi o mais usado como adesivo^{2,9,12,14,17-20,22,27}.

As análises qualitativas dos estudos incluídos estão detalhadas na Tabela 2.

RISCO DE VIÉS

Com base nos critérios aplicados para avaliação da qualidade dos estudos selecionados, treze estudos obtiveram risco de viés médio, três obtiveram baixo risco e os três restantes, alto risco de viés. Surpreendentemente, o cálculo amostral foi ausente, exceto para um estudo selecionado. Metade dos estudos não apresentou grupos controle e tratamento de superfície. A colagem foi feita pelo mesmo operador em apenas 47,4% dos casos. A frequência do resto dos parâmetros foi suficiente (Fig. 2).



Akay et al., 2020	+	+	+	+	+	+	+
Amer and Rayyan 2018	+	+	+	+	+	+	+
Byeon et al., 2017	+	+	+	+	+	+	+
Celik et al., 2019	+	+	+	+	+	+	+
Douara et al., 2019	+	+	+	+	+	+	+
Garcia-Sanz et al., 2017	+	+	+	+	+	+	+
Garcia-Sanz et al., 2018	+	+	+	+	+	+	+
Hosseini et al., 2016	+	+	+	+	+	+	+
Ihsan and Al-dabagh 2017	+	+	+	+	+	+	+
Ju et al., 2019	+	+	+	+	+	+	+
Ju et al., 2020	+	+	+	+	+	+	+
Kim et al., 2017 (1)	+	+	+	+	+	+	+
Kim et al., 2017 (2)	+	+	+	+	+	+	+
Kwak et al., 2016	+	+	+	+	+	+	+
Lee et al., 2015	+	+	+	+	+	+	+
Lee et al., 2017	+	+	+	+	+	+	+
Mehmeti et al., 2017	+	+	+	+	+	+	+
Mehmeti et al., 2019	+	+	+	+	+	+	+
Yassaei et al., 2015	+	+	+	+	+	+	+

Figura 2: Resumo do risco de viés dos estudos incluídos.

DISCUSSÃO

Na literatura examinada, diferentes protocolos de tratamento de superfície têm sido extensivamente estudados quanto à colagem entre os braquetes ortodônticos e as cerâmicas de zircônia Y-TZP. Previamente, foram publicadas diversas revisões sobre o condicionamento da superfície da cerâmica e outros parâmetros de teste, seja com ou sem análise quantitativa^{5-7,9}. Porém, essas revisões não foram nem sobre os tipos específicos de superfície de cerâmica e nem sobre o efeito dos braquetes ortodônticos. Em relação aos protocolos de teste mecânico, o teste de resistência ao cisalhamento (RC) é o método mais popular, pois é o menos complicado e produz resultados com menor desvio-padrão⁵. Assim, o efeito dos métodos de tratamento da superfície na RC dos braquetes ortodônticos, particularmente na superfície da cerâmica de zircônia, foi revisado.

Nessa revisão, foram incluídos 19 estudos, para uma análise aprofundada dos testes de RC dos braquetes ortodônticos à superfície Y-TZP colados com resinas fotopolimerizáveis/com-pósitos. A metanálise não pôde ser feita por causa da grande heterogeneidade dos estudos incluídos, limitando os resultados desse estudo. Essa alta heterogeneidade pode ter sido ocasionada pelas diferenças no tamanho amostral, armazenamento, termociclagem, jateamento, configurações do *laser*, material dos braquetes (isto é, metal ou cerâmica), *design* do

braquete e da base do braquete. O braquete metálico de incisivo central inferior foi o mais estudado^{12,14,16-18,20,25}. Ao revisar os estudos que compararam a RC entre os braquetes metálicos e cerâmicos, resultados discrepantes foram observados^{15,17,26}. Um estudo publicado previamente encontrou que os braquetes cerâmicos apresentaram maior RC na superfície Y-TZP do que os metálicos¹⁷. Em outro estudo, após condicionamento com ácido fosfórico a 37%, os braquetes metálicos exibiram RC significativamente maior do que os braquetes cerâmicos²⁴. Outro estudo combinou o ácido fosfórico a 37% com *primer* de silano, para aumentar a RC dos braquetes cerâmicos; porém, o resultado não foi significativo²⁶. Em comparação ao condicionamento com ácido fosfórico, o ácido fluorídrico não demonstrou melhora na RC dos braquetes cerâmicos ou metálicos²⁶. Na verdade, o pré-tratamento da superfície com ácido fluorídrico resultou em menor RC dos braquetes ortodônticos, em comparação ao jateamento com óxido de alumínio, irradiação *laser* ER:YAG e condicionamento com ácido fosfórico 37%^{12,26}. Devido à possibilidade de enfraquecimento da superfície da cerâmica, o uso do ácido fluorídrico foi condenado²⁶. Em estudos diferentes, tanto os braquetes metálicos quanto os cerâmicos exibiram maior RC nas superfícies jateadas e nas irradiadas por *laser*. Um estudo reportou maior RC dos braquetes cerâmicos na superfícies jateadas, nas cobertas com sílica triboquímica e nas irradiadas com *laser* de femtosegundo¹⁷. Por outro lado, outro estudo reportou maior

RC dos braquetes metálicos nas superfícies jateadas e nas irradiadas com *laser* Er:YAG¹⁵. Surpreendentemente, não foi encontrada uma análise comparativa da RC entre braquetes metálicos e cerâmicos em superfícies de Y-TZP tratadas com diferentes *primers*.

O jateamento foi o método de tratamento da superfície mais comum entre os estudos incluídos. Esse método promove a adesão mecânica por meio de irregularidades na superfície criadas com abrasão a ar, usando partículas de alumina ou alumina coberta por sílica. Em muitos estudos, esse último procedimento foi o que exibiu a maior RC^{12,19-21}. O sistema CoJet®, que aplica partículas de alumina coberta por sílica, não só promove abrasão na superfície cerâmica, mas também cria uma superfície externa enriquecida com sílica, favorável à silanização⁶. As irregularidades criadas na superfície por esses dois tipos de partículas foram similares em estudos anteriores^{17,20}. Entretanto, a energia livre de superfície foi maior no jateamento com partículas revestidas de sílica^{19,20}. Portanto, a aplicação adicional de *primers*, promovendo adesão química, pode ter contribuído para uma maior RC. Após ambos os tipos de jateamento, foram aplicados *primers* para otimizar a RC, como: silano, MDP, *primers* de silano contendo MDP ou adesivos universais de etapa única^{2,4,19,20,22}. Os *primers* e os adesivos universais contendo MDP são capazes de unir-se quimicamente à zircônia. A ligação ocorre entre o éster de fosfato do MDP e os

grupos hidroxila da superfície da zircônia¹⁴. Os *primers* de silano apresentaram menor RC do que a resina universal de colagem, o MDP e os *primers* de silano contendo MDP, pois esses não formam uma ligação química com a zircônia, a menos que a superfície seja revestida com sílica^{14,19,20}.

Os tratamentos mecânicos da superfície, como jateamento e *lasers*, também foram estudados^{12,16-18,25,29}. Os *lasers* produzem rugosidade nas superfícies por meio de um processo chamado ablação, que envolve microexplosões e vaporização⁶. Tanto a irradiação com o *laser* Er:YAG quanto o *laser* Nd:YAG na superfície de zircônia resultou em RC menor do que o jateamento^{12,15,18,25}. Os *lasers* Er:YAG sozinhos falharam em alcançar a faixa ótima de RC de Reynolds (de 5,9 a 7,8 MPa)^{12,18,30}. Porém, quando combinados com o *primer* de silano, a RC aumentou para 6,9 MPa²⁵. A reação química adicional e a molhabilidade do silano podem ter contribuído para esse resultado. Além disso, com potências altas de saída (acima de 200 mJ), o *laser* gera muito calor, o que pode ser prejudicial para a superfície de zircônia³¹. Os *lasers* de femtosegundo com potência de saída de 200mW e distância entre ranhuras de 60 µm geraram RC de 5,68 MPa, mais perto do nível ideal¹⁵. Em estudos separados, a superfície de zircônia tratada com *laser* de femtosegundo teve melhor RC do que com o jateamento com partículas revestidas com alumina (Al₂O₃) ou com sílica (SiO₂)^{16,17}. Uma melhor RC foi alcançada quando o *laser* de femtosegundo foi combinado

com jateamento, mas não significativamente maior do que o *laser* de femtosegundo sozinho¹⁷. Desse modo, o tratamento adicional da superfície como um adjuvante ao *laser* de femtosegundo pode ser evitado, para economizar tempo, custo e desconforto do paciente. Além disso, o *laser* não tem relatos de danos térmicos devido à irradiação da superfície³².

Após a termociclagem, houve uma redução notável na RC, independentemente dos métodos de pré-tratamento da superfície^{2,14,19,20}. A biodegradação da superfície de Y-TZP tratada, os braquetes colados e os adesivos podem ter contribuído para essa evidência. Portanto, a avaliação da força de colagem em um ambiente clínico simulado (ou seja, experimento *in vivo*) é necessária. A termociclagem é um procedimento de envelhecimento artificial para testar o efeito na força de colagem em longo prazo. De acordo com um estudo, 10.000 ciclos de termociclagem equivalem a um ano de uso na cavidade bucal³³. A aplicação de MDP e *primers* de silano contendo MDP resultou em RC durável e ideal para ambos os tipos de jateamento da superfície de Y-TZP, mesmo após 10.000 ciclos de termociclagem^{2,20}. Por outro lado, no caso dos adesivos universais, a RC foi estável até 2.000 ciclos, mas degradou-se significativamente após 10.000 ciclos^{2,20,27}. Entre os *lasers*, foi testado o efeito da termociclagem nas superfícies irradiadas com *lasers* Er:YAG e Nd:YAG. A RC na superfície tratada com *laser* Er:YAG foi considerada clinicamente aceitável

apenas dentro do intervalo de 500 a 2.000 ciclos^{12,25}. No caso do *laser* Nd:YAG, a RC ficou abaixo do nível aceitável após a termociclagem¹². Surpreendentemente, não foi encontrado efeito da termociclagem na irradiação com *laser* de femtosegundo.

Não foi possível confirmar a eficiência da ferramenta para validação do risco de viés utilizada nesse estudo — o que deve ser considerado uma limitação importante desse estudo. Porém, o conteúdo dessa ferramenta de avaliação da qualidade pareceu ser mais justificável e relevante para a metodologia dos estudos selecionados. A ausência de metanálise é outra limitação, o que reflete a heterogeneidade dos estudos.

CONCLUSÃO

Como essa revisão se baseou exclusivamente na análise qualitativa de achados *in vitro* feitos em laboratório, os resultados devem ser interpretados com cautela. Para responder com mais precisão a pergunta de pesquisa da presente revisão, é necessária uma análise quantitativa. Para isso, seria preciso padronizar os protocolos de estudo. Porém, alguns pontos podem ser destacados após essa revisão abrangente da literatura:

- a) Considerando-se os danos que causa à superfície da cerâmica Y-TZP, o condicionamento com ácido fluorídrico deve ser evitado, uma vez que não melhorou significativamente a resistência ao cisalhamento.

- b) Pré-tratamentos mecânicos como jateamento e *lasers* são úteis, pois ambos melhoraram a resistência ao cisalhamento dos braquetes ortodônticos.
- c) O uso do jateamento com partículas revestidas por sílica triboquímica, com a vantagem da adesão química, resultando em maior resistência ao cisalhamento do que o jateamento convencional.
- d) Entre os tipos de *lasers*, o *laser* de femtosegundo pode ser sugerido como primeira escolha, apesar de o efeito da termociclagem na superfície de zircônia irradiada com esse tipo de *laser* ser desconhecido.
- e) O uso de *primers*, particularmente o MDP e os *primers* de silano contendo MDP, como coadjuvante nos pré-tratamentos mecânicos pode ser justificado. Existe uma preocupação com a longevidade do adesivo universal.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Tamzid Ahmed (TA)

Nashid Fareen (NF)

Mohammad Khursheed Alam (MKA)

Concepção/design do estudo:

TA, NF, MKA.

Aquisição, análise ou interpretação dos dados:

TA, NF, MKA.

Escrita do artigo:

TA, NF.

Revisão crítica do artigo:

TA, NF, MKA.

Aprovação final do artigo:

TA, NF, MKA.

Responsabilidade geral:

TA, MKA.

Os autores declaram não ter interesses associativos, comerciais, de propriedade ou financeiros, que representem conflito de interesse, nos produtos e companhias descritos nesse artigo.

REFERÊNCIAS

1. Heintze SD, Rousson V. Survival of zirconia- and metal-supported fixed dental prostheses: a systematic review. *Int J Prosthodont*. 2010 Nov-Dec;23(6):493-502.
2. Ju GY, Oh S, Lim BS, Lee HS, Chung SH. Effect of simplified bonding on shear bond strength between ceramic brackets and dental zirconia. *Materials (Basel)*. 2019 May 20;12(10):1640.
3. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials*. 1999 Jan;20(1):1-25.
4. Ju GY, Lim BS, Moon W, Park SY, Oh S, Chung SH. Primer-treated ceramic bracket increases shear bond strength on dental zirconia surface. *Materials (Basel)*. 2020 Sep 16;13(18):4106.
5. Inokoshi M, De Munck J, Minakuchi S, Van Meerbeek B. Meta-analysis of bonding effectiveness to zirconia ceramics. *J Dent Res*. 2014 Apr;93(4):329-34.
6. Mattiello RDL, Coelho TMK, Insaurralde E, Coelho AAK, Terra GP, Kasuya AVB, et al. A review of surface treatment methods to improve the adhesive cementation of zirconia-based ceramics. *Int Sch Res Notices*. 2013;2013:1-10.
7. Papia E, Larsson C, du Toit M, Vult von Steyern P. Bonding between oxide ceramics and adhesive cement systems: a systematic review. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*. 2014 Feb;102(2):395-413.

8. Cohen J. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educ Psychol Meas.* 1960;20(1):37-46.
9. García-Sanz V, Paredes-Gallardo V, Mendoza-Yero O, Carbonell-Leal M, Albaladejo A, Montiel-Company JM, et al. The effects of lasers on bond strength to ceramic materials: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2018 Jan 2;13(1):e0190736.
10. Sarkis-Onofre R, Skupien JA, Cenci MS, Moraes RR, Pereira-Cenci T. The role of resin cement on bond strength of glass-fiber posts luted into root canals: a systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *Oper Dent.* 2014 Jan-Feb;39(1):E31-44.
11. Higgins JP, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page MJ, editors. *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions.* 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons; 2019.
12. Akay C, Okşayan R, Özdemir H. Influence of various types of surface modifications on the shear bond strength of orthodontic brackets on Y-TZP zirconia ceramics. *J Aust Ceram Soc.* 2020 Jun;1-5.
13. Amer JY, Rayyan MM. Effect of different surface treatments and bonding modalities on the shear bond strength between metallic orthodontic brackets and glazed monolithic zirconia crowns. *J Orthod Sci.* 2018 Nov 15;7:23.
14. Byeon SM, Lee MH, Bae TS. Shear bond strength of Al_2O_3 sandblasted Y-TZP ceramic to the orthodontic metal bracket. *Materials (Basel).* 2017 Feb 9;10(2):148.


15. Cetik S, Ha TH, Sitri L, Duterme H, Pham V, Atash R. Comparison of shear strength of metal and ceramic orthodontic brackets cemented to zirconia depending on surface treatment: an in vitro study. *Eur J Dent*. 2019 May;13(2):150-5.
16. García-Sanz V, Paredes-Gallardo V, Bellot-Arcís C, Martínez-León L, Torres-Mendieta R, Montero J, et al. Femtosecond laser settings for optimal bracket bonding to zirconia. *Lasers Med Sci*. 2019 Mar;34(2):297-304.
17. García-Sanz V, Paredes-Gallardo V, Bellot-Arcís C, Mendoza-Yero O, Doñate-Buendía C, Montero J, et al. Effects of femtosecond laser and other surface treatments on the bond strength of metallic and ceramic orthodontic brackets to zirconia. *PLoS One*. 2017 Oct 19;12(10):e0186796.
18. Hosseini MH, Gorjizadeh F, Etemadi A, Baghaeian P. Shear Bond Strength of Metal brackets to Zirconia Treated with Er: YAG Laser Sandblasting and Silane. *J Islam Dent Assoc Iran*. 2016;28(3):110-7.
19. Kim J, Park C, Lee JS, Ahn J, Lee Y. The effect of various types of mechanical and chemical preconditioning on the shear bond strength of orthodontic brackets on zirconia restorations. *Scanning*. 2017 Jan 11;2017:6243179.
20. Kim NH, Kim YJ, Lee DY. Bond strengths of orthodontic metal brackets to tribochemically silica-coated zirconia surfaces using different 10-methacryloyloxydecyl dihydrogen phosphate-containing primers. *J Adhes Dent*. 2017;19(1):21-9.

21. Kwak JY, Jung HK, Choi IK, Kwon TY. Orthodontic bracket bonding to glazed full-contour zirconia. *Restor Dent Endod*. 2016 May;41(2):106-13.
22. Lee JH, Lee M, Kim KN, Hwang CJ. Resin bonding of metal brackets to glazed zirconia with a porcelain primer. *Korean J Orthod*. 2015 Nov;45(6):299-307.
23. Mehmeti B. Evaluation of the shear bond strength of orthodontic brackets bonded to different ceramic surfaces [tese]. Zagreb: University of Zagreb; 2018.
24. Mehmeti B, Azizi B, Kelmendi J, Iljazi-Shahiqi D, Alar Ž, Anić-Milošević S. Shear Bond Strength of Orthodontic Brackets Bonded to Zirconium Crowns. *Acta Stomatol Croat*. 2017 Jun;51(2):99-105.
25. Yassaei S, Aghili HA, Davari A, Mostafavi SM. Effect of four methods of surface treatment on shear bond strength of orthodontic brackets to zirconium. *J Dent (Tehran)*. 2015 Apr;12(4):281-9.
26. Mehmeti B, Kelmendi J, Iljazi-Shahiqi D, Azizi B, Jakovljevic S, Haliti F, et al. Comparison of shear bond strength orthodontic brackets bonded to zirconia and lithium disilicate crowns. *Acta Stomatol Croat*. 2019 Mar;53(1):17-27.
27. Douara Y, Abdul Kader S, Kassem H, Mowafy M. Evaluation of the shear bond strength of ceramic orthodontic brackets to glazed monolithic zirconia using different bonding protocols. *Egypt Orthod J*. 2019 Dec;56:9-20.

28. Lee JY, Ahn J, An SI, Park JW. Comparison of bond strengths of ceramic brackets bonded to zirconia surfaces using different zirconia primers and a universal adhesive. *Restor Dent Endod*. 2018 Jan 22;43(1):e7.
29. Ihsan H, Al-Dabagh DJ. Comparison of shear bond strength of sapphire bracket bonded to zirconium surface after using different surface conditioning methods: in vitro study. *J Baghdad Coll Dent*. 2017 Sep;29(3):85-1.
30. Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthodont*. 1975;2(3):171-8.
31. Cavalcanti AN, Pilecki P, Foxtan RM, Watson TF, Oliveira MT, Gianinni M, et al. Evaluation of the surface roughness and morphologic features of Y-TZP ceramics after different surface treatments. *Photomed Laser Surg*. 2009 Jun;27(3):473-9.
32. Varel H, Ashkenasi D, Rosenfeld A, Wähmer M, Campbell E. Micromachining of quartz with ultrashort laser pulses. *Appl Phys A*. 1997 Oct;65:367-73.
33. Gale MS, Darvell BW. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. *J Dent*. 1999 Feb;27(2):89-99.

Retratamento ortodôntico: efeitos positivos na autoestima e na qualidade de vida dos pacientes

Laíze Rosa Pires **FREITAS**¹

 <https://orcid.org/0000-0001-7830-802X>

Dauro Douglas **OLIVEIRA**^{1,2} 

 <https://orcid.org/0000-0003-4323-0562>

Enviado em: 02 de agosto de 2021 • Revisado e aceito: 26 de agosto de 2021

 dauro.bhe@gmail.com

Como citar: Freitas LRP, Oliveira DD. Orthodontic retreatment: positive effects on the patient's self-esteem and quality of life. Dental Press J Orthod. 2021;26(5):e21bbo5

(1) Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Odontologia (Belo Horizonte/MG, Brasil). (2) Clínica privada (Belo Horizonte/MG, Brasil).

RESUMO

Introdução: Um percentual crescente da população mundial vem tendo acesso ao tratamento ortodôntico ao longo das últimas décadas. Consequentemente, hoje em dia, um maior número de pacientes em busca da correção de suas más oclusões apresenta um histórico de tratamento ortodôntico prévio. Ortodontistas que realizam retratamentos ortodônticos podem enfrentar dificuldades adicionais, e uma delas é ter que lidar com indivíduos que apresentam demandas e expectativas ainda maiores em relação à obtenção de resultados excelentes e de forma bastante eficiente.

Objetivos: O presente artigo discute os desafios e os impactos positivos do retratamento ortodôntico causados na autoestima e na qualidade de vida dos pacientes, e ilustra o retratamento em duas fases de uma pré-adolescente, e o retratamento ortodôntico-cirúrgico de uma paciente adulta jovem que tinha demandas muito elevadas para a obtenção de resultados rápidos e excelentes.

Palavras-chave: Qualidade de vida. Saúde bucal. Ortodontia. Retratoamento.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o tratamento ortodôntico tem se tornado cada vez mais acessível para uma porcentagem maior da população^{1,2}. Isso se deve ao maior acesso aos cuidados de saúde bucal pautados nas filosofias preventivas da Odontologia contemporânea, maior longevidade da população, melhor acesso à informação, maiores demandas estéticas da sociedade moderna, avanços tecnológicos na Ortodontia³⁻⁶ e menores custos de tratamento em alguns países.

Os efeitos positivos do tratamento ortodôntico na qualidade de vida dos pacientes têm sido claramente relatados^{7,8}. Crianças, adolescentes e adultos apresentam melhor imagem corporal e autoconfiança relacionada à aparência após o término do tratamento ortodôntico, apresentando menores níveis de ansiedade nas relações sociais e consequentes impactos positivos na autoestima^{9,10}.

Atualmente, há um aumento cada vez maior de indivíduos que buscam tratamento ortodôntico e apresentam história de terapia ortodôntica prévia¹¹. Os motivos pelos quais os pacientes procuram o retratamento ortodôntico são multifatoriais e podem incluir desejo de melhorar ainda mais a estética e a função oral, instabilidade durante o período de contenção, alterações maturacionais, crescimento esquelético desfavorável, falha no diagnóstico e planejamento do tratamento ou tratamento inadequado^{12,13}.

Os ortodontistas que realizam retratamentos em sua prática diária podem ter que lidar com pacientes que apresentam maiores demandas em relação à qualidade e duração do tratamento. Portanto, para que um ortodontista possa alcançar resultados positivos, é necessário um forte entendimento das dificuldades que podem levar ao insucesso. Além disso, um sistema objetivo para orientar a excelência no término de retratamentos poderia facilitar o manejo clínico desses casos e aumentar as chances de sucesso^{4,14}.

Assim, o objetivo do presente manuscrito é ilustrar como a aplicação dos critérios objetivos do Board Brasileiro de Ortodontia (BBO) auxiliou na obtenção da excelente finalização em dois pacientes submetidos ao retratamento ortodôntico.

CASO 1

DIAGNÓSTICO

Os pais de uma menina com 9,8 anos de idade buscaram uma segunda opinião sobre o resultado de um tratamento ortodôntico interceptivo sem sucesso realizado em sua filha. Segundo os pais, a paciente usava grade palatina removível para tentar eliminar os hábitos de sucção digital e interposição da língua, e corrigir a mordida aberta resultante da presença desses hábitos. A paciente referiu que sofria *bullying* na escola, devido ao sorriso desagradável, e os pais reforçaram que sua autoestima estava baixa, pois ela não mostrava os dentes ao sorrir. Seu histórico médico e odontológico estavam dentro dos parâmetros normais.

A avaliação extrabucal revelou face simétrica, ausência de selamento labial passivo, padrão de crescimento moderadamente hiperdivergente, com altura facial inferior aumentada e perfil facial levemente convexo. Além disso, a paciente apresentava comprometimento significativo da estética do sorriso, sem exposição dos incisivos superiores ao sorrir (Fig. 1).

A análise intrabucal mostrou má oclusão de Classe I de Angle combinada com mordida aberta anterior severa. Embora não se observasse mordida cruzada posterior, havia uma deficiência transversa da maxila, arcada superior estreita e aumento da profundidade do palato. Os dentes posteriores inferiores apresentaram aumento da inclinação lingual como compensação pela diminuição da dimensão transversa da maxila. Também foi registrado apinhamento leve em ambas as arcadas dentárias. No aspecto periodontal, havia recessão gengival importante em ambos os incisivos centrais inferiores, presença de cálculo na face lingual dos incisivos inferiores e inserção baixa do freio labial superior (Fig. 1).

A radiografia panorâmica confirmou a presença de todos os dentes permanentes e erupção parcial de todos os incisivos superiores e inferiores (Fig. 2). A avaliação cefalométrica revelou má oclusão esquelética de Classe II ($ANB = 7^\circ$, Witts = +6 mm), com maxila bem posicionada ($SNA = 82^\circ$), mandíbula retruída ($SNB = 75^\circ$) e perfil convexo (ângulo de convexidade = 13°).

Havia aumento da dimensão vertical da face ($FMA = 30^\circ$; $SN.GoGn = 39^\circ$). Os incisivos superiores e inferiores apresentavam posição normal de corpo ($1-NA = 5\text{ mm}$; $1-NB = 6\text{ mm}$), mas estavam significativamente protruídos ($1.NA = 32^\circ$ e $IMPA = 97^\circ$) (Fig. 3 e Tab. 1).



Figura 1: Fotografias faciais e intrabucais iniciais.



Figura 2: Radiografia panorâmica inicial.

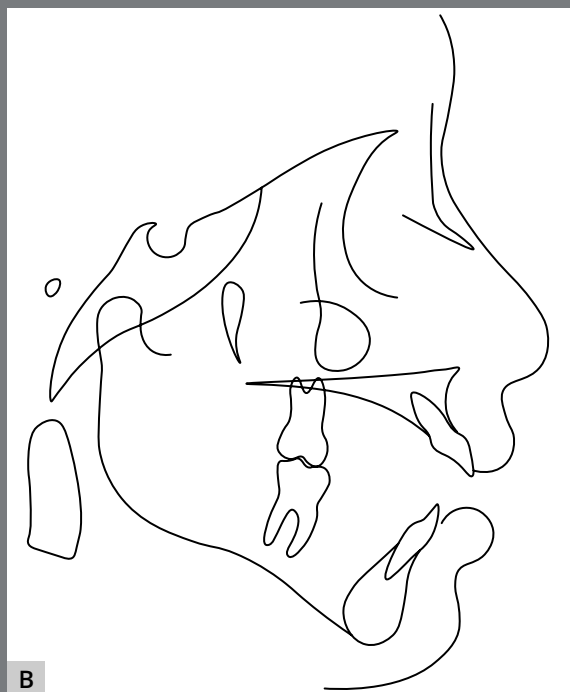


Figura 3: Radiografia cefalométrica de perfil (A) e traçado cefalométrico iniciais (B).

PLANEJAMENTO DE TRATAMENTO E MECÂNICA ORTODÔNTICA UTILIZADA

O tratamento ortodôntico interceptivo anterior obteve resultados irrelevantes com o uso de uma grade removível para interromper o hábito de sucção digital, devido à falta de cooperação relatada pelos pais e pela própria paciente. Além disso, a placa removível não corrigiu a deficiência transversa da maxila decorrente do desequilíbrio das pressões musculares observadas nos pacientes com esses hábitos bucais deletérios.

Os objetivos da primeira fase desse retratamento ortodôntico foram corrigir a discrepância transversa da arcada superior, eliminar o hábito de sucção do polegar, controlar a tendência de crescimento vertical e fechar a mordida aberta anterior, minimizando a complexidade da segunda fase do tratamento, quando aparelhos ortodônticos fixos seriam colocados para atingir a estética e função adequadas. O tratamento foi iniciado com expansão rápida da maxila (ERM), utilizando o aparelho de Haas modificado, que apresentava bandas nos segundos molares superiores decíduos e grade inserida na porção anterior do acrílico (Fig. 4A e 4B).

O protocolo de ativação foi de $\frac{1}{4}$ de volta por dia durante três semanas, até que as cúspides palatinas dos molares superiores tocassem as cúspides vestibulares dos molares inferiores, quando os pais foram orientados a interromper a ativação. Nenhum dispositivo, fio de latão, ligadura metálica, acrílico ou resinas compostas foi utilizado para travar o parafuso do expensor. Dois meses depois, a mordida aberta anterior havia diminuído e as alças verticais da grade foram cortadas com uma broca carbide #1557 e transformadas em esporões para estimular ainda mais a eliminação do hábito de sucção do polegar e interposição da língua (Fig. 4C e 4D).

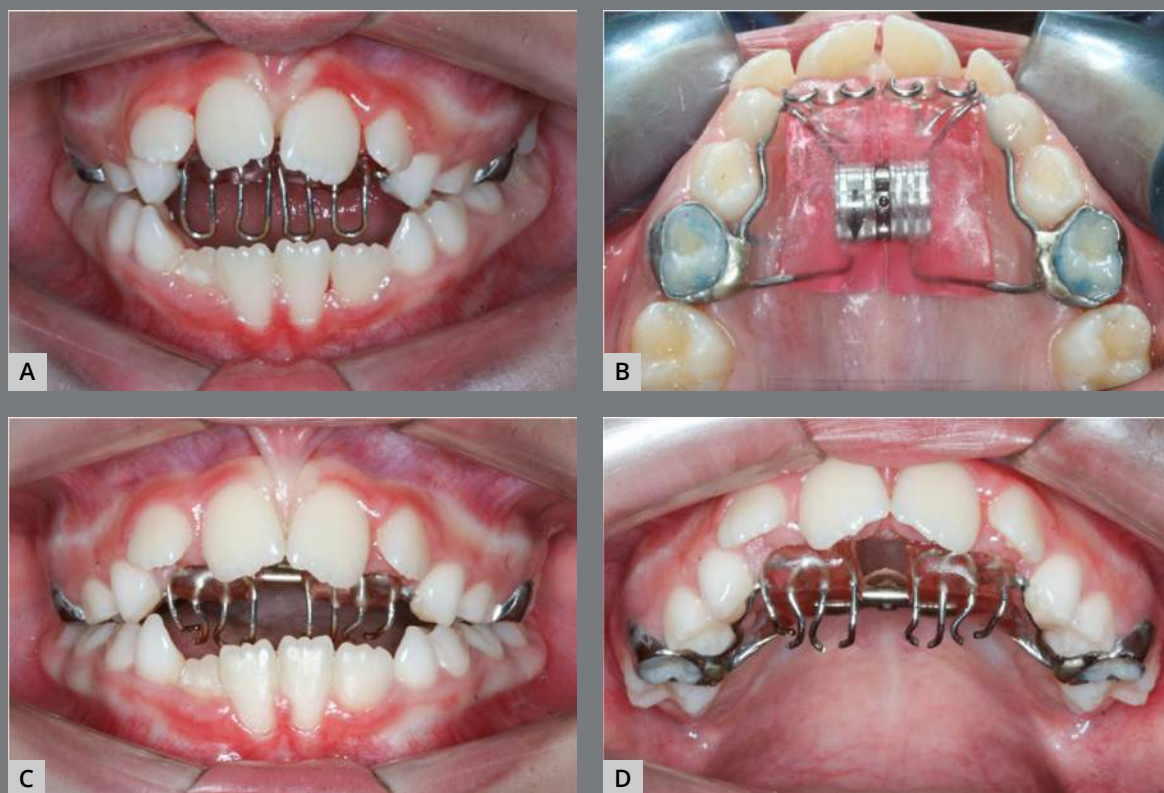


Figura 4: Aparelho Haas modificado imediatamente após a inserção (A, B) e dois meses após, quando a grade vertical foi transformada em esporões (C, D).

Após o período de seis meses de contenção da ERM com o aparelho Haas modificado, houve uma descompensação espontânea significativa da inclinação lingual dos molares inferiores. Portanto, uma segunda expansão maxilar foi realizada com um expansor Mini-Hyrax (1/4 de volta/dia, por duas semanas). A mordida aberta anterior foi reduzida pela metade e esporões no arco lingual foram inseridos para auxiliar ainda mais na correção da mordida aberta (Fig. 5). Após a contenção da segunda ERM por seis meses, o Mini-Hyrax foi removido, uma barra transpalatina fixa foi inserida nos primeiros molares permanentes superiores e um aparelho extrabucal com tração alta foi usado à noite para controle do crescimento vertical. Ao fim da primeira fase, as deficiências da dimensão transversa e a mordida aberta anterior foram corrigidas (Fig. 6). Os esporões no arco lingual foram removidos após a erupção completa dos pré-molares inferiores.



Figura 5: Mordida aberta anterior seis meses após o início do tratamento (A). Mini-Hyrax usado para segunda ERM (B). Arco lingual com esporões (C).



Figura 6: Fotografias intrabucais intermediárias, ao fim da primeira fase de intervenção.

A segunda fase do tratamento começou após a erupção completa de todos os segundos molares permanentes, com a colagem dos braquetes 0,022" x 0,028" em todos os dentes superiores e inferiores (braquetes MBT Radiance e tubos Master Series Standard Edgewise, American Orthodontics, Sheboygan, WI, EUA). O nivelamento e o alinhamento foram obtidos com fios de NiTi 0,014", NiTi 0,018", aço 0,018" associados a desgaste moderado do esmalte interproximal. Posteriormente, fios de TMA 0,017" x 0,025" e 0,019" x 0,025" foram usados para melhorar o controle de torque. No início da fase de finalização, radiografia panorâmica foi obtida para verificar a necessidade de melhorar o paralelismo radicular e fotografias de progresso (Fig. 7), e modelos foram obtidos para avaliar a necessidade de reposicionamento de braquetes, conforme relatado anteriormente¹⁵. Os critérios de avaliação objetivos do BBO (<https://bbo.org.br>) foram utilizados durante as etapas finais desse retratamento ortodôntico para aumentar a eficiência da finalização e otimizar a obtenção de excelentes resultados. Os aparelhos fixos foram retirados 15 meses após o início da segunda fase do tratamento. O protocolo de contenção consistiu em aparelho de contenção removível modificado com fio de aço de 0,036" na arcada superior e contenção Essix de 0,035" na arcada inferior. A paciente foi orientada quanto ao uso em tempo integral das contenções durante os primeiros seis meses após a remoção dos aparelhos e, posteriormente, manter somente o uso noturno.



Figura 7: Fotografias intrabuciais na fase de finalização do tratamento.

RESULTADOS DO TRATAMENTO

Os objetivos do tratamento foram alcançados após as duas fases de intervenção. Em primeiro lugar, o hábito de sucção do dedo foi controlado e o principal fator etiológico que causou sua má oclusão foi eliminado. No aspecto facial, foi obtido selamento labial passivo e houve notável melhora na estética do sorriso, devido à correta correção do arco do sorriso e à melhora das proporções dos corredores bucais. O perfil facial também melhorou, e a linha queixo-pescoço tornou-se bem definida ao fim do tratamento (Fig. 8). O exame intrabucal pós-tratamento revelou que oclusão ideal foi alcançada, com relação de molares e caninos em Classe I bilateralmente, sobressaliência e sobremordida adequadas, linhas médias coincidentes e alinhamento e nivelamento adequados das cristas marginais (Fig. 8). A avaliação da radiografia panorâmica final não mostrou sinais de reabsorção radicular, com níveis totais de osso alveolar adequados e paralelismo radicular apropriado (Fig. 9).



Figura 8: Fotografias faciais e intrabucais finais.



Figura 9: Radiografia panorâmica final.

A avaliação cefalométrica pós-tratamento (Fig. 10) confirmou a melhora das discrepâncias anteroposteriores (ANB de 7° para 4°; Wits de +6 para 0 mm) e um bom controle da dimensão vertical, mesmo sem extrações de pré-molares (SN.GoGn de 39° para 40° e o FMA não se alterou). Os incisivos superiores apresentaram redução significativa da inclinação labial (1.NA de 32° para 27°), enquanto os inferiores foram ligeiramente projetados (IMPA de 97° para 98°). Finalmente, nenhuma redução no espaço das vias aéreas foi observada. As sobreposições cefalométricas também confirmaram o bom controle vertical durante a mecânica ortodôntica, com a sobreposição total mostrando melhora na posição espacial da maxila. As sobreposições parciais da maxila e da mandíbula confirmam melhor posição dos incisivos superiores e uma leve vestibularização e protrusão dos incisivos inferiores (Fig. 11). Quatro anos após o tratamento e dois anos sem uso de contenções, segundo a paciente, os resultados permaneceram estáveis (Fig. 12).

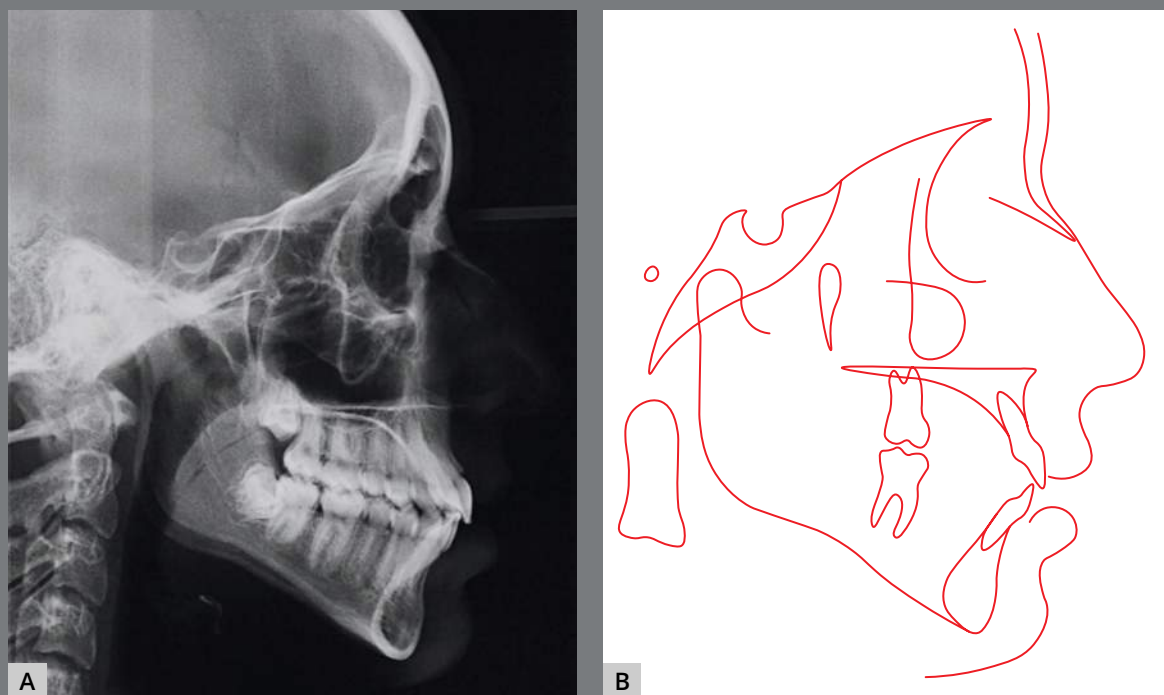


Figura 10: Radiografia cefalométrica de perfil (A) e traçado cefalométrico finais (B).

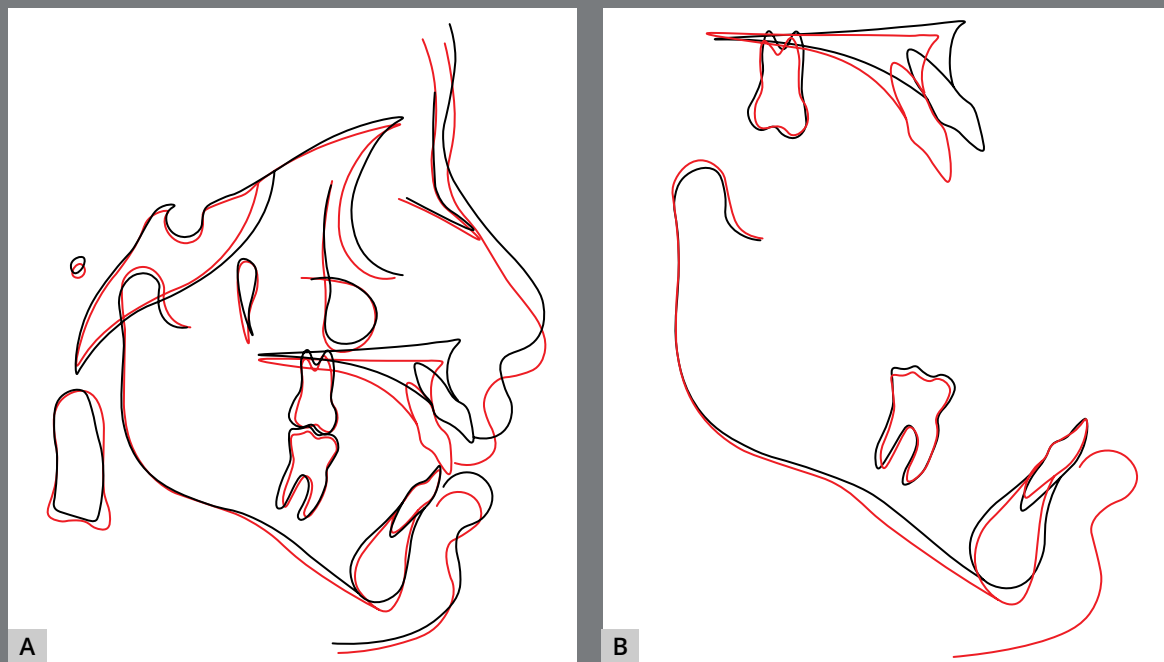


Figura 11: Sobreposições total (A) e parciais (B) dos traçados cefalométricos inicial (preto) e final (vermelho).



Figura 12: Fotografias de acompanhamento quatro anos após o tratamento.

Tabela 1: Valores cefalométricos no início (A) e no fim (B) do tratamento.

	Medidas		Normal	A	B	Dif. A-B
Padrão esquelético	SNA	(Steiner)	82°	82°	82°	0
	SNB	(Steiner)	80°	75°	78°	3
	ANB	(Steiner)	2°	7°	4°	3
	Wits	(Jacobson)	♀ 0 ± 2 mm ♂ 1 ± 2 mm	6 mm	0 mm	6
	Ângulo de convexidade	(Downs)	0°	13°	9°	4
	Ângulo facial	(Downs)	87°	83°	88°	5
	SN.GoGn	(Steiner)	32°	39°	40°	1
	FMA	(Tweed)	25°	30°	30°	0
Padrão dentário	IMPA	(Tweed)	90°	97°	98°	1
	⊥.NA (graus)	(Steiner)	22°	32°	27°	5
	⊥.NA (mm)	(Steiner)	4 mm	5 mm	4 mm	1
	⊥.NB (graus)	(Steiner)	25°	35°	37°	2
	⊥.NB (mm)	(Steiner)	4 mm	6 mm	8 mm	2
	$\frac{1}{1}$ - Ângulo interincisal	(Downs)	130°	111°	110°	1
Perfil	Lábio superior - Linha S	(Steiner)	0 mm	0 mm	-1,8 mm	1,8
	Lábio inferior - Linha S	(Steiner)	0 mm	0 mm	0 mm	0

CASO 2

DIAGNÓSTICO

Paciente de 21 anos, buscou o retratamento ortodôntico porque estava muito infeliz com sua estética facial. Durante a consulta inicial, ela mencionou como o sorriso gengival excessivo e o queixo retraído vinham impactando negativamente sua autoestima, seu relacionamento social e sua qualidade de vida. A paciente também afirmou não gostar da estética do nariz e que os espaços entre os dentes da frente comprometiam o sorriso e a função mastigatória. Relatou que seu tratamento ortodôntico anterior ocorreu aos doze anos e foram usados aparelhos ortodônticos fixos por aproximadamente três anos.

A análise facial revelou perfil fortemente convexo, ângulo nasolabial excessivo, selamento labial ativo, sulco labiamental profundo e queixo retruído. A avaliação frontal mostrou face simétrica, altura facial aumentada, com terço inferior longo, e exposição gengival excessiva ao sorriso (Fig. 13).



Figura 13: Fotografias faciais e intrabucais iniciais.

A avaliação intrabucal mostrou má oclusão de Classe II, divisão 1, caninos também em relação de Classe II, sobremordida anterior reduzida e sobressaliência aumentada. A paciente apresentava boa higiene bucal, mas um fenótipo gengival delgado na região dos incisivos inferiores (Fig. 13).

A radiografia panorâmica pré-retratamento mostrou que todos os dentes permanentes estavam presentes. No entanto, os quatro terceiros molares estavam impactados em posição desfavorável e sem espaço suficiente para erupção (Fig. 14). A análise cefalométrica confirmou o diagnóstico facial de Classe II esquelética ($ANB = 8^\circ$; Wits = +10 mm), com maxila devidamente posicionada no plano sagital ($SNA = 82^\circ$) e mandíbula retruída ($SNB = 74^\circ$). O aumento da dimensão vertical da face também foi confirmado ($SN.GoGn = 41^\circ$, $FMA = 32^\circ$). Os incisivos superiores apresentavam inclinação axial dentro dos limites da normalidade ($1.NA = 22^\circ$), mas estavam retroinclinados ($1-NA = 1$ mm). Por fim, os incisivos inferiores estavam protruídos ($IMPA = 101^\circ$; $1.NB = 36^\circ$) (Fig. 15 e Tab. 2).



Figura 14: Radiografia panorâmica inicial.

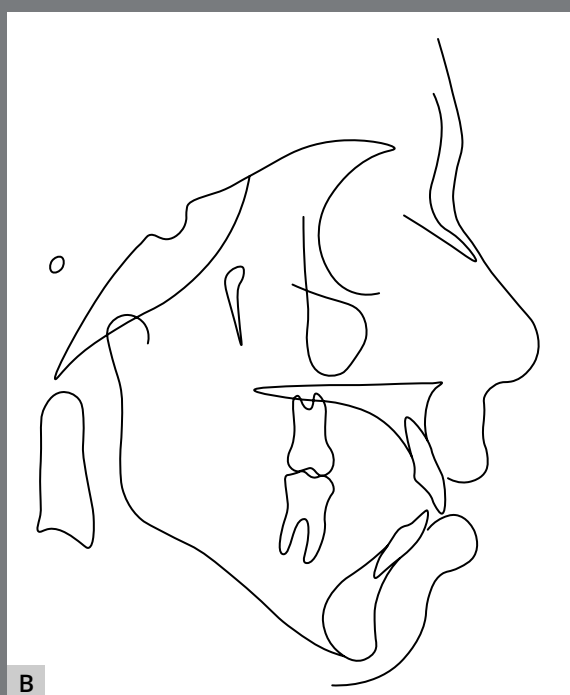


Figura 15: Radiografia cefalométrica de perfil (A) e traçado cefalométrico iniciais (B).

Tabela 2: Valores cefalométricos iniciais (A) e finais (B).

	Medidas		Normal	A	B	Dif. A-B
Padrão esquelético	SNA	(Steiner)	82°	82°	81°	1
	SNB	(Steiner)	80°	74°	77°	3
	ANB	(Steiner)	2°	8°	4°	4
	Wits	(Jacobson)	♀ 0 ± 2 mm ♂ 1 ± 2 mm	10 mm	1 mm	9
	Ângulo de convexidade	(Downs)	0°	15°	9°	6
	Ângulo facial	(Downs)	87°	81°	84°	3
	SN.GoGn	(Steiner)	32°	41°	34°	7
	FMA	(Tweed)	25°	32°	28°	4
Padrão dentário	IMPA	(Tweed)	90°	101°	99°	2
	⊥.NA (graus)	(Steiner)	22°	22°	22°	0
	⊥.NA (mm)	(Steiner)	4 mm	1 mm	4 mm	3
	⊥.NB (graus)	(Steiner)	25°	36°	30°	6
	⊥.NB (mm)	(Steiner)	4 mm	10 mm	9°	1
	$\frac{1}{1}$ - Ângulo interincisal	(Downs)	130°	110°	112°	2
Perfil	Lábio superior – Linha S	(Steiner)	0 mm	1 mm	-1 mm	2
	Lábio inferior – Linha S	(Steiner)	0 mm	4 mm	- 0,5 mm	4,5

PLANO DE TRATAMENTO E MECÂNICA UTILIZADA

A paciente foi muito assertiva durante sua consulta inicial, mostrando que entendia a necessidade e os benefícios potenciais de um retratamento ortodôntico. Porém, ficou um pouco frustrada com essa realidade e, com isso, deixou claro que queria o tratamento mais curto possível, com os melhores resultados possíveis. Os objetivos do tratamento incluíram diminuir a dimensão vertical da face, reduzir o sorriso gengival, melhorar o perfil facial e a postura dos lábios, alcançar relações de

molares e de caninos de Classe I, e sobressaliência e sobre-mordida adequadas. Consequentemente, o planejamento do retratamento incluiu aparelhos ortodônticos fixos, cirurgia ortognática para impacção maxilar, avanço mandibular, rotação anti-horária do plano oclusal e genioplastia. Além disso, a equipe multiprofissional envolvida em seu tratamento sugeriu a realização de rinoplastia na mesma intervenção cirúrgica, o que dispensaria a necessidade de um segundo procedimento cirúrgico, alguns meses depois.

O retratamento ortodôntico foi iniciado com a colagem de braquetes 0,022" x 0,028" em ambas as arcadas (braquetes MBT Radiance e tubos Master Series Standard Edgewise, American Orthodontics, Sheboygan, WI, EUA). O nivelamento e o alinhamento foram obtidos com arcos 0,018" NiTi e 0,018" de aço. Durante os estágios iniciais da fase ortodôntica pré-cirúrgica, os terceiros molares foram extraídos. Posteriormente, arcos TMA 0,018" x 0,025" foram usados para melhorar o controle de torque, e arco 0,018" x 0,025" de aço foi inserido dois meses antes da cirurgia ortognática. Depois que a equipe multidisciplinar avaliou a simulação cirúrgica com modelos de estudo pré-cirúrgicos e ficou satisfeita com o preparo ortodôntico, os ganchos cirúrgicos foram soldados ao arco de aço 0,018" x 0,025", uma semana antes da cirurgia (Fig. 16). O retratamento ortodôntico pré-cirúrgico durou nove meses.



Figura 16: Fotografias uma semana antes da cirurgia ortognática e da rinoplastia.

A cirurgia ortognática e a rinoplastia ocorreram conforme planejado. A paciente foi atendida pelo ortodontista após uma, duas e quatro semanas de pós-operatório. Durante as duas primeiras consultas, os elásticos intermaxilares foram mantidos na posição determinada pelo cirurgião bucomaxilofacial. No entanto, um mês após a cirurgia, ambos os arcos cirúrgicos foram removidos, arcos de aço 0,018" foram inseridos e elásticos intermaxilares foram usados, conforme necessário, para iniciar a correção da má oclusão residual. Quatro meses após a cirurgia, as etapas finais do retratamento ortodôntico começaram com a avaliação de uma radiografia panorâmica e

modelos de estudo de finalização¹⁵. Mais uma vez, os critérios de avaliação objetiva do BBO foram utilizados para auxiliar na obtenção da finalização ideal, e o reposicionamento dos braquetes foi realizado conforme a necessidade. A Ortodontia pós-cirúrgica durou nove meses e os aparelhos fixos foram removidos após um tempo total de retratamento de 18 meses. O protocolo de contenção consistiu em uma contenção Essix de 0,035" na arcada superior e um fio de 0,018" de aço colado em todos os seis dentes anteriores inferiores. A paciente foi orientada a usar a contenção Essix em tempo integral durante os primeiros seis meses após a remoção dos aparelhos e, após esse período, mantida apenas em uso noturno.

RESULTADOS DO TRATAMENTO

Os objetivos do tratamento foram alcançados. A avaliação facial pós-retratamento mostrou uma melhora significativa na harmonia facial geral. As discrepâncias verticais foram corrigidas, o selamento labial passivo estava presente, a estética do sorriso melhorou significativamente, conforme visto pela quantidade de exposição gengival dentro dos limites normais. A análise do perfil revelou melhora notável do perfil facial de Classe I, melhor postura dos lábios, terços faciais equilibrados e nariz harmonioso. A análise intrabucal pós-remoção dos aparelhos mostrou relações de molares e de caninos de Classe I, arcadas dentárias bem coordenadas, sobremordida e sobresaliência adequadas (Fig. 17).



Figura 17: Fotografias faciais e intrabucais finais.

A avaliação radiográfica panorâmica revelou paralelismo radicular adequado, manutenção dos níveis ósseos alveolares normais, sem sinais de reabsorção radicular ou quaisquer sequelas dos procedimentos cirúrgicos (Fig. 18). A avaliação cefalométrica confirmou a melhora tanto nos planos sagitais (ANB de 8° para 4°; Wits de 10 mm para 1 mm) quanto nos planos verticais (SN.GoGn de 41° para 34°; FMA de 32° para 28°).

A posição espacial e a inclinação axial dos incisivos superiores foram mantidas, e a inclinação labial dos incisivos inferiores foi reduzida (IMPA de 101° para 99°) (Fig. 19, Tab. 2). A sobreposição dos traçados cefalométricos mostrou os resultados obtidos após cirurgia ortognática, com melhora da posição da



Figura 18: Radiografia panorâmica final.

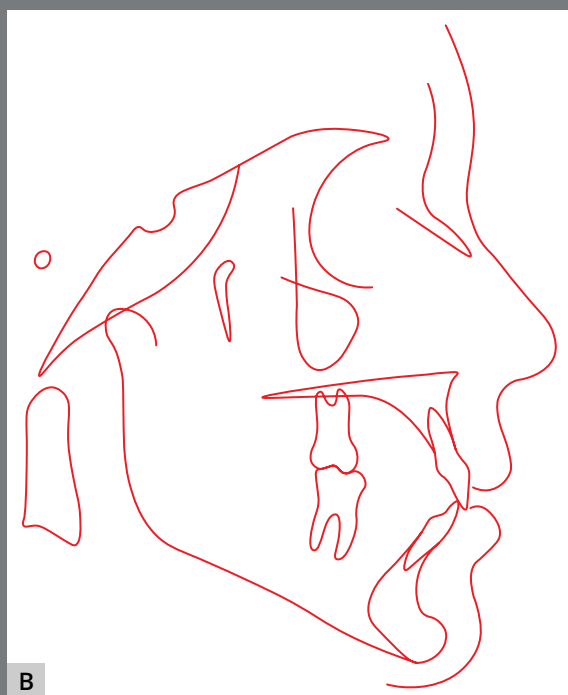


Figura 19: Radiografia cefalométrica de perfil (A) e traçado cefalométrico finais (B).

maxila após a impacção, e consequente rotação anti-horária da mandíbula após o avanço e a mentoplastia, o que melhorou significativamente o padrão facial da paciente. A sobreposição parcial dos traçados maxilares revelou melhora da posição da maxila e consequente posição dos incisivos, além da intrusão e movimentação mesial dos molares. Para a mandíbula, a sobreposição parcial evidenciou a extrusão e movimentação mesial dos molares, e os incisivos permaneceram em posição em relação à base óssea (Fig. 20). Quatro anos após o retratamento ortodôntico, os resultados permaneceram estáveis e a paciente continuou a relatar altos níveis de satisfação com os resultados do tratamento multidisciplinar (Fig. 21).

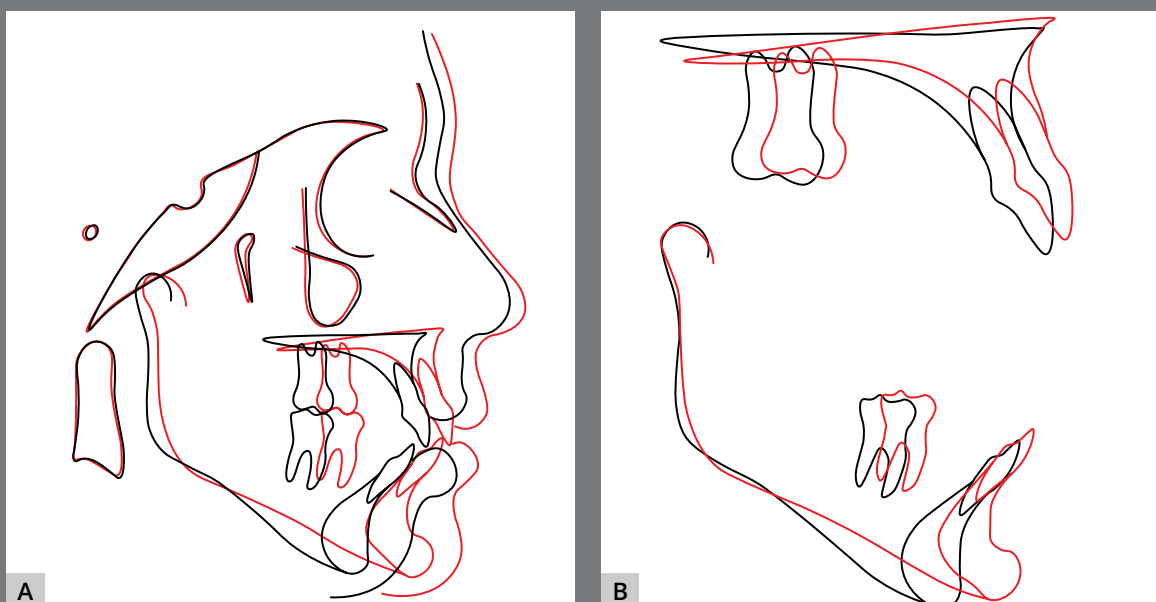


Figura 20: Sobreposições total (A) e parciais (B) dos traçados cefalométricos iniciais (preto) e finais (vermelho).



Figura 21: Fotografias de acompanhamento, quatro anos após o tratamento.

DISCUSSÃO

Quando falamos em saúde, entendemos que é um estado de ampla subjetividade; então, quando esse conceito se estende para a saúde bucal, não é diferente^{16,17}. Locker¹⁸ determinou a saúde bucal como uma condição que contribui para o bem-estar físico, psicológico e social. Portanto, os indivíduos seriam capazes de comer, se comunicar, se relacionar com seus pares

e, conseqüentemente, exercer seus papéis na sociedade sem se sentirem incomodados ou constrangidos¹⁸.

A qualidade de vida relacionada à saúde bucal (OHRQoL) foi analisada como a avaliação do impacto das condições bucais na qualidade de vida e bem-estar dos indivíduos¹⁹. OHRQoL é um conceito multidimensional, que permite aos pesquisadores e profissionais compreenderem os efeitos dos resultados orais nas dimensões da vida das pessoas, tais como sintomas, funcionamento, bem-estar emocional e social²⁰. Tem sido relatado, nos últimos anos, um aumento da demanda por tratamento ortodôntico com aparelhos fixos na população em geral^{3,19,21}. Esse interesse tem sido justificado, em particular, pelo crescente acesso da população aos serviços odontológicos. Além disso, um número crescente de indivíduos tem feito a associação entre saúde bucal precária e problemas psicossociais, o que caracteriza a compreensão dessa população sobre seus problemas bucais^{2,4}.

No entanto, um dos grandes debates no tratamento ortodôntico de indivíduos adultos diz respeito aos desafios associados à estabilidade pós-tratamento em longo prazo. Um grande conjunto de evidências tem demonstrado que a recidiva pode acontecer mesmo quando o ortodontista consegue obter uma boa oclusão^{5,11,22}. O quadro se agrava se ocorrem iatrogenias e o ortodontista fica desatento às guias de desoclusão, bem como ao alinhamento e intercuspidação adequados durante a finalização ortodôntica^{5,23}.

A literatura parece reconhecer que indivíduos que buscam retratamento ortodôntico apresentam-se decepcionados e desmotivados durante as consultas com o ortodontista^{12,13,24}. No entanto, o bem-estar desses indivíduos e o impacto do retratamento ortodôntico na OHRQoL não foram totalmente discutidos na literatura¹². Os dois casos relatados no presente artigo representam bons exemplos de como retratamentos ortodônticos que alcançam objetivos bem planejados podem melhorar significativamente a autoestima dos pacientes. Podemos perceber o efeito positivo da terapia ortodôntica nos aspectos funcionais e estéticos de ambos os pacientes e isso, de fato, resulta em um impacto positivo na qualidade de vida após uma segunda intervenção ortodôntica — isso porque sabe-se que os problemas de saúde bucal estão diretamente relacionados à autopercepção negativa da aparência, levando à deterioração do comportamento emocional e social^{25,26}.

Apesar da percepção e queixa autorreferida desses indivíduos em relação aos seus problemas odontológicos, a disposição em se submeter novamente ao tratamento ortodôntico pode gerar insegurança e incertezas. Os níveis de ansiedade dos indivíduos que estão para iniciar a intervenção ortodôntica são elevados e, provavelmente, influenciam negativamente na qualidade de vida relacionada à saúde^{27,28}. Por outro lado, o incentivo e o reforço positivo que vêm do ortodontista podem ser úteis para que o indivíduo supere sua percepção negativa e, por fim, opte pelo retratamento ortodôntico^{23,29}.

CONCLUSÃO

A crescente busca da população pelo tratamento ortodôntico é de grande importância e interesse para os ortodontistas. Porém, devemos estar atentos aos interesses do paciente e, principalmente, à nossa capacidade de realizar trabalhos que tragam resultados positivos às suas demandas. Ouvir o paciente e saber o melhor momento para intervir é, certamente, o melhor caminho para o sucesso do tratamento ortodôntico, evitando, assim, a necessidade de intervenções futuras.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio à Dra. Laíze Rosa Pires Freitas durante seus estudos de doutorado na PUC Minas (CAPES, Código - 001).

Os autores também desejam expressar sua gratidão e reconhecimento ao cirurgião bucomaxilofacial Dr. Antônio Albuquerque de Brito e ao otorrinolaringologista Dr. Paulo Henrique Rodrigues, que participaram do planejamento e tratamento multidisciplinar do segundo paciente apresentado nesse artigo.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Laíze Rosa Pires Freitas (LRPF)

Dauro Douglas Oliveira (DDO)

Concepção/design do estudo:

LRPF, DDO.

*Aquisição, análise ou interpretação
dos dados:*

LRPF, DDO.

Escrita do artigo:

LRPF, DDO.

Revisão crítica do artigo:

LRPF, DDO.

Aprovação final do artigo:

LRPF, DDO.

Obtenção de fundos:

LRPF, DDO.

Responsabilidade geral:

DDO.

Os autores declaram não ter interesses associativos, comerciais, de propriedade ou financeiros, que representem conflito de interesse, nos produtos e companhias descritos nesse artigo.

O(s) paciente(s) que aparece(m) no presente artigo autorizou(aram) previamente a publicação de suas fotografias faciais e intrabucais, e/ou radiografias.

REFERÊNCIAS

1. Sischo L, Broder HL. Oral health-related quality of life: what, why, how, and future implications. *J Dent Res*. 2011 Nov;90(11):1264-70.
2. Tang X, Cai J, Lin B, Yao L, Lin F. Motivation of adult female patients seeking orthodontic treatment: an application of Q-methodology. *Patient Prefer Adherence*. 2015 Feb 9;9:249-56.
3. Isiekwe GI, Sofola OO, Onigbogi OO, Utomi IL, Sanu OO, da Costa OO. Dental esthetics and oral health-related quality of life in young adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2016 Oct;150(4):627-36.
4. Nascimento VC, Conti ACCF, Cardoso MA, Valarelli DP, Almeida-Pedrin RR. Impact of orthodontic treatment on self-esteem and quality of life of adult patients requiring oral rehabilitation. *Angle Orthod*. 2016 Sep;86(5):839-45.
5. Neely ML, Miller R, Rich SE, Will LA, Wright WG, Jones JA. Effect of malocclusion on adults seeking orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2017 Dec;152(6):778-87.
6. Silva I, Cardemil C, Kashani H, Bazargani F, Tarnow P, Rasmusson L, et al. Quality of life in patients undergoing orthognathic surgery - a two-centered Swedish study. *J Craniomaxillofac Surg*. 2016 Aug;44(8):973-8.
7. Giddon DB. Orthodontic applications of psychological and perceptual studies of facial esthetics. *Semin Orthod*. 1995 Jun;1(2):82-93.

8. Varela M, García-Camba JE. Impact of orthodontics on the psychologic profile of adult patients: a prospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1995 Aug;108(2):142-8.
9. Kang JM, Kang KH. Effect of malocclusion or orthodontic treatment on oral health-related quality of life in adults. *Korean J Orthod*. 2014 Nov;44(6):304-11.
10. Santos PR, Meneghim MC, Ambrosano GM, Vedovello Filho M, Vedovello SA. Influence of quality of life, self-perception, and self-esteem on orthodontic treatment need. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2017 Jan;151(1):143-7.
11. Nanda RS, Nanda SK. Considerations of dentofacial growth in long-term retention and stability: is active retention needed? *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1992 Apr;101(4):297-302.
12. Palomares NB, Celeste RK, Miguel JA. Impact of orthosurgical treatment phases on oral health-related quality of life. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2016 Feb;149(2):171-81.
13. Chow L, Goonewardene MS, Cook R, Firth MJ. Adult orthodontic retreatment: a survey of patient profiles and original treatment failings. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2020 Sep;158(3):371-82.
14. Ren Y, Boxum C, Sandham A. Patients' perceptions, treatment need, and complexity of orthodontic re-treatment. *Eur J Orthod*. 2009 Apr;31(2):189-95.

15. Oliveira DD, Oliveira JHG, Drummond MEL, Seraidarian PI, Monnerat ME. Critérios objetivos de avaliação clínica para finalização ideal de casos tratados ortodonticamente. *Rev Clin Ortod Dental Press*. 2007 Nov;6(5):57-66.
16. Cohen LK, Jago JD. Toward the formulation of sociodental indicators. *Int J Health Serv*. 1976;6(4):681-98.
17. Thomson WM, Broder HL. Oral-Health-Related quality of life in children and adolescents. *Pediatr Clin North Am*. 2018 Oct;65(5):1073-84.
18. Locker D. Does dental care improve the oral health of older adults? *Community Dent Health*. 2001 Mar;18(1):7-15.
19. Cunningham SJ, O'Brien C. Quality of Life and Orthodontics. *Semin Orthod*. 2007 Jun;13(2):96-103.
20. Hassan AH, Amin Hel-S. Association of orthodontic treatment needs and oral health-related quality of life in young adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010 Jan;137(1):42-7.
21. Gkantidis N, Christou P, Topouzelis N. The orthodontic-periodontic interrelationship in integrated treatment challenges: a systematic review. *J Oral Rehabil*. 2010 May 1;37(5):377-90.
22. Kokich VO Jr, Kiyak HA, Shapiro PA. Comparing the perception of dentists and lay people to altered dental esthetics. *J Esthet Dent*. 1999;11(6):311-24.
23. Farret MM. Orthodontic retreatment using anchorage with miniplate to camouflage a Class III skeletal pattern. *Dental Press J Orthod*. 2016 Jun;21(3):104-15.

24. Espeland LV, Stenvik A. Perception of personal dental appearance in young adults: relationship between occlusion, awareness, and satisfaction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1991 Sep;100(3):234-41.
25. Klages U, Bruckner A, Guld Y, Zentner A. Dental esthetics, orthodontic treatment, and oral-health attitudes in young adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2005 Oct;128(4):442-9.
26. Sardenberg F, Oliveira AC, Paiva SM, Auad SM, Vale MP. Validity and reliability of the Brazilian version of the psychosocial impact of dental aesthetics questionnaire. *Eur J Orthod*. 2011 Jun;33(3):270-5.
27. Palomares NB, Celeste RK, Oliveira BH, Miguel JA. How does orthodontic treatment affect young adults' oral health-related quality of life? *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2012 Jun;141(6):751-8.
28. Sari Z, Uysal T, Karaman AI, Sargin N, Ure O. Does orthodontic treatment affect patients' and parents' anxiety levels? *Eur J Orthod*. 2005 Apr;27(2):155-9.
29. Lin F, Ren M, Yao L, He Y, Guo J, Ye Q. Psychosocial impact of dental esthetics regulates motivation to seek orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2016 Sep;150(3):476-82.

Expansor Arnold modificado: uma alternativa para expansão da arcada inferior

Ildeu **ANDRADE JR.**¹ ✉

 <https://orcid.org/0000-0002-2921-2627>

Marco Aurélio Benini **PASCHOAL**²

 <https://orcid.org/0000-0002-3396-4688>

Natália Couto **FIGUEIREDO**³

 <https://orcid.org/0000-0001-6591-4872>

Enviado em: 03 de agosto de 2021 • Revisado e aceito: 23 de agosto de 2021

✉ andradei@musc.edu

Como citar: Andrade Jr. I, Paschoal MAB, Figueiredo NC. Modified Arnold expander: an alternative for mandibular arch expansion. Dental Press J Orthod. 2021;26(5):e21spe5.

(1) University of South Carolina, Departamento de Ortodontia, Medical (Charleston/SC, EUA). (2) Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Saúde Bucal da Criança e do Adolescente (Belo Horizonte/MG, Brasil). (3) Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Departamento de Ortodontia, (Belo Horizonte/MG, Brasil).

RESUMO

Introdução: Devido aos limites anatômicos da mandíbula, a arcada dentária inferior geralmente serve como guia para determinar as alterações necessárias na dimensão transversal da maxila. O aparelho de Schwarz e o Lip Bumper são os aparelhos usados tradicionalmente para expansão da arcada inferior em pacientes com quantidades limítrofes de apinhamento e/ou discrepância transversal. No entanto, eles requerem a cooperação do paciente, o que pode ser uma preocupação para os ortodontistas na prática diária. **Objetivos:** O presente artigo ilustra uma alternativa diferente de aparelho fixo para se obter a expansão da arcada inferior em pacientes com discrepância moderada de tamanho dentário e/ou comprimento da arcada. Os quatro casos relatados referem-se a pacientes com 8 a 10 anos de idade, na dentição mista, com má oclusão de Classe I ou II de Angle, deficiência transversal em ambas as arcadas, apinhamento moderado e/ou mordida cruzada posterior, apresentando comprometimento da estética do sorriso. Os pacientes foram tratados com expansão rápida da maxila (ERM), usando aparelho expansor de Hass, e expansor Arnold modificado (EAM). **Conclusão:** O EAM, que é um aparelho de baixo custo e não depende da colaboração do paciente, promoveu uma descompensação dentoalveolar por meio da verticalização dos dentes posteriores, necessitando de mínimo ou nenhum ajuste durante o tratamento. Os resultados pretendidos foram alcançados em três a quatro meses e cumpriram todos os objetivos do tratamento, como aumento do perímetro e largura da arcada, assim como o melhor alinhamento dos dentes.

Palavras-chave: Má oclusão. Ortodontia interceptora. Técnica de expansão palatina. Relatos de casos.

INTRODUÇÃO

A dimensão transversal e a forma de ambas as arcadas dentárias variam amplamente entre as pessoas, de acordo com o alinhamento dentário, formato e tamanho dos dentes, musculatura, tamanho e forma da maxila e mandíbula, padrões faciais e cranianos, e a oclusão do indivíduo¹. A discrepância transversal entre as arcadas superior e inferior é uma das más oclusões mais comumente vistas nos estágios da dentição decídua e mista². A prevalência de mordida cruzada posterior é de 14% na dentição decídua e 8% na dentição mista³. Esses pacientes podem apresentar constrição maxilomandibular posterior, apinhamento, corredores bucais amplos e contorno anterior deficiente da arcada⁴. Entretanto, embora a deficiência transversal seja frequentemente associada à mordida cruzada posterior, essa não é uma condição obrigatória, visto que a maxila e a mandíbula podem sofrer compensações dento-esqueléticas para manter as relações funcionais^{5,6}. Em outras palavras, pacientes sem mordida cruzada posterior podem apresentar discrepâncias transversais significativas, que implicarão na necessidade de tratamento.

EFEITOS DA EXPANSÃO RÁPIDA DA MAXILA (ERM)

As más oclusões transversais não se autocorrigem sem tratamento, e a expansão de uma ou de ambas as arcadas é amplamente recomendada, principalmente durante o período de dentição mista^{7,8}. O objetivo ideal da ERM é atingir o máximo

efeito ortopédico, com o mínimo efeito dentário⁹. Diferentes estudos relataram que a ERM afeta as suturas circum-maxilares, especificamente a palatina mediana; comprime o ligamento periodontal; flexiona os processos alveolares e induz uma inclinação vestibular dos dentes de ancoragem, entre outros efeitos esqueléticos e dentários¹⁰⁻¹². A expansão transversal resultará em variadas alterações dimensionais intra-arcada, além de potencialmente alterar as relações oclusais nos três planos do espaço. Foi demonstrado que a ERM pode aumentar o perímetro da arcada superior em 0,7 mm para cada milímetro de expansão posterior^{7,12}. No entanto, deve-se observar que a quantidade de expansão produzida por um determinado protocolo de ERM é variável e se baseia nos objetivos do ortodontista. Como exemplo, Haas recomenda abrir o expansor em toda a extensão do parafuso (10,0 a 10,5 mm), o que maximiza o aumento na largura da arcada^{7,9,10}. Outro estudo¹³ demonstrou que os pacientes que foram tratados com ERM durante a fase de dentição mista seguida por aparelhos fixos apresentaram um aumento no perímetro das arcadas superior e inferior de 2,7 mm e 2,0 mm, respectivamente, em relação aos pacientes não tratados (devido à expansão espontânea intermolares inferiores).

EXPANSÃO MANDIBULAR E BORDA WALA

A fim de corrigir as deficiências transversais e maximizar a ERM, a expansão mandibular pode ser uma ferramenta importante, particularmente em casos de discrepância leve a moderada entre o tamanho dos dentes e o tamanho da arcada⁷. No entanto, o ganho de espaço na arcada inferior tem sido considerado um fator limitante, por razões anatômicas e pela crença de que sua expansão não é estável. Housley et al.¹⁴ demonstraram que um aumento na largura da arcada inferior de 1,52 mm nos caninos permanentes, 2,11 mm nos primeiros pré-molares, 2,12 mm nos segundos pré-molares e 0,92 mm nos primeiros molares permanentes, realizado com um aparelho de arco lingual expansível, recidivou em 0,8 mm, 0,72 mm, 0,67 mm e 0,15 mm, respectivamente, após um período pós-contenção médio de 6 anos e 3 meses (± 2 anos e 5 meses). No entanto, a idade média pré-tratamento nesse estudo foi de 12 anos e 5 meses, e a maioria dos pacientes apresentava-se na dentição permanente. Apesar da recidiva observada, principalmente na região anterior da arcada, pode-se especular que a expansão transversa realizada na dentição decídua ou na dentição mista inicial pode apresentar um comportamento diferente. O alargamento precoce das arcadas dentárias pode influenciar positivamente no subsequente crescimento e desenvolvimento dos ossos maxilares, além de uma adaptação favorável da musculatura, que pode alterar os trajetos eruptivos dos dentes permanentes, no sentido vestibular¹⁵.

Além disso, foi previamente relatado que a forma da arcada inferior apresenta correlação com a forma do osso basal subjacente, o que pode ser potencialmente usado como uma referência diagnóstica confiável para se determinar a melhor posição dos dentes inferiores, proporcionando um resultado de tratamento ortodôntico mais estável^{1,16}. Com esse propósito, Andrews e Andrews¹⁷ propuseram a borda WALA como uma referência anatômica do processo alveolar mandibular, delimitada pela faixa de tecido mole imediatamente superior à junção mucogengival¹⁸, e que está localizada próxima ao nível vertical do centro de rotação de cada dente¹⁹. A borda WALA é fácil de identificar e pode ser clinicamente útil para individualizar a forma da arcada dentária²⁰ (Fig. 1).

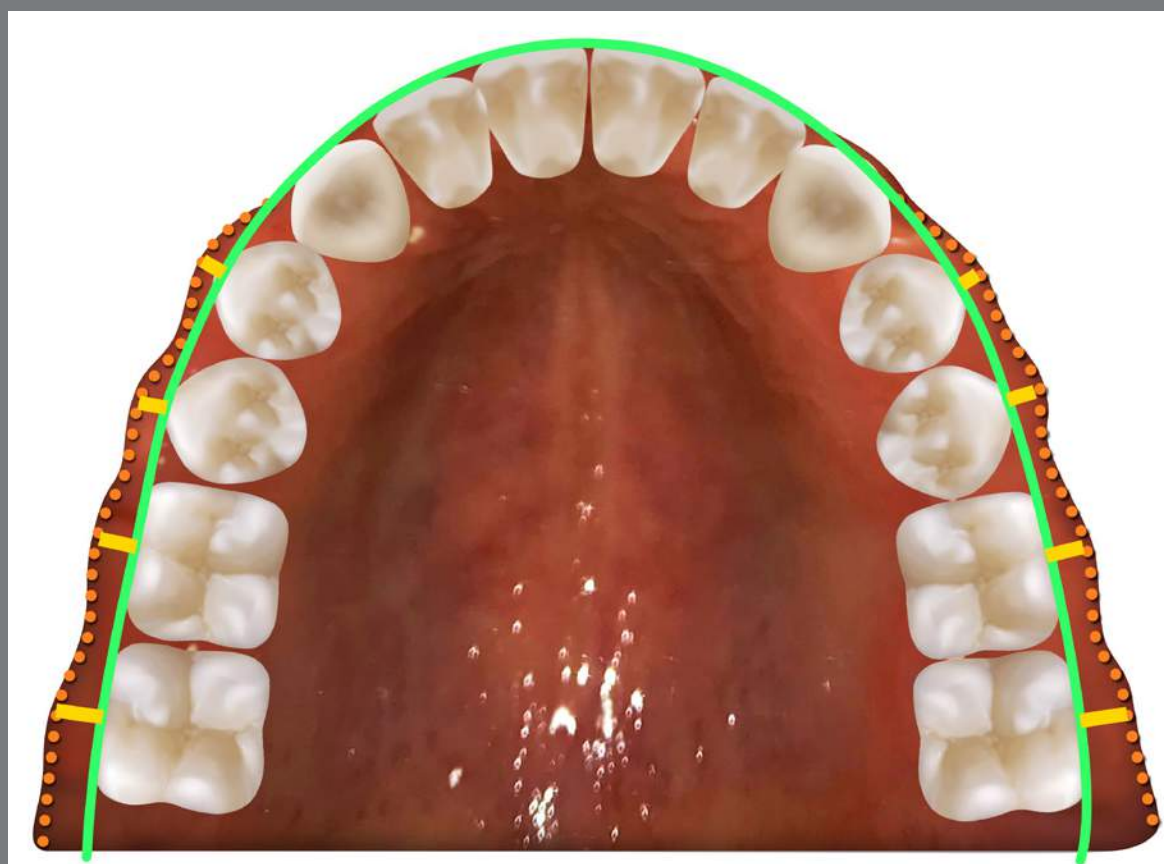


Figura 1: Representação da forma da arcada dentária individualizada (linha verde) de acordo com a borda WALA (linha laranja pontilhada). As linhas amarelas representam as distâncias médias entre o eixo vestibular e a borda WALA, as quais aumentam gradativamente nas regiões posteriores.

Os protocolos de tratamento típicos para pacientes que precisam de expansão mandibular são o aparelho removível de Schwarz²¹ e o Lip Bumper²² — o protocolo pode começar com expansão maxilar ou descompensação mandibular. O aparelho de Schwarz, que geralmente é ativado uma vez por semana por aproximadamente cinco a seis meses, provê uma descompensação dentoalveolar da arcada inferior, estabelecendo uma largura de arcada referencial, para a qual a arcada superior poderá ser expandida²³. Posteriormente, o aparelho de Schwarz deve ser usado em tempo integral como contenção passiva, até que o expansor maxilar seja removido. O principal objetivo do Lip Bumper é reduzir o apinhamento da arcada dentária²⁴ por meio de um aumento na largura e comprimento da arcada^{25,26}, que é alcançado pela alteração do equilíbrio entre lábios, bochechas e língua^{27,28}. No entanto, ambos os aparelhos são removíveis e a taxa de expansão é lenta, devido a problemas com retenção e cooperação do paciente, o que pode ser uma importante desvantagem clínica^{29,30}.

EXPANSOR MANDIBULAR ARNOLD MODIFICADO (EAM)

Um dispositivo interessante para superar essas dificuldades é o expansor de Arnold, que se tornou popular na década de 1970, por Berkowitz³¹, como uma forma de produzir expansão lenta da arcada superior ou da inferior, especialmente em pacientes com fissura palatina. Figurava como uma alternativa menos dependente da cooperação, e destinada à correção

de discrepâncias entre tamanho dentário e comprimento da arcada³². No entanto, sua expansão assimétrica, dificuldades de limpeza da mola aberta exposta e lesões comuns na língua desestimularam o uso desse aparelho.

Dentro desse contexto, serão aqui apresentados quatro casos clínicos em que um expansor Arnold modificado (EAM) superou esses problemas e promoveu o aumento da dimensão transversal da arcada inferior de maneira rápida, eficaz e econômica. Esse dispositivo apresenta uma estrutura lingual dividida, com um tubo de aço inoxidável de 0,040", soldado na superfície lingual da banda do primeiro molar permanente, e um fio de aço inoxidável de 0,038" soldado à banda do molar contralateral. Em ambos os lados, a estrutura segue por lingual em direção aos molares e caninos decíduos, onde é dobrada em um ângulo de 90° no ponto médio do canino ou entre o canino e o primeiro molar decíduo. As duas partes se encaixam, com o fio deslizando pelo tubo na linha média, como um sistema telescópico (Fig. 2). Uma mola aberta de NiTi (0,010" x 0,030", G&H Orthodontics, Franklin, IN, EUA) é interposta entre as duas partes, dentro do tubo (Fig. 2B). Ao ser instalado, o dispositivo comprime a mola, tornando-a ativa para expansão.

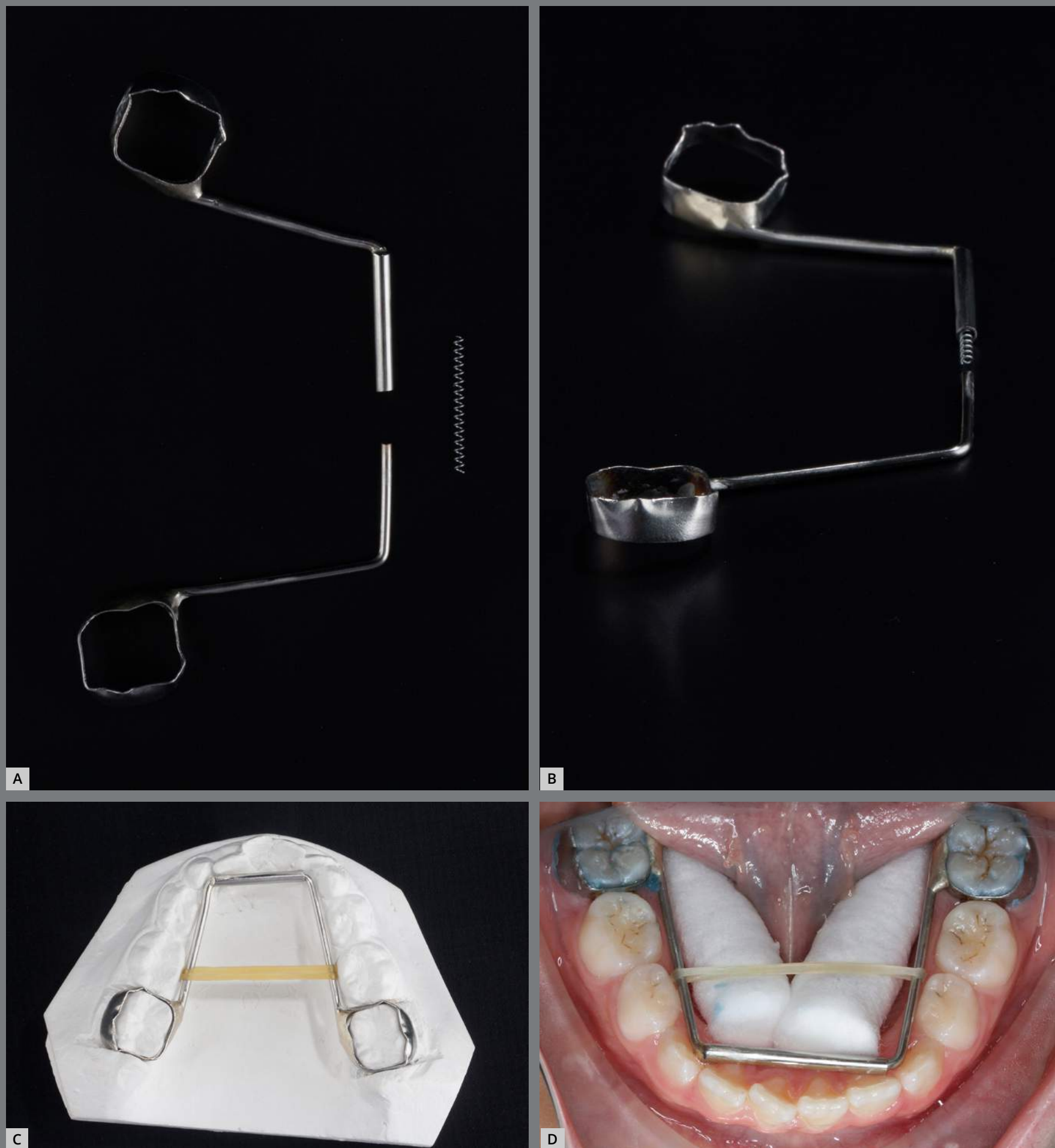


Figura 2: Expansor Arnold modificado: **A)** partes componentes do aparelho; **B)** mola aberta de NiTi dentro do tubo, antes de se conectar os segmentos do aparelho; **C, D)** dispositivo montado, com elástico segurando os dois segmentos juntos.

RELATOS DE CASOS

CASO 1

Paciente do sexo feminino, com oito anos de idade, relatando queixa principal de apinhamento dentário, sem histórico de traumatismo dentário ou hábitos bucais deletérios, apresentou-se para avaliação ortodôntica. A análise facial pré-tratamento mostrou uma face simétrica, proporção vertical adequada, lábios competentes e perfil levemente convexo (Fig. 3A, 3B). A estética do sorriso estava comprometida, devido à maior exposição dos dentes inferiores e corredores bucais assimétricos. O exame intrabucal mostrou uma relação molar de Classe I em ambos os lados. A paciente encontrava-se no início da dentição mista, apresentando um prognóstico ruim para a erupção dos incisivos laterais superiores e inferiores. Ambas as arcadas eram constrictas, com abóbada palatina profunda e discrepância de espaço negativa moderada (Fig. 3C a 3F).

Os objetivos para a primeira fase do tratamento ortodôntico foram: 1) aumentar a dimensão transversal de ambas as arcadas; 2) dissolver o apinhamento e obter espaço para o alinhamento dos dentes permanentes; 3) melhorar a estética do sorriso; e 4) manter o equilíbrio facial. O plano de tratamento incluiu ERM com um expansor de Haas, combinada com expansão mandibular com um EAM.

Após quatro meses de tratamento, houve um aumento perceptível na distância intercomissuras labiais e uma melhora significativa na estética do sorriso, devido ao aumento da exposição dos incisivos superiores e corredores bucais harmoniosos (Fig. 3G a 3H). Obteve-se uma melhor forma da arcada, junto ao aumento do seu perímetro (Fig. 3I a 3L). O expansor de Haas foi colocado nos segundos molares decíduos e ativado com $\frac{1}{4}$ de volta uma vez ao dia, durante 20 dias, até se obter 4 mm e 5 mm, respectivamente, de expansão transversal na largura intermolares e intercaninos. O EAM foi instalado nos primeiros molares permanentes inferiores (Fig. 3J). Para facilitar sua inserção, um elástico ortodôntico de $\frac{1}{4}$ " deve unir as duas partes do aparelho durante a instalação (Fig. 2C, 2D). Para evitar o deslocamento da porção anterior durante o tratamento e promover estabilidade dos segmentos, ambos os lados podem ser colados, com resina composta fluida, nos caninos decíduos ou primeiros molares decíduos.

Na vista oclusal, o ganho na largura intercaninos e intermolares (5 mm entre os primeiros molares permanentes inferiores e 7 mm entre os primeiros molares decíduos inferiores) foi notável em ambas as arcadas, com uma considerável verticalização dos molares inferiores no plano transversal (Fig. 3D, 3F, 3J, 3L). Na comparação dos parâmetros faciais, os objetivos do tratamento foram alcançados, com excelentes resultados estéticos e funcionais.

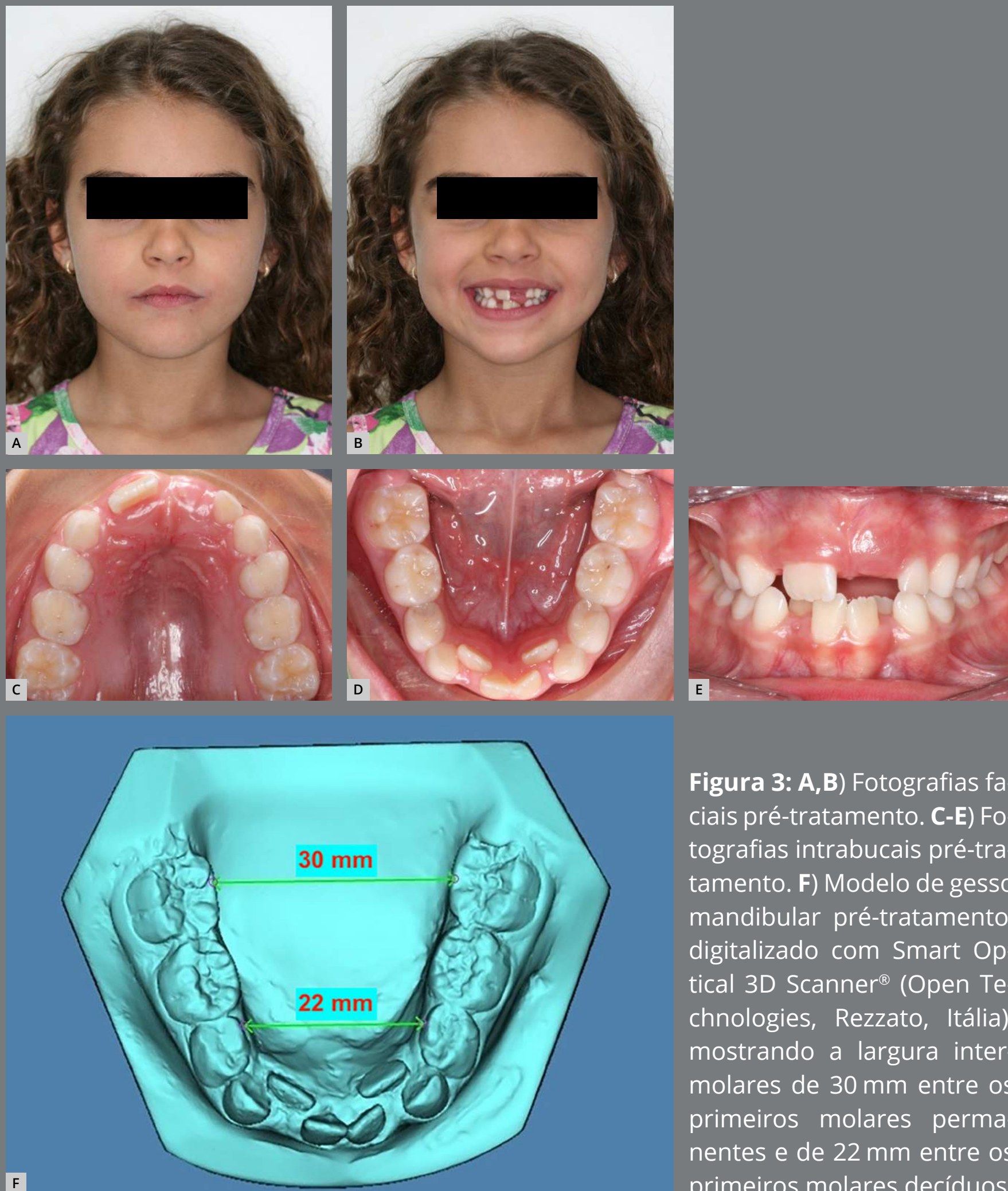


Figura 3: A,B) Fotografias faciais pré-tratamento. C-E) Fotografias intrabucais pré-tratamento. F) Modelo de gesso mandibular pré-tratamento, digitalizado com Smart Optical 3D Scanner® (Open Technologies, Rezzato, Itália), mostrando a largura intermolares de 30 mm entre os primeiros molares permanentes e de 22 mm entre os primeiros molares decíduos.

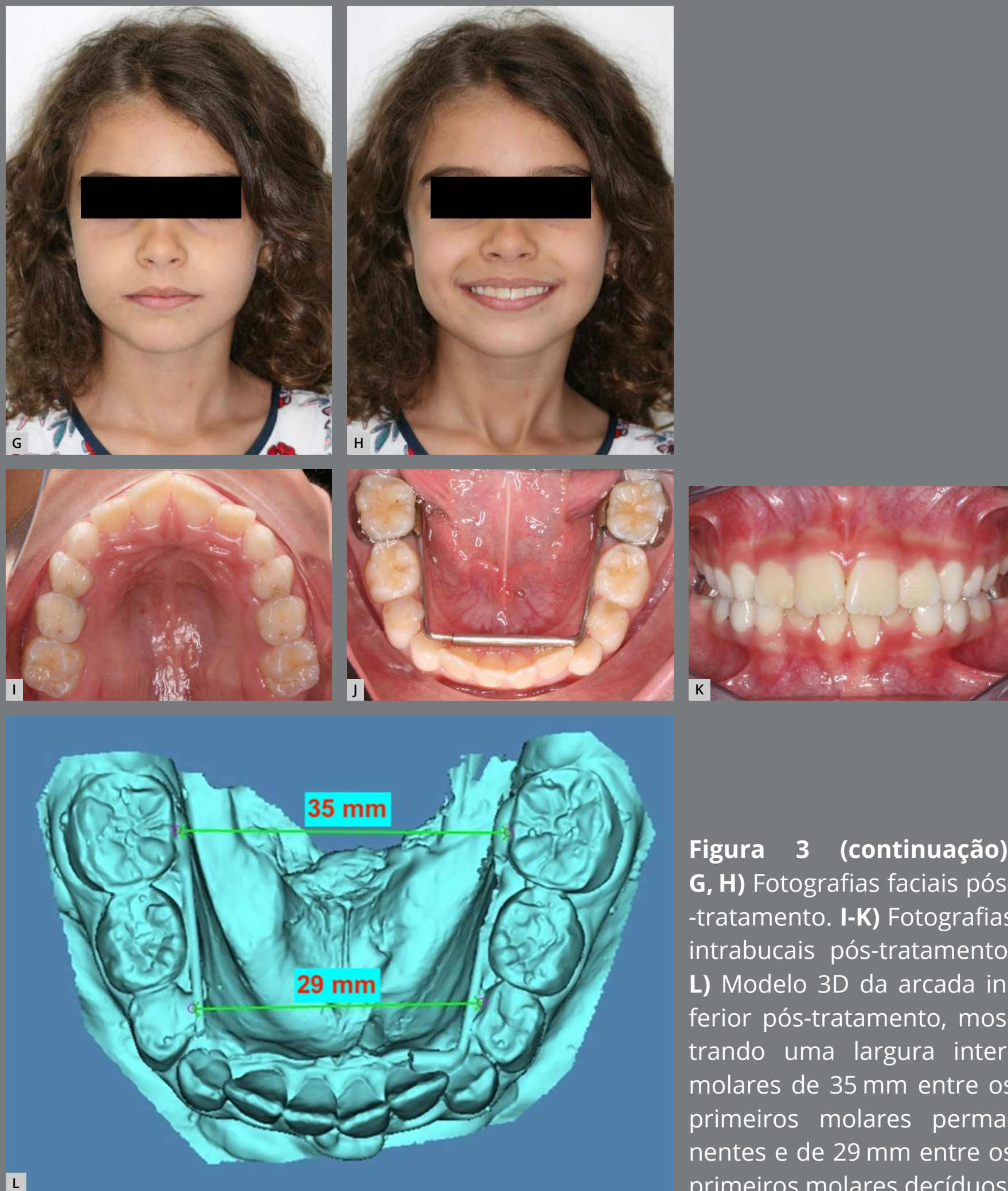


Figura 3 (continuação): G, H) Fotografias faciais pós-tratamento. I-K) Fotografias intrabuciais pós-tratamento. L) Modelo 3D da arcada inferior pós-tratamento, mostrando uma largura intermolares de 35 mm entre os primeiros molares permanentes e de 29 mm entre os primeiros molares decíduos.

CASO 2

Paciente do sexo masculino, com oito anos de idade, apresentando queixa principal de dificuldade mastigatória, encaminhado para tratamento ortodôntico. Apresentava bom estado geral de saúde, sem doenças sistêmicas ou congênitas. A análise facial pré-tratamento revelou um perfil levemente convexo, leve assimetria facial, com desvio mandibular de 3 mm para a direita e competência labial. Apresentava-se no início da fase da dentição mista, com má oclusão de Classe I de Angle, mordida cruzada posterior unilateral e deficiência transversa em ambas as arcadas (Fig. 4A a 4D).

Dessa forma, os objetivos do tratamento foram expandir as arcadas superior e inferior, para ganhar espaço, corrigir a mordida cruzada posterior e obter sobressaliência, sobremordida e inclinações de incisivos normais. A ERM foi realizada com expansor de Haas. Os pais foram orientados a ativar o parafuso $\frac{1}{4}$ de volta por dia durante 28 dias, quando verificou-se uma excelente resposta ortopédica (aumento de 5 mm na largura intermolares e 6 mm na largura intercaninos), resultando na correção da mordida cruzada (Fig. 4E, 4F). Posteriormente, inseriu-se o EAM, que foi mantido por quatro meses. Ao fim desse período, um aumento significativo no perímetro das arcadas (2 mm em ambos os lados das duas arcadas) pode ser observado nas fotografias pós-tratamento (Fig. 4G a 4H), assim como uma melhora significativa na estética do sorriso, devido ao aumento da exposição dos incisivos superiores e corredores bucais mais harmoniosos (Fig. 4I a 4J).

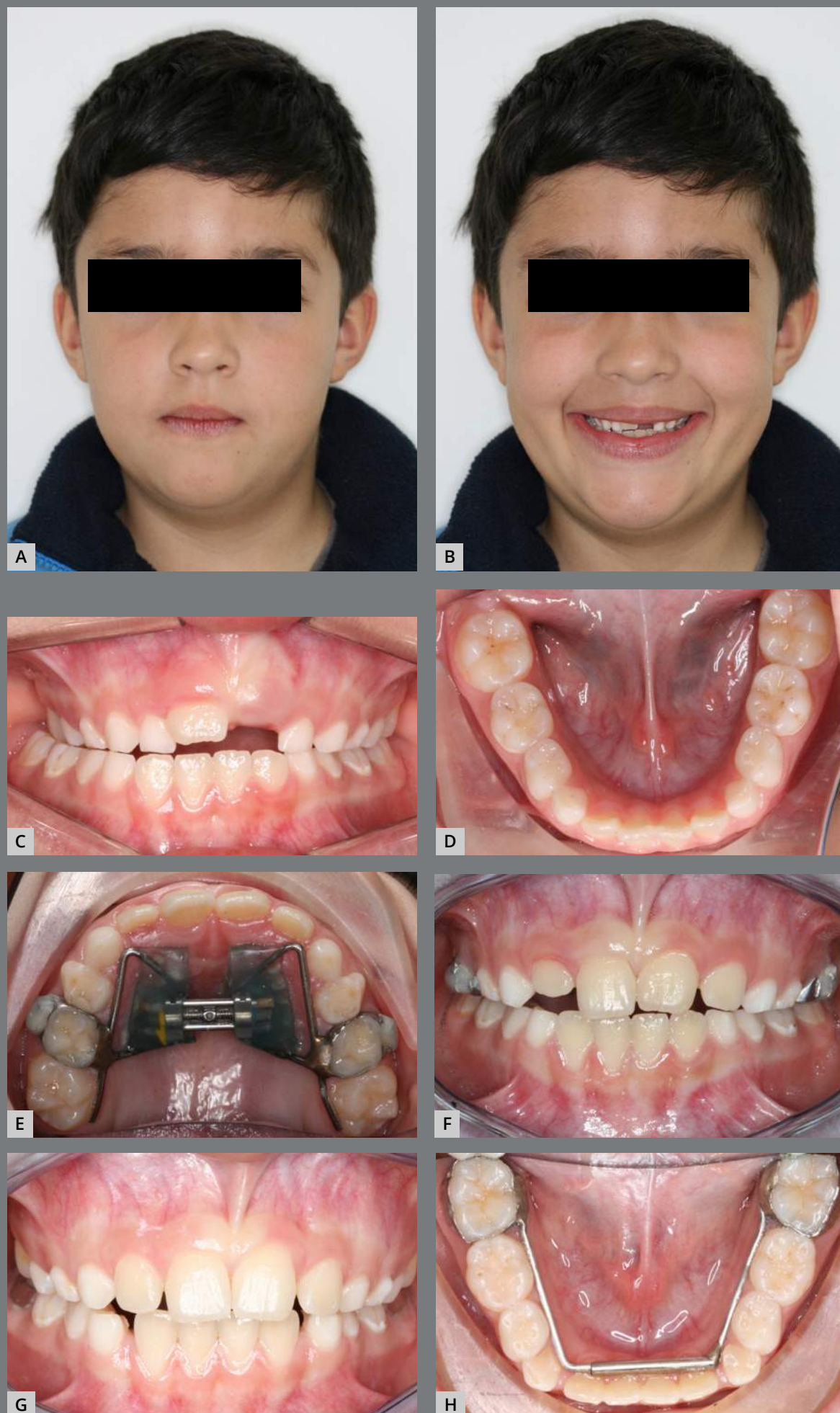


Figura 4: A, B) Fotografias faciais pré-tratamento. C, D) Fotografias intrabucais pré-tratamento. E, F) Fotografias intrabucais intermediárias, mostrando a correção da mordida cruzada posterior com o expansor de Haas. G, H) Fotografias intrabucais pós-tratamento. Um espaço de 2 mm foi conquistado em ambos os lados da arcada inferior, devido ao uso do EAM.

Após a conclusão da primeira fase do tratamento ortodôntico, uma relação molar de Classe I de Angle foi mantida, com valores de sobressaliência e sobremordida adequados. Os aparelhos promoveram um ganho de espaço que deverá acomodar melhor os dentes permanentes, além de uma boa intercuspidação dentária com a correção da mordida cruzada posterior. O tratamento resultou em melhora significativa no alinhamento dentário e no sorriso.



Figura 4 (continuação): I,J) Fotografias faciais pós-tratamento, evidenciando melhora significativa da estética do sorriso. É possível notar maior exposição dos incisivos superiores e obtenção de corredores bucais mais harmoniosos.

CASO 3

Paciente do sexo feminino, com 10 anos de idade, apresentou-se para correção de má oclusão esquelética de Classe II. Clinicamente, apresentava sobremordida profunda associada a traumatismo do incisivo central inferior direito, causando recessão gengival. A avaliação pré-tratamento revelou estágio final de desenvolvimento da dentição mista, com apinhamento moderado dos incisivos inferiores e deficiência do comprimento da arcada superior (Fig. 5).

A relação molar era de Classe II completa no lado esquerdo e de Classe II topo a topo no lado direito. Os incisivos superiores eram protruídos e os inferiores, aparentemente verticalizados. Uma sobremordida profunda severa de aproximadamente 6-7 mm foi observada, e a sobressaliência foi medida em 5 mm. A linha média superior estava desviada para a direita.

A fotografia de perfil mostrou um perfil convexo, com terços faciais equilibrados. Linha do sorriso, comprimento do lábio superior e ângulo nasolabial foram considerados normais. A análise esquelética, obtida pela cefalometria, mostrou um padrão facial de Classe II esquelético. Os objetivos para a primeira fase do tratamento foram: 1) alcançar uma relação molar de Classe I; 2) ganhar espaço na arcada superior para acomodar os caninos e para corrigir a protrusão dos incisivos superiores; 3) eliminar o trauma no incisivo inferior; e 4) reduzir a desarmonia esquelética, para melhorar o perfil facial.



Figura 5: Fotografias pré-tratamento; **A-C)** extrabuciais, **D-H)** intrabuciais.

Para atingir esses objetivos, uma ERM foi realizada utilizando-se o expansor de Hass, seguida do EAM na arcada inferior, para coordenar as dimensões transversais das arcadas superior e inferior (Fig. 6). Além disso, um aparelho extrabucal de tração cervical foi proposto para corrigir a discrepância sagital.

Conforme as instruções, os pais ativaram o parafuso duas voltas por dia durante dez dias, quando verificou-se uma excelente resposta ortopédica (diastema de 5 mm entre os incisivos centrais, com aumento de 4 mm na largura intermolares e 4,5 mm na largura intercaninos). O EAM foi mantido por quatro meses e, ao fim desse período, obteve-se uma melhora significativa no perímetro das arcadas (4 mm na arcada superior e 3 mm na arcada inferior) e na sua largura, conforme pode-se observar nas fotografias pós-tratamento (Fig. 6G a 6H). Após quatro meses de tratamento, obteve-se o espaço para os caninos superiores (Fig. 7), o trauma no incisivo inferior foi eliminado e a recessão gengival apresentou melhora notável (Fig. 6E).



Figura 6: A-H) Fotografias intermediárias: **G, H)** Fotografias oclusais mostrando os expansores de Haas e Arnold modificado.

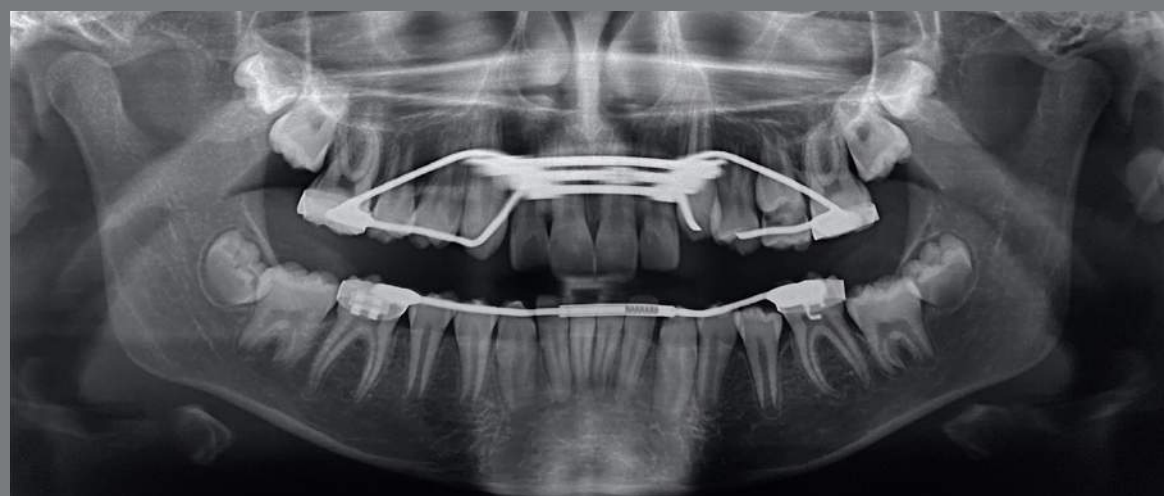


Figura 7: Radiografia panorâmica na fase intermediária do tratamento.

CASO 4

Paciente do sexo feminino, com nove anos de idade, procurou tratamento apresentando mordida cruzada posterior unilateral e desvio da linha média inferior para o lado direito. A análise facial pré-tratamento revelou um perfil levemente convexo, assimetria facial leve, com desvio mandibular de 2 mm para a direita, e competência labial (Fig. 8A a 8C). A paciente encontrava-se na fase de dentição mista, com má oclusão de Classe II de Angle, além de mordida cruzada posterior unilateral e deficiência transversa em ambas as arcadas (Fig. 8D a 8H).

O plano de tratamento da primeira fase incluiu a descompensação da arcada inferior, concomitante à expansão maxilar. O EAM foi instalado inicialmente e o expansor de Haas, no mês seguinte. Os pais foram orientados a acionar o parafuso em $\frac{1}{4}$ de volta duas vezes ao dia durante duas semanas e, então, $\frac{1}{4}$ de volta por dia durante uma semana, quando verificou-se excelente resposta ortopédica (diastema de 5 mm entre incisivos centrais, com aumento de 4 mm na largura intermolares e de 5 mm na largura intercaninos), resultando em aumento na dimensão transversal de ambas as arcadas e, consequentemente, correção da mordida cruzada (Fig. 9A, 9B). Após cinco meses de tratamento, houve uma melhora significativa na estética do sorriso, devido ao aumento da exposição dos incisivos superiores e obtenção de corredores bucais harmoniosos (Fig. 10C). Uma relação de Classe II de Angle ainda persistia em

ambos os lados, mas uma melhora significativa foi observada no lado direito. O EAM promoveu um ganho de espaço que iria, junto com o espaço de Leeway, acomodar os dentes permanentes, podendo também ser utilizado para mesializar os dentes posteriores inferiores, para se atingir uma relação de Classe I (Fig. 10D a 10H).



Figura 8: Fotografias pré-tratamento: **A-C)** extrabuciais, **D-H)** intrabuciais.

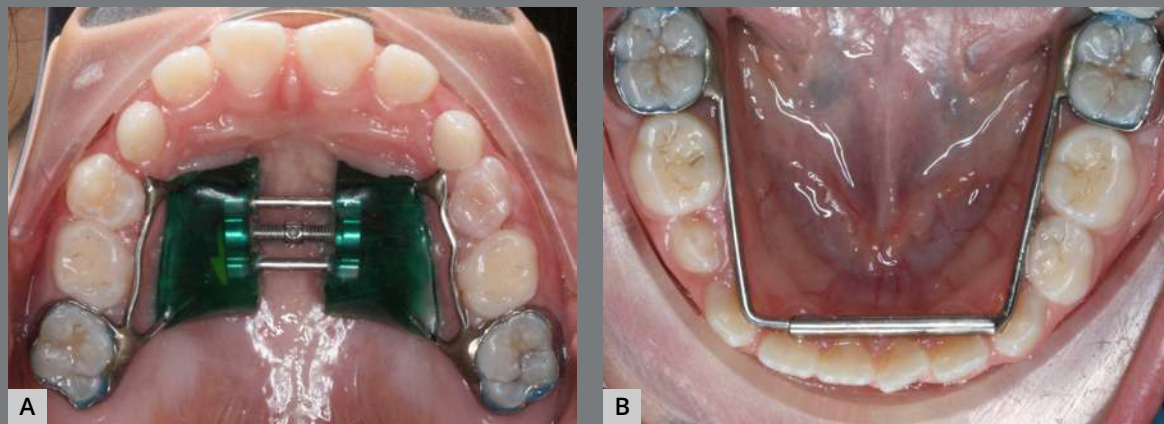


Figura 9: Fotografias intra-buciais oclusais da fase ativa do tratamento.



Figura 10: Fotografias pós-tratamento.

DISCUSSÃO

O tamanho e a forma das arcadas dentárias têm um efeito importante no espaço disponível, na estabilidade da dentição e na estética dentária¹⁹. Embora a maior parte dos tratamentos ortodônticos para discrepâncias transversais se concentre na maxila, é importante reconhecer que existem compensações dentárias para ambas as arcadas. Portanto, o ortodontista deve ser capaz de diagnosticar de forma diferenciada a causa de qualquer discrepância transversal, e a presença, ou ausência, de mordida cruzada posterior não deve ser usada como guia principal e único³³.

A correção do apinhamento em casos com discrepâncias de tamanho dentário e/ou comprimento da arcada dentária pode ser um fator chave na decisão entre o tratamento ortodôntico com extração ou sem extração. Para isso, a ERM é frequentemente usada durante o tratamento, mas a expansão da arcada inferior é limitada principalmente à verticalização dos dentes posteriores, uma vez que não há sutura na linha média^{32,34}. O'Grady et al.²¹ relataram que o protocolo apenas com ERM mostrou aumentos modestos, em longo prazo, no perímetro das arcadas superior (2,6 mm) e inferior (2,0 mm), com o último não sendo estatisticamente significativo. Enquanto isso, aumentos significativos nos perímetros das arcadas superior (3,8 mm) e inferior (3,7 mm) foram observados quando a arcada inferior também foi expandida com aparelho de Schwarz,

em comparação ao grupo controle pareado. Outros estudos encontraram bons resultados clínicos para a expansão inferior realizada com o Lip Bumper^{22,35}. Trabalhos anteriores reportaram que o maior ganho de largura da arcada ocorre na área de molares e pré-molares; e o menor, na área de caninos³⁵. Estudos com Lip Bumper mostraram um aumento de 4 a 5 mm no perímetro da arcada inferior, que foi relacionado às alterações na largura e comprimento da arcada³⁶, devido à projeção dos incisivos e distalização dos molares²⁴.

O'Grady et al.²¹ relataram que o aparelho de Schwarz mandibular combinado com ERM na dentição mista, seguida por tratamento ortodôntico completo na dentição permanente, induziu aumentos significativos na largura da arcada inferior (+ 2,6 mm para largura intermolares e + 2,1 mm para largura intercaninos). Na avaliação pós-contenção, pelo menos três anos após o tratamento de fase II, a largura da arcada diminuiu 0,3 mm na distância intermolares e 1,3 mm na distância intercaninos, o que significa que 2,3 mm de ganho transversal na região de molares e 0,8 mm na região de caninos foram mantidos. No estudo de Housley et al.¹⁴, os pacientes tratados com arco lingual expandido nas arcadas superior e inferior, seguido de aparelho fixo, apresentaram recidiva maior na área de caninos e progressivamente menor nas regiões posteriores da arcada inferior. Outros estudos pós-contenção relataram diminuições clinicamente não relevantes nas larguras entre

molares (0,6 mm a 1,5 mm), pré-molares (1,2 mm) e caninos (0,4 mm a 0,9 mm)^{22,37}. Embora a expansão mandibular tenha sido desencorajada por alguns autores, devido ao potencial efeito de recidiva^{21,38}, foi demonstrado que, quando uma arcada inferior apinhada é expandida antes da erupção dos dentes permanentes, o caminho de erupção dos caninos permanentes e pré-molares inferiores pode ser alterado, em direção à maior largura^{15,39}. Além disso, as maiores mudanças de crescimento na área dentoalveolar ocorrem durante a erupção dos dentes permanentes⁴⁰. Dessa forma, parece razoável beneficiar-se da dinâmica de erupção para, potencialmente, melhorar o desenvolvimento da área dentoalveolar.

Nos três primeiros casos relatados, os pacientes foram submetidos primeiramente à ERM, até que as cúspides palatinas dos dentes posteriores superiores entrassem em contato com as cúspides vestibulares dos dentes posteriores inferiores (Fig. 11A e 11B). Em seguida, o EAM foi instalado e proporcionou uma descompensação vestibulolingual dos dentes posteriores e uma adequada intercuspidação (Fig. 11C). Uma vez alcançada a relação transversal ideal e após o período de estabilização, esses aparelhos foram substituídos por uma barra transpalatina (BTP) e um arco lingual, respectivamente, nas arcadas superior e inferior (Fig. 11D).

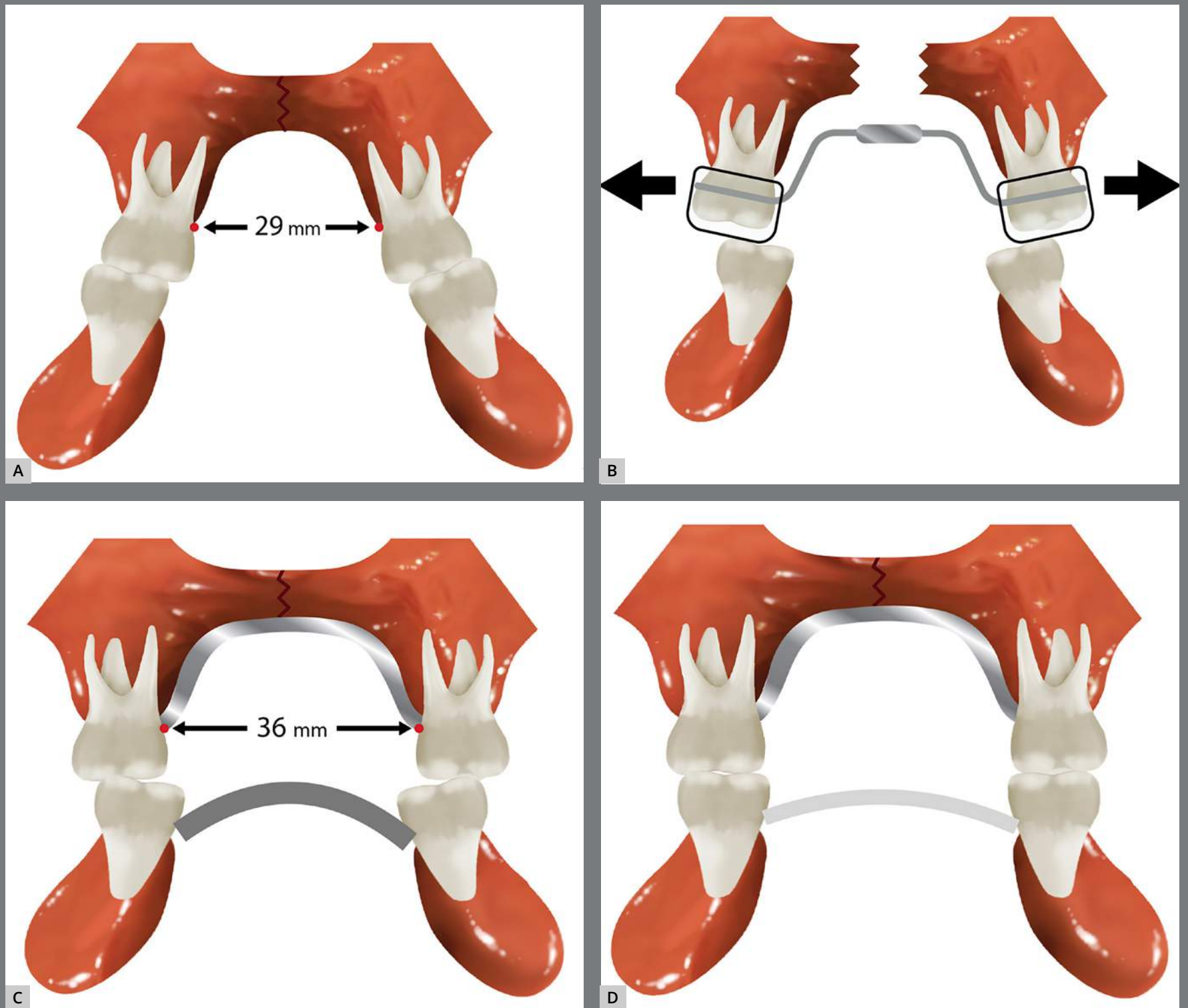


Figura 11: Protocolo de expansão: **A)** arcada superior constricta, em combinação com a inclinação lingual dos molares inferiores, como efeito compensatório; **B)** expansão ortopédica da maxila; **C)** EAM colocado na arcada inferior, para descompensar os dentes posteriores inferiores; **D)** relações transversais esqueléticas e dentárias ideais de ambas as arcadas, mantidas pela BTP e pelo arco lingual.

Os pacientes permaneceram com a BTP e o arco lingual como contenções fixas até o início da segunda fase do tratamento ortodôntico. Um protocolo diferente foi realizado no caso 4, sendo a expansão mandibular realizada previamente à expansão maxilar — essa pode ser uma boa opção, principalmente quando não há urgência para a expansão maxilar. Dessa forma, a nova dimensão transversal obtida na arcada inferior pode ser usada como guia para a quantidade de expansão da maxila.

Além disso, com a intervenção na dentição mista precoce, o ortodontista pode eliminar potenciais irregularidades e facilitar a erupção dentária. Na dentição permanente, a expansão mandibular é ainda mais controversa^{14,41}. No entanto, a abordagem de expansão em crianças e pré-adolescentes pode ser considerada uma opção de tratamento eficaz para ganho do espaço nas arcadas superior e inferior, no tratamento de discrepâncias leves a moderadas de tamanho dentário e/ou tamanho da arcada, particularmente em pacientes com uma maxila estreita, em associação com uma curva de Wilson acentuada⁴².

A expansão mandibular pode criar uma nova referência para a dimensão transversa da maxila, permitindo uma maior quantidade de expansão maxilar²³. No entanto, estudos em animais mostraram que as deiscências ósseas predisponentes podem ser induzidas pela expansão vestibular descontrolada dos dentes através da lâmina cortical, tornando esses dentes suscetíveis ao desenvolvimento de recessão gengival^{43,44}. Foi também

demonstrado, em um estudo clínico, que a expansão da forma da arcada produz recessão gengival quando realizada além do osso alveolar⁴⁵. A chave para manter a inserção gengival é produzir um movimento que resulte em deslocamento dentário dentro do osso alveolar, assim evitando quaisquer deiscências.

As bordas WALA podem ser usadas como referência para expansão de ambas as arcadas dentárias, pois irão coincidir com seus limites anterior e lateral. De acordo com o Andrews e Andrews¹⁷, a forma correta será individualizada para cada paciente, independentemente da raça ou sexo. A borda WALA pode resolver as controvérsias de longa data da Ortodontia, em relação à posição das bordas anterior e lateral da arcada e à forma da arcada, e se devemos extrair ou expandir, ou ambos. Ela também pode servir como referência para definirmos as dimensões transversais ideais da arcada dentária maxilar e sua base óssea. Independentemente disso, a decisão de expansão ou extração requer um diagnóstico adequado e deve ser feita caso a caso. Nos quatro casos aqui relatados, os objetivos do tratamento foram alcançados, com excelentes resultados estéticos e funcionais, utilizando-se como coadjuvante o EAM.

Por fim, estudos demonstram que os pais e/ou responsáveis apresentam um papel determinante e crítico na cooperação das crianças^{46,47}. Sabe-se que a adesão do paciente pode diminuir devido ao desconforto, como irritação dos tecidos moles, dor de dente, falta de confiança em público e distúrbios respiratórios e de fala. Nos dois primeiros casos clínicos relatados, o tratamento foi iniciado com

o aparelho de Schwarz ou o Lip Bumper; porém, a falta de cooperação por parte do paciente e dos pais foi um problema logo ao início do tratamento. Assim, o EAM foi uma alternativa aos aparelhos removíveis para correção das arcadas inferiores constrictas por meio da verticalização dos dentes posteriores, para correção do apinhamento, promoção de uma intercuspidação posterior adequada e melhoria da morfologia da arcada dentária inferior sem a necessidade de cooperação do paciente. Além disso, o expansor mandibular fixo oferece outras vantagens, como tempo mínimo de cadeira, sem a necessidade de ajustes posteriores, apresentando baixo custo financeiro e expansão simétrica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do EAM pode ser clinicamente vantajoso, pois possibilita a descompensação vestibular dos dentes posteriores inferiores, permitindo, assim, uma maior expansão da arcada superior. Desse modo, favorece também o aumento do perímetro de ambas as arcadas. É um aparelho de baixo custo, que não necessita de ajustes durante o tratamento (menor tempo de cadeira), não requer colaboração do paciente e não apresenta queixas de dificuldades quanto à higiene bucal e/ou lesões. Quanto à estabilidade dos resultados, um adequado posicionamento das raízes dentárias no envelope ósseo, ainda na dentição mista, e uma correta intercuspidação ao fim do tratamento são fatores importantes para a manutenção dos resultados alcançados. Estudos experimentais adicionais são necessários para se avaliar a eficácia do protocolo apresentado, bem como sua estabilidade em longo prazo.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Ildeu Andrade Jr. (IAJ)

Marco Aurélio B. Paschoal (MBP)

Natália Couto Figueiredo (NCF)

Concepção/design do estudo:

IAJ.

Aquisição, análise ou interpretação dos dados:

IAJ, MBP, NCF.

Escrita do artigo:

NCF.

Revisão crítica do artigo:

IAJ, MBP, NCF.

Aprovação final do artigo:

IAJ, MBP, NCF.

Responsabilidade geral:

IAJ.

Os autores declaram não ter interesses associativos, comerciais, de propriedade ou financeiros, que representem conflito de interesse, nos produtos e companhias descritos nesse artigo.

O(s) paciente(s) que aparece(m) no presente artigo autorizou(aram) previamente a publicação de suas fotografias faciais e intrabucais, e/ou radiografias.

REFERÊNCIAS

1. Kong-Zárate CY, Carruitero MJ, Andrews WA. Distances between mandibular posterior teeth and the WALA ridge in Peruvians with normal occlusion. *Dental Press J Orthod*. 2017 Nov-Dec;22(6):56-60.
2. Schindel RH, Duffy SL. Maxillary transverse discrepancies and potentially impacted maxillary canines in mixed-dentition patients. *Angle Orthod*. 2007 May;77(3):430-5.
3. Lombardo G, Vena F, Negri P, Pagano S, Barilotti C, Paglia L, et al. Worldwide prevalence of malocclusion in the different stages of dentition: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Paediatr Dent*. 2020 Jun;21(2):115-22.
4. Handelman CS, Balakrishnan M, BeGole EA, Viana GC. Bimaxillary transverse constriction in adults: Short-term follow-up of non-surgical arch expansion. *Orthod Craniofac Res*. 2020 May;23(2):202-9.
5. Crossley AM, Campbell PM, Tadlock LP, Schneiderman E, Buschang PH. Is there a relationship between dental crowding and the size of the maxillary or mandibular apical base? *Angle Orthod*. 2020 Mar;90(2):216-23.
6. Handelman CS, Balakrishnan M, BeGole EA, Viana GC. Bimaxillary transverse constriction in adults: Short-term follow-up of non-surgical arch expansion. *Orthod Craniofac Res*. 2020 May;23(2):202-9.

7. McNamara JA Jr. Long-term adaptations to changes in the transverse dimension in children and adolescents: an overview. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006 Apr;129(4 Suppl):S71-4.
8. Bishara SE, Staley RN. Maxillary expansion: clinical implications. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1987 Jan;91(1):3-14.
9. Haas AJ. Rapid expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening the midpalatal suture. *Angle Orthod*. 1961 Apr;31(2):73-90.
10. Haas AJ. Palatal expansion: just the beginning of dentofacial orthopedics. *Am J Orthod*. 1970 Mar;57(3):219-55.
11. Cameron CG, Franchi L, Baccetti T, McNamara JA Jr. Long-term effects of rapid maxillary expansion: a posteroanterior cephalometric evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2002 Feb;121(2):129-35; quiz 193.
12. Ballanti F, Lione R, Fanucci E, Franchi L, Baccetti T, Cozza P. Immediate and post-retention effects of rapid maxillary expansion investigated by computed tomography in growing patients. *Angle Orthod*. 2009 Jan;79(1):24-9.
13. Geran RG, McNamara JA Jr, Baccetti T, Franchi L, Shapiro LM. A prospective long-term study on the effects of rapid maxillary expansion in the early mixed dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006 May;129(5):631-40.
14. Housley JA, Nanda RS, Currier GF, McCune DE. Stability of transverse expansion in the mandibular arch. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2003 Sep;124(3):288-93.

15. Lutz HD, Poulton DR. Stability of dental arch expansion in the deciduous dentition. *Angle Orthod*. 1985 Oct;55(4):299-315.
16. Ball RL, Miner RM, Will LA, Arai K. Comparison of dental and apical base arch forms in Class II Division 1 and Class I malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010 Jul;138(1):41-50.
17. Andrews L, Andrews W. The syllabus of the andrews orthodontic philosophy. 9th ed. San Diego: LF Andrews Foundation; 2001.
18. Triviño T, Siqueira DF, Andrews WA. Evaluation of distances between the mandibular teeth and the alveolar process in Brazilians with normal occlusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010 Mar;137(3):308.e1-4; discussion 308-9.
19. Ronay V, Miner RM, Will LA, Arai K. Mandibular arch form: the relationship between dental and basal anatomy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008 Sep;134(3):430-8.
20. Zou W, Wu J, Jiang J, Xu T, Li C. Archform comparisons between skeletal class II and III malocclusions. *PLoS One*. 2014 Jun 27;9(6):e100655.
21. O'Grady PW, McNamara JA Jr, Baccetti T, Franchi L. A long-term evaluation of the mandibular Schwarz appliance and the acrylic splint expander in early mixed dentition patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006 Aug;130(2):202-13.

22. Solomon MJ, English JD, Magness WB, McKee CJ. Long-term stability of lip bumper therapy followed by fixed appliances. *Angle Orthod*. 2006 Jan;76(1):36-42.
23. McNamara JA. Maxillary transverse deficiency. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2000 May;117(5):567-70.
24. Davidovitch M, McInnis D, Lindauer SJ. The effects of lip bumper therapy in the mixed dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1997 Jan;111(1):52-8.
25. Murphy CC, Magness WB, English JD, Frazier-Bowers SA, Salas AM. A longitudinal study of incremental expansion using a mandibular lip bumper. *Angle Orthod*. 2003 Aug;73(4):396-400.
26. Häsler R, Ingervall B. The effect of a maxillary lip bumper on tooth positions. *Eur J Orthod*. 2000 Feb;22(1):25-32.
27. O'Donnell S, Nanda RS, Ghosh J. Perioral forces and dental changes resulting from mandibular lip bumper treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1998 Mar;113(3):247-55.
28. Proffit WR. Equilibrium theory revisited: factors influencing position of the teeth. *Angle Orthod*. 1978 Jul;48(3):175-86.
29. Tai K, Park JH, Mishima K, Shin JW. 3-Dimensional cone-beam computed tomography analysis of transverse changes with Schwarz appliances on both jaws. *Angle Orthod*. 2011 Jul;81(4):670-7.

30. Al-Moghrabi D, Salazar FC, Pandis N, Fleming PS. Compliance with removable orthodontic appliances and adjuncts: A systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2017 Jul;152(1):17-32.
31. Berkowitz S. Complete bilateral cleft of the lip and palate. In: *Cleft Lip and Palate: Diagnosis and Management*. 3rd ed. editor: Berkowitz S. New York, Springer; 2013, p. 177.
32. Kravitz ND. Treatment with the mandibular Arnold expander. *J Clin Orthod*. 2014 Nov;48(11):689-96.
33. Miner RM, Al Qabandi S, Rigali PH, Will LA. Cone-beam computed tomography transverse analysis. Part I: Normative data. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2012 Sep;142(3):300-7.
34. Tai K, Park JH. Dental and skeletal changes in the upper and lower jaws after treatment with Schwarz appliances using cone-beam computed tomography. *J Clin Pediatr Dent*. 2010 Fall;35(1):111-20.
35. Raucci G, Pachêco-Pereira C, Elyasi M, d'Apuzzo F, Flores-Mir C, Perillo L. Short- and long-term evaluation of mandibular dental arch dimensional changes in patients treated with a lip bumper during mixed dentition followed by fixed appliances. *Angle Orthod*. 2016 Sep;86(5):753-60.

36. Vargo J, Buschang PH, Boley JC, English JD, Behrents RG, Owen AH 3rd. Treatment effects and short-term relapse of maxillomandibular expansion during the early to mid mixed dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2007 Apr;131(4):456-63.
37. Ferris T, Alexander RG, Boley J, Buschang PH. Long-term stability of combined rapid palatal expansion-lip bumper therapy followed by full fixed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2005 Sep;128(3):310-25.
38. Little RM, Riedel RA, Stein A. Mandibular arch length increase during the mixed dentition: postretention evaluation of stability and relapse. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1990 May;97(5):393-404.
39. Osborn WS, Nanda RS, Currier GF. Mandibular arch perimeter changes with lip bumper treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1991 Jun;99(6):527-32.
40. Fränkel R. Decrowding during eruption under the screening influence of vestibular shields. *Am J Orthod*. 1974 Apr;65(4):372-406.
41. Gurgel JA, Pinzan-Vercelino CRM, Leon-Salazar V. Maxillary and mandibular dentoalveolar expansion with an auxiliary beta-titanium arch. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2017 Oct;152(4):543-52.

42. McNamara JA Jr, Baccetti T, Franchi L, Herberger TA. Rapid maxillary expansion followed by fixed appliances: a long-term evaluation of changes in arch dimensions. *Angle Orthod*. 2003 Aug;73(4):344-53.
43. Steiner GG, Pearson JK, Ainamo J. Changes of the marginal periodontium as a result of labial tooth movement in monkeys. *J Periodontol*. 1981 Jun;52(6):314-20.
44. Thilander B, Nyman S, Karring T, Magnusson I. Bone regeneration in alveolar bone dehiscences related to orthodontic tooth movements. *Eur J Orthod*. 1983 May;5(2):105-14.
45. Morris JW, Campbell PM, Tadlock LP, Boley J, Buschang PH. Prevalence of gingival recession after orthodontic tooth movements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2017 May;151(5):851-9.
46. Pratelli P, Gelbier S, Gibbons DE. Parental perceptions and attitudes on orthodontic care. *Br J Orthod*. 1998 Feb;25(1):41-6.
47. Sarul M, Lewandowska B, Kawala B, Kozanecka A, Antoszevska-Smith J. Objectively measured patient cooperation during early orthodontic treatment: Does psychology have an impact? *Adv Clin Exp Med*. 2017 Nov;26(8):1245-51.