



Recredenciamento Portaria MEC 278/2016 - D.O.U 19/04/2016

**Raul Pomilio de Oliveira**

**A IMPORTÂNCIA DOS ATTACHMENTS PARA MOVIMENTAÇÃO  
ORTODÔNTICA NOS ALINHADORES ESTÉTICOS – REVISÃO DE  
LITERATURA**

Marília  
2022  
Raul Pomilio de Oliveira

**A IMPORTÂNCIA DOS ATTACHMENTS PARA MOVIMENTAÇÃO  
ORTODÔNTICA NOS ALINHADORES ESTÉTICOS – REVISÃO DE  
LITERATURA**

Monografia apresentada na pós-graduação  
em Ortodontia – Centro de Especialização  
Odontologica Marília – Para obtenção do  
Título de Especialista em Ortodontia.

Orientador: Professor Mr. Renan Cavaliere  
Pereira

Marília  
2022



Raul Pomilio de Oliveira

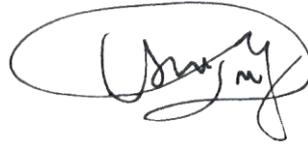
**A IMPORTÂNCIA DOS ATTACHMENTS PARA MOVIMENTAÇÃO  
ORTODÔNTICA NOS ALINHADORES ESTÉTICOS – REVISÃO DE LITERATURA**

Monografia apresentada na  
pósgraduação em Ortodontia – Centro  
de Especialização Odontológica Marília  
– Para obtenção do Título de  
Especialista em Ortodontia.

Área de concentração: Odontologia

Aprovada em 03/07/2023 pela banca constituída dos seguintes professores:

**Prof. Carlos Shimabucoro – UNESP Araçatuba**

A handwritten signature in black ink, enclosed in an oval. The signature is stylized and appears to read 'Acacio Fuziy'.

Prof. Acacio Fuziy – UNIMEP Lins

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke.

Prof. Renan Cavalieri Pereira - UEL

## **AGRADECIMENTOS**

*Quero agradecer primeiramente a minha mãe Bruna Edvige Pomilio de Oliveira, que não esta mais entre nós, mas sempre foi minha maior inspiração e apoiadora em todos os passos que dei em minha vida, inclusive nesta especialização que estou terminando graças a ela. Só tenho a agradecer por todos ensinamentos, exemplos, dicas, frases de apoio, puxões de orelha e amor. Gostaria que tivesse presente para me ver realizando mais um sonho em minha vida, me tornar especialista em ortodontia, que graças a você consegui alcançar. Te amo mãe!*

*Agradeço também a todos da minha família que me apoiaram de alguma maneira para realização desta conquista pessoal. Obrigado pai, irmão, nona e madrinha.*

*Por fim, não poderia esquecer todos os professores e colegas de turma que através dos ensinamentos, dicas, puxões de orelha, união e risadas. Possibilitaram a enfim desejada titulação de especialista em Ortodontia.*

## RESUMO

O uso dos attachments nos alinhadores estéticos são em sua maioria das vezes utilizados entre os ortodontistas de todo o mundo por apresentar vantagens, como auxílio na retenção dos alinhadores, realização da movimentação ortodôntica, são discretos, estéticos, possuem fácil confecção e remoção. O presente trabalho descreve uma revisão de literatura que demonstra a importância dos attachments para movimentação ortodôntica nos casos de tratamentos com alinhadores estéticos. Para a elaboração deste trabalho e pesquisa de artigos foi utilizado através da base de dados periódico de ciências médicas PubMed. A busca dos artigos foram realizadas entre maio e julho de 2022 e teve como o descritor em ciências da saúde (DeCS). Os critérios de inclusão dos artigos foram os artigos que abordavam o assunto em questão, artigos publicados em revistas indexadas nas bases de dados pesquisadas, artigos publicados no idioma português e inglês e artigos publicados entre o ano de 1940 a 2022. Com base nos critérios de inclusão e exclusão foram utilizados 21 artigos para compor a pesquisa. Os resultados encontrados demonstram que os anexos compostos (attachments) mostraram-se necessários para melhorar a precisão do movimento dentário em praticamente todos os tipos de movimento dentário, fechamento de diastema, rotação dentária, extrusão, intrusão, rotação, angulação e inclinação.

**Palavras chave:** Attachment em resina; Alinhadores; movimento ortodôntico.

## ABSTRACT

The use of attachments in esthetic aligners are most often used among orthodontists around the world because they have advantages, such as assistance in retaining the aligners, performing orthodontic movement, they are discreet, aesthetic, and easy to make and remove. The present work describes a literature review that demonstrates the importance of attachments for orthodontic movement in cases of treatments with esthetic aligners. For the elaboration of this work and article search, it was used through the PubMed medical science journal database. The search for articles was carried out between May and July 2022 and had as the descriptor in health sciences (DeCS). The inclusion criteria of the articles were articles that addressed the

subject in question, articles published in journals indexed in the searched databases, articles published in Portuguese and English and articles published between the year 1940 to 2022. Based on the criteria for Inclusion and exclusion were used 21 articles to compose the research. The results found show that composite attachments (attachments) proved necessary to improve the accuracy of tooth movement in practically all types of tooth movement, diastema closure, tooth rotation, extrusion, intrusion, rotation, angulation and inclination.

**Key Words:** Composite Attachment; Aligners; Orthodontic movement.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>08</b>
<b>2. METODOLOGIA .....</b>	<b>11</b>
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>11</b>
<b>4. DISCUSSÃO .....</b>	<b>25</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>31</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>34</b>

## INTRODUÇÃO

A ortodontia vem a cada momento que passa caminhando para uma demanda por alternativas mais estéticas aos dispositivos fixos convencionais, principalmente por pacientes adultos, orientou a pesquisa para o desenvolvimento de aparelhos mais confortáveis, de fácil higienização e estéticos, levando ao desenvolvimento da terapia ou dispositivo conhecido como alinhadores transparentes ou estéticos.

Com a demanda gerou-se uma necessidade por um aparelho ortodôntico mais estético, então em 1946 Kesling concebeu o conceito de usar uma série de posicionadores de dentes termoplásticos (placas plásticas) para mover progressivamente dentes desalinhados para posições melhoradas. Dessa forma, os aparelhos termoplásticos tornaram-se conhecidas em todo o mundo e muitos pesquisadores concentraram suas pesquisas e interesses nesta área que estava se iniciando. Mas ainda não era uma opção viável de tratamento ortodôntico para os pacientes da época, então Align Technology© (Santa Clara, Califórnia) em 1997, adaptou e incorporou tecnologias modernas para introduzir o tratamento com alinhador transparente (CAT), tornando os alinhadores transparentes da maneira que conhecemos hoje em dia. Rossini et al.(2015).

Através da descoberta e confecção de novos materiais e tecnologias, os alinhadores seguem em aprimoramentos contínuos em muitos aspectos e atualmente são utilizados por diversos ortodontistas em um número crescente de casos de diferentes níveis de dificuldades. O tratamento com alinhadores transparentes ou estéticos muitas vezes requer o uso de anexos auxiliares confeccionados de resina (acessórios geométricos) e alterações nos formatos dos alinhadores inter-arcos para melhorar a eficácia da movimentação ortodôntica.

Os anexos em resinas são popularmente conhecidos como attachments e são transdutores de força que parecem melhorar a biomecânica dos alinhadores estéticos. Os attachments são uma protrusão de material compósito (resina composta) polimerizado na superfície do dente, confeccionado para melhorar a retenção do alinhador ao dente e proporcionar movimentos ortodônticos anteriormente considerados críticos. Gomez et al.(2015)

Utilizando dos benefícios deles somos capazes de atingir objetivos através de uma melhoria do desajuste em pontos específicos, melhorando a área de contato e

uma correta aplicação do sistema de força. Os attachments podem ter diferentes formas e são projetados para tarefas específicas, exemplos: levantes de mordida, distalizações, angulações, extrusões, impactações, inclinações e movimentos dentários específicos.

A literatura mostrou que para adquirir ótimos resultados a combinação entre local, forma, tamanho e número de attachments influencia muito na eficácia do tratamento ortodôntico com alinhadores estéticos segundo Rossini et al.(2015). Partindo deste ponto, esta revisão de literatura procurou uma melhor compreensão das forças e momentos gerados pelos diferentes encaixes dos attachments nos alinhadores, melhor forma, tamanho, número, posição dos attachments para cada movimento ortodôntico específico e os princípios biomecânicos essenciais para melhorar a eficácia e eficiência desses artefatos resinosos no tratamento ortodôntico com alinhadores estéticos.

## **METODOLOGIA**

Para a elaboração deste trabalho e pesquisa de artigos foi utilizado através da base de dados periódico de ciências médicas PubMed. As buscas dos artigos foram realizadas entre maio e julho de 2022 e teve como o descritor em ciências da saúde (DeCS). Os descritores ou palavras-chaves que foram utilizadas para realização da revisão de literatura e suas referências são: “Attachment em resina”; “Alinhadores” e “Movimento ortodontico” reunindo assim as informações necessárias para esta revisão de literatura, utilizando uma linguagem acessível a todos que necessitem de consultar este material.

Os critérios de inclusão dos artigos foram os artigos que abordavam o assunto em questão, artigos publicados em revistas indexadas nas bases de dados pesquisadas, artigos publicados no idioma português e inglês e artigos publicados entre o ano de 1940 a 2022. Os critérios de exclusão foram os artigos que não abordavam o assunto, artigos publicados em outros idiomas que não eram o português e inglês e artigos publicados em outro período, que não fosse de 1940 a 2022. Com base nos critérios de inclusão e exclusão foram utilizados 21 artigos para compor a pesquisa. A revisão de literatura apresenta os elementos que temos de mais relevante até o momento da elaboração deste trabalho referente ao tema citado.

## **REVISÃO DE LITERATURA**

Hönn et al.(2006) relatou terapia Invisalign é um método de tratamento ortodôntico. Sua aplicabilidade em casos de extração é limitada. Este relato de caso documenta o tratamento com Invisalign de um paciente no qual quatro pré-molares tiveram que ser extraídos devido ao apinhamento dentário. O objetivo primário da paciente era submeter-se a tratamento para resolver seu apinhamento anterior da forma mais discreta possível esteticamente. O diagnóstico do caso eram a constrição do arco maxilar e mandibular com apinhamento dentário anterior; proclinação e anteposição dos anteriores; neutroclusão com sobressaliência de 6 mm e sobremordida de 1 mm. As radiografias mostraram uma inclinação mesial dos caninos inferiores e pré-molares e uma relação esquelética leve de Classe II com uma configuração craniofacial vertical. O tratamento foi iniciado com a extração dos quatro

primeiros pré-molares e colocação dos attachments (compósito Tetric Ceram). Após o uso dos alinhadores Invisalign, o segmento anterior foi verticalizado e retraído, o apinhamento resolvido e os arcos bem alinhados. A neutroclusão do paciente foi mantida, relações anteriores fisiológicas nos planos sagital e vertical foram alcançadas e os caninos inferiores e pré-molares foram verticalizados. O tratamento ativo durou 1 ano e 8 meses e meio e envolveu 43 alinhadores maxilares e 28 mandibulares.

Kravitz et al.(2009) avaliaram a influência dos encaixes e redução interproximal em caninos submetidos a movimento rotacional com Invisalign.Neste estudo clínico prospectivo, 53 caninos (33 superiores e 20 inferiores) foram medidos a partir dos modelos TREAT virtuais de 31 participantes tratados com Invisalign anterior. O modelo virtual pré-tratamento da posição final prevista do dente foi sobreposto ao modelo virtual pós-tratamento usando ToothMeasure, o software de medição proprietário da Invisalign. Uma análise de variância unidirecional (ANOVA) ( $P < 0,05$ ) comparou três modalidades de tratamento: somente anexos (AO), somente redução interproximal (IO) e nem anexos nem redução interproximal (N). Os testes t de Student ( $P < 0,05$ ) compararam a precisão média da rotação canina entre os arcos.A precisão média da rotação canina com Invisalign foi de 35,8% (DP = 26,3). As análises estatísticas indicaram que não houve diferença significativa na precisão entre os grupos AO, IO e N ( $P = 0,343$ ). Não houve diferença estatisticamente significativa ( $P = 0,888$ ) na precisão rotacional para caninos superiores e inferiores para qualquer um dos grupos de tratamento. A forma de inserção mais comumente prescrita foi o elipsóide vertical (70,5%).Os anexos de elipsoide vertical e a redução interproximal não melhoram significativamente a precisão da rotação canina com o sistema Invisalign.

Simon et al.(2014) relatou os anexos foram projetados pela Align Technology para obter movimentos dentários previsíveis e colocados de acordo com o protocolo de fixação da tecnologia Align (acessório elipsóide horizontal, acessório chanfrado gengival horizontal) ou colocados automaticamente pelo software (acessório de rotação otimizado). Em relação ao protocolo de tratamento da tecnologia Align, são possíveis velocidades de até 2 graus/alinhador para rotação, até 1 grau/alinhador para torque incisivo e até 0,25 mm/alinhador para distalização. Para investigar a influência do estadiamento na eficácia do tratamento, os movimentos dentários foram planejados para serem em parte mais lentos e em parte mais rápidos. Gomez et al.(2015) descreveu usando um modelo tridimensional de elementos finitos (FE), o sistema de

força inicial gerado durante o movimento corporal dos caninos superiores com alinhadores plásticos com e sem fixações compostas. Foi construído um modelo CAD de um canino superior direito, seu osso alveolar e ligamento periodontal, alinhador plástico termoformado e duas fixações de resina composta fotopolimerizável. Um modelo FE foi usado para analisar os efeitos da imposição de uma condição de movimento distal de 0,15 mm no alinhador (simulando a mecânica usada para produzir um movimento corporal distal) com e sem acessórios compostos. Em termos de distribuição de tensão e tensão de compressão, sem as fixações compostas observou-se uma área de compressão no terço cervical da superfície radicular distal e uma área de tensão no terço apical da superfície mesial. Com as fixações compostas, foram observadas áreas de compressão uniformes na superfície radicular distal e área de tensão uniforme na superfície radicular mesial. Áreas de compressão nas superfícies ativas das fixações compostas também foram observadas. Quanto aos padrões de movimento, foi observada uma inclinação distal descontrolada, com eixo de rotação entre os terços radiculares médio e cervical, sem fixação do compósito. O movimento corporal distal

(translação) foi observado com a fixação composta.

Dasy et al.(2015) para este estudo, foram confeccionados três modelos, dois dos quais continham anexos (elipsóide e chanfrado) e um sem nenhum anexo para servir de controle. Quatro tipos de alinhadores foram termoformados: Clear-Aligner (CA)-soft, CA-medium e CA-hard, com várias espessuras, e Essix ACE. As medições da força de deslocamento vertical durante a remoção do alinhador foram realizadas com o Gabo Qualimeter Eplexor. As médias e os desvios padrão foram comparados em seguida entre diferentes espessuras de alinhadores e formas de fixação. CA-soft, CA-médio e CA-hard não apresentaram aumento significativo na retenção, exceto quando usados na presença de attachments. Além disso, CA-médio e CA-difícil exigiram significativamente mais força para remoção. Essix ACE demonstrou uma diminuição significativa na retenção quando usado com anexos elipsóides. O valor da força para a remoção do Essix ACE do gesso com acessórios chanfrados foi comparável ao do CA-médio. As forças para remoção do alinhador do modelo sem anexos mostraram uma tendência linear. O Essix ACE não mostrou um aumento contínuo na retenção para cada modelo. No geral, as fixações elipsóides não apresentaram alteração significativa na retenção. Em contraste, os acessórios

chanfrados melhoraram a retenção. Os anexos elipsóides não tiveram influência significativa na força necessária para a remoção do alinhador e, portanto, na retenção do alinhador. Essix ACE mostrou retenção significativamente menor do que CA-hard nos modelos com anexos. Além disso, anexos chanfrados foram observados para aumentar significativamente a retenção, em comparação com anexos elipsóides e quando não são usados anexos.

Rossini et al (2015) avaliou as evidências científicas relacionadas à eficácia do tratamento com alinhadores transparentes (CAT) no controle da movimentação dentária ortodôntica. Utilizou das seguintes bases de dados PubMed, PMC, NLM, Embase, Cochrane Central Register of Controlled Clinical Trials, Web of Knowledge, Scopus, Google Scholar e LILACs foram pesquisados de janeiro de 2000 a junho de 2014 para identificar todos os artigos revisados por pares potencialmente relevantes para a revisão. Deficiências metodológicas foram destacadas e a qualidade dos estudos foi classificada usando a Ferramenta Cochrane para avaliação de risco de viés. Onze artigos relevantes foram selecionados (dois Ensaios Clínicos Randomizados (RCT), cinco prospectivos não randomizados, quatro retrospectivos não randomizados), e o risco de viés foi moderado para seis estudos e incerto para os outros. A quantidade de intrusão média relatada foi de 0,72 mm. A extrusão foi o movimento mais difícil de controlar (30% de precisão), seguido da rotação. A distalização do molar superior revelou a maior previsibilidade (88%) quando um movimento corporal de pelo menos 1,5 mm foi prescrito. Uma diminuição do índice de Little (arco mandibular: 5 mm; arco superior: 4 mm) foi observada no alinhamento dos arcos. CAT alinha e nivela os arcos; é eficaz no controle da intrusão anterior, mas não da extrusão anterior; é eficaz no controle da inclinação vestibulo-lingual posterior, mas não da inclinação vestibulo-lingual anterior; é eficaz no controle de movimentos corporais de molares superiores de cerca de 1,5 mm; e não é eficaz no controle da rotação de dentes arredondados em particular. No entanto, os resultados desta revisão devem ser interpretados com cautela devido ao número, qualidade e heterogeneidade dos estudos.

Ravera et al.(2016) relataram o objetivo do presente estudo foi testar a hipótese de que a distalização corporal dos molares superiores não era alcançável na ortodontia com alinhadores. Quarenta cefalogramas laterais obtidos de 20 indivíduos que não cresceram (9 homens, 11 mulheres; idade média de 29,73 anos) (grupo S),

submetidos à distalização bilateral de sua dentição superior com alinhadores Invisalign (Align Technology, Inc., San José, CA, EUA), foram considerados para o estudo. A má oclusão esquelética de classe I ou classe II e uma relação bilateral término-terminal de molares de classe II foram os principais critérios de inclusão. Cefalogramas foram feitos em dois momentos: (T0) pré-tratamento e (T2) pós-tratamento. As mudanças de tratamento foram avaliadas entre os pontos de tempo usando 39 variáveis por meio do teste *t* pareado. O nível de significância foi estabelecido em  $P < 0,05$ . O tempo médio de tratamento foi de  $24,3 \pm 4,2$  meses. No ponto pós-tratamento, o primeiro molar moveu-se distalmente 2,25 mm sem inclinação significativa ( $P= 0,27$ ) e movimentos verticais ( $P= 0,43$ ). A distalização do segundo molar foi de 2,52 mm sem inclinação significativa ( $P = 0,056$ ) e movimentos verticais ( $P= 0,25$ ). Não foram detectados movimentos significativos no arco inferior. Os ângulos SNGoGn e SPPGoGn não mostraram diferenças significativas entre os cefalogramas pré e pós-tratamento ( $P= 0,22$  e  $P= 0,85$ , respectivamente).

Barreda et al. (2017) citou que os anexos constituem uma das ferramentas mais poderosas para melhorar a eficiência da movimentação dentária ortodôntica. Foi avaliado o desgaste superficial ao longo de seis meses em duas resinas compostas (Filtek Z350 XT, 3MESPE e Amelogen Plus TW, Ultradent Products Inc.) utilizadas para a confecção de attachments Invisalign®. Esses compósitos foram selecionados por suas propriedades estéticas e mecânicas. Quarenta anexos foram colados na superfície vestibular dos dentes superiores. Os materiais foram randomizados e distribuídos de forma duplo-cega. As moldagens foram feitas dos anexos usando uma técnica pré-estabelecida imediatamente após a colagem e após 6 meses de uso clínico. As impressões foram examinadas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) com ampliação de 12 vezes para identificar mudanças na textura da superfície e forma de fixação. Os dados foram analisados por meio do teste de Mann-Whitney sobre a classificação geral das alterações detectadas nessas variáveis. De acordo com os resultados deste estudo, a alteração da superfície de fixação durante os primeiros seis meses de tratamento depende do compósito utilizado, enquanto a forma de fixação não parece ser afetada, de modo que o desempenho clínico dos materiais avaliados pode ser considerado aceitável.

Houle et al. (2017) demonstrou como investigar a previsibilidade da expansão do arco usando Invisalign. Sessenta e quatro pacientes brancos adultos foram selecionados para fazer parte deste estudo retrospectivo. Modelos digitais pré e póstratamento criados a partir de uma varredura do iTero foram

obtidos de um único ortodontista. Modelos digitais da Clincheck também foram obtidos da Align Technology. Valores lineares das larguras dos arcos superior e inferior foram medidos para caninos, pré-molares e primeiros molares em dois pontos diferentes: margens gengivais linguais e pontas de cúspides. Um teste t pareado foi usado para comparar a expansão planejada no Clincheck com as medições pós-tratamento. Testes de razão de variância foram usados para determinar se uma mudança maior planejada estava associada a um erro maior. Para cada medida maxilar, houve uma diferença estatisticamente significativa entre Clincheck e o resultado final ( $P < 0,05$ ), com previsão de piora na região posterior do arco. Para as medidas do arco inferior na margem gengival, houve uma diferença estatisticamente significativa entre a expansão planejada de Clincheck e o resultado final ( $P < 0,05$ ). Os pontos medidos nas pontas das cúspides dos dentes da arcada inferior mostraram diferenças não estatisticamente significativas entre a previsão de Clincheck e o resultado final ( $P > 0,05$ ). As razões de variância para os arcos superior e inferior foram significativas ( $P < 0,05$ ). A precisão média da expansão planejada com Invisalign para a maxila foi de 72,8%. A arcada inferior apresentou acurácia global de 87,7%. Clincheck superestima a expansão pelo movimento do corpo; observa-se mais inclinação. A hipercorreção da expansão na região posterior do arco maxilar parece apropriada. Khosravi et al. (2017) A maior parte da literatura publicada sobre o manejo da sobremordida com o aparelho Invisalign (Align Technology, Santa Clara, Califórnia) consiste em relatos de casos e séries de casos. Neste estudo retrospectivo de 120 pacientes, procuramos avaliar a natureza das alterações da sobremordida com o aparelho Invisalign. Registros foram coletados de 3 profissionais, todos experientes com a técnica Invisalign. Os pacientes eram adultos tratados consecutivamente (>18 anos) que realizaram tratamento ortodôntico apenas com o aparelho Invisalign. Pacientes com grandes alterações transversais ou anteroposteriores ou planos de tratamento com extrações foram excluídos. A amostra do estudo incluiu 68 pacientes com sobremordida normal, 40 com mordida profunda e 12 com mordida aberta. A idade média foi de 33 anos, e 70% dos pacientes eram mulheres. As análises cefalométricas indicaram que os pacientes com mordida profunda tiveram uma abertura mediana da sobremordida de 1,5 mm, enquanto os pacientes com mordida aberta tiveram um aprofundamento médio de 1,5 mm. A mudança média para os pacientes com sobremordida normal foi de 0,3 mm. Mudanças na posição dos incisivos foram responsáveis pela maioria das melhorias nos grupos de mordida profunda e mordida

aberta. Mudanças mínimas na posição vertical do molar e no ângulo do plano mandibular foram observadas. O aparelho Invisalign parece gerenciar a dimensão vertical relativamente bem, e o mecanismo primário é por meio de movimentos dos incisivos.

Barone et al.(2017) citou que os alinhadores transparentes e removíveis representam uma solução eficaz para corrigir várias más oclusões ortodônticas por meio de procedimentos minimamente invasivos. Um tratamento baseado em alinhadores requer que os pacientes usem sequencialmente conchas de dentição correspondentes obtidas por termoformagem de discos poliméricos em modelos dentários de referência. Um alinhador é moldado introduzindo uma incompatibilidade geométrica em relação às posições reais dos dentes para induzir um sistema de carga, que move os dentes-alvo em direção às posições corretas. A prática comum baseia-se na seleção das características do alinhador (material, espessura e elementos auxiliares) considerando apenas as avaliações subjetivas do clínico. Neste artigo, uma metodologia de design e engenharia computacional foi desenvolvida para reconstruir tecidos anatômicos, modelar formas de alinhadores paramétricos, simular movimentos ortodônticos, e para aprimorar o design do alinhador. A abordagem proposta integra tecnologias auxiliadas por computador, desde imagens tomográficas até varredura óptica, desde modelagem paramétrica até análises de elementos finitos, dentro de uma estrutura digital tridimensional. A modelagem anatômica fornece anatomias, incluindo dentes (raízes e coroas), ossos da mandíbula e ligamentos periodontais, que são as referências para a modelagem do alinhador paramétrico de fluxo descendente. As interações biomecânicas entre os modelos anatômicos e as geometrias do alinhador são reproduzidas virtualmente usando um software de análise de elementos finitos. A metodologia permite simulações numéricas de condições específicas do paciente e análises comparativas de diferentes configurações de alinhadores. Neste artigo, a estrutura digital tem sido usada para estudar a influência de vários elementos auxiliares no sistema de carga entregue a um incisivo central superior e inferior durante um movimento ortodôntico de inclinação. Simulações numéricas mostraram uma alta dependência do movimento dentário ortodôntico na configuração do elemento auxiliar, que deve ser selecionado com precisão para maximizar a eficácia do alinhador.

Zeng et al. (2018) analisou tridimensionalmente (3D) de elementos finitos (FEA) foi usada para explorar o efeito mecânico do molar superior com diferentes acessórios de controle radicular em tecnologia ortodôntica baseada em alinhadores plásticos. Um modelo com um primeiro molar superior esquerdo e seu aparelho periodontal, diferentes tipos de acessórios de resina composta fotopolimerizável e alinhadores plásticos termo formados foram construídos. Foram construídos quatro modelos: modelo A sem fixações compostas, modelo B com fixação retangular vertical, modelo C com uma fixação oval otimizada, modelo D com duas fixações oval otimizadas. Quatro modelos FE foram usados para analisar os efeitos do sistema de força inicial e padrão de deslocamento do molar em movimento mesial mediado por alinhador plástico simulando com diferentes fixações. O deslocamento inicial do dente no modelo D com duas fixações ovais otimizadas, a tensão de compressão do ligamento periodontal mesial e a tensão da fossa alveolar mesial foram mais amplamente distribuídas. O eixo de rotação foi o mais próximo do forame apical, o efeito de controle radicular do molar foi o melhor. No modelo B com retangular vertical vestibular, o estresse de compressão do ligamento periodontal mesial mais próximo ao lado vestibular foi obviamente maior que o do palato. O centro de rotação do lado vestibular estava obviamente mais próximo do forame apical do que do lado palatino. O efeito do controle da raiz vestibular foi melhor do que o do lado palatino. No modelo C com uma fixação oval otimizada, o padrão de tensão do ligamento periodontal na superfície mesial e os padrões de deslocamento não foram significativamente diferentes daqueles do modelo A sem inserções. A adição de attachments aumentou a eficiência do movimento do molar. Dois anexos otimizados ovais no lado vestibular tiveram o melhor efeito de controle da raiz durante o movimento mesial do molar, mas todos os anexos alcançaram o movimento de inclinação do molar.

Weckmann et al.(2019) relatou que a colagem precisa dos acessórios no tratamento com alinhadores é crucial para alcançar o movimento dentário pretendido. Assim, avaliamos cinco protocolos de colagem diferentes para attachments usados em tratamentos com alinhadores com o objetivo de identificar o protocolo mais preciso. Um acessório elipsóide e um retangular foram escolhidos e examinados de forma exemplar. Todos os attachments foram colados usando o mesmo alinhador de template, que foi produzido por termoformagem. O processo de colagem foi repetido 30 vezes com cada protocolo para análise estatística. Os protocolos diferiram no tipo de compósito utilizado (alta viscosidade, baixa viscosidade), na aplicação adicional de

uma perfuração no reservatório de fixação e no uso de um procedimento de duas fases com compósito de alta viscosidade. Todos os anexos colados foram digitalizados a laser e comparados com os anexos de um modelo mestre usando um algoritmo de correspondência de superfície/superfície para determinar a precisão, ou seja, as maiores aberrações (distância vertical máxima) entre o anexo do mestre e os resultados obtidos dos vários protocolos de colagem. O protocolo de colagem com compósito de alta viscosidade sem perfuração no reservatório de fixação foi o mais impreciso. O uso de compósito de baixa viscosidade ou anexos feitos por procedimento bifásico com compósito de alta viscosidade revelaram resultados mais precisos.

D' Anto et al. (2019) demonstrou que os attachments são auxiliares compostos que são usados durante uma terapia ortodôntica com alinhadores transparentes para alcançar movimentos dentários difíceis. Dois fatores importantes são a configuração planejada e a posição real desses elementos auxiliares para obter o sistema de força desejado. O objetivo do presente estudo foi avaliar o papel de diferentes materiais compósitos na reprodução correta da forma e posição do encaixe. Métodos: Os materiais considerados no estudo foram uma resina fluida, um material restaurador dentário e um compósito ortodôntico. Os anexos foram criados em três modelos de dentes extraídos. Uma vez realizadas as impressões, 25 anexos de diferentes formas foram adicionados a cada modelo virtual para obter os moldes necessários para fazer os anexos. Cada material testado foi usado para criar um conjunto de 25 anexos que foram escaneados com uma precisão de 10 $\mu$ m. Os arquivos STL (estereolitografia) resultantes foram sobrepostos aos do plano virtual inicial, por meio do software Geomagic, e os escaneamentos alinhados foram então comparados usando um mapa de cores. Os parâmetros que foram calculados para fazer uma comparação entre os attachments criados e os ideais foram o desvio máximo em defeito e em excesso, o overflow e a diferença de volume. Além dessas medidas comparando os três grupos citados acima, foi analisada a diferença de volume entre todas as amostras ideais e realizadas. Para testar as diferenças entre os três grupos, uma análise de variância (ANOVA) de uma via foi usada com um teste post-hoc de Bonferroni. O nível de significância foi estabelecido em Os arquivos STL (estereolitografia) resultantes foram sobrepostos aos do plano virtual inicial, por meio do software Geomagic, e os escaneamentos alinhados foram então comparados usando um mapa de cores. Os parâmetros que foram calculados para fazer uma comparação entre os attachments

criados e os ideais foram o desvio máximo em defeito e em excesso, o overflow e a diferença de volume. Além dessas medidas comparando os três grupos citados acima, foi analisada a diferença de volume entre todas as amostras ideais e realizadas. Para testar as diferenças entre os três grupos, uma análise de variância (ANOVA) de uma via foi usada com um teste post-hoc de Bonferroni. O nível de significância foi estabelecido em

Os arquivos STL (estereolitografia) resultantes foram sobrepostos aos do plano virtual inicial, por meio do software Geomagic, e os escaneamentos alinhados foram então comparados usando um mapa de cores. Os parâmetros que foram calculados para fazer uma comparação entre os attachments criados e os ideais foram o desvio máximo em defeito e em excesso, o overflow e a diferença de volume. Além dessas medidas comparando os três grupos citados acima, foi analisada a diferença de volume entre todas as amostras ideais e realizadas. Para testar as diferenças entre os três grupos, uma análise de variância (ANOVA) de uma via foi usada com um teste post-hoc de Bonferroni. O nível de significância foi estabelecido em e as varreduras alinhadas foram então comparadas usando um mapa de cores. Os parâmetros que foram calculados para fazer uma comparação entre os attachments criados e os ideais foram o desvio máximo em defeito e em excesso, o overflow e a diferença de volume. Além dessas medidas comparando os três grupos citados acima, foi analisada a diferença de volume entre todas as amostras ideais e realizadas. Para testar as diferenças entre os três grupos, uma análise de variância (ANOVA) de uma via foi usada com um teste post-hoc de Bonferroni. O nível de significância foi estabelecido em e as varreduras alinhadas foram então comparadas usando um mapa de cores. Os parâmetros que foram calculados para fazer uma comparação entre os attachments criados e os ideais foram o desvio máximo em defeito e em excesso, o overflow e a diferença de volume. Além dessas medidas comparando os três grupos citados acima, foi analisada a diferença de volume entre todas as amostras ideais e realizadas. Para testar as diferenças entre os três grupos, uma análise de variância (ANOVA) de uma via foi usada com um teste posthoc de Bonferroni. O nível de significância foi estabelecido em Além dessas medidas comparando os três grupos citados acima, foi analisada a diferença de volume entre todas as amostras ideais e realizadas. Para testar as diferenças entre os três grupos, uma análise de variância (ANOVA) de uma via foi usada com um teste posthoc de Bonferroni. O nível de significância foi estabelecido em Além dessas medidas comparando os três grupos citados acima, foi analisada a diferença de volume entre

todas as amostras ideais e realizadas. Para testar as diferenças entre os três grupos, uma análise de variância (ANOVA) de uma via foi usada com um teste posthoc de Bonferroni. O nível de significância foi estabelecido em  $p < 0,05$ . Resultados: Não foram encontrados resultados estatisticamente significativos entre os três grupos em relação ao valor máximo em defeito, valor máximo em excesso e valor mínimo como controle, enquanto uma diferença estatisticamente significativa foi encontrada entre o transbordamento de resina ortodôntica quando comparado ao fluido composto.

Eliades et al. (2020) cita que para melhorar a movimentação dentária e ampliar o espectro de má oclusões que podem ser tratadas com alinhadores, os anexos de resina composta são rotineiramente colados com a técnica de condicionamento ácido em vários dentes, um processo conhecido por impor alterações irreversíveis na estrutura, cor, brilho e cor do esmalte. rugosidade. Diferentes materiais aplicados de maneira que envolve o desenvolvimento de atrito e atrito entre o acessório e o material do alinhador mais macio, todos atuando nas condições adversas do ambiente bucal, que impactam no envelhecimento desses materiais.

Ayidağa et al.(2021) descreveu os padrões de estresse e deslocamento criados por alinhadores transparentes e attachments compostos colados com a técnica de condicionamento ácido na superfície vestibular do primeiro molar superior superior durante sua distalização. A distalização dos molares superiores é um procedimento ortodôntico clínico usado para mover o primeiro molar superior distalmente. O procedimento é útil em pacientes com alguma má oclusão de Classe II, permitindo que o primeiro molar se mova para uma relação de Classe I e a correção de características de má oclusão associadas. Três modelos de elementos finitos foram projetados para simular o osso alveolar, o dente molar, o ligamento periodontal, o alinhador e as fixações compostas. O primeiro modelo não tinha fixação composta, o segundo modelo tinha uma fixação retangular vertical e o terceiro modelo tinha uma fixação recém-projetada. Foi desenvolvido um método de carregamento que imitava o movimento distal do molar do alinhador. Todas as configurações apresentaram alguma forma de rotação no sentido horário além do movimento distal. A porção da coroa do dente apresentou deslocamento máximo em todos os três modelos; no entanto, na ausência de fixação, o ápice radicular moveuse na direção oposta, o que foi compatível com o movimento de inclinação descontrolado. As simulações com anexos apresentaram o melhor desempenho quanto aos padrões de movimento. O

terceiro grupo, com o anexo recém-projetado, exibiram o melhor desempenho quanto à distribuição de tensões e maiores tensões no ligamento periodontal e no dente. A incorporação de um acessório retangular vertical em um alinhador transparente resultou na redução da tendência de inclinação mesiodistal durante a distalização do molar. O terceiro modelo foi o mais eficiente considerando tanto o padrão de deslocamento quanto a distribuição de tensões.

Hong et al.(2021) relata que as fixações compostas na superfície do dente destinam-se a permitir o controle ativo dos movimentos do dente. No entanto, movimentos dentários não intencionais ainda ocorrem. Neste estudo, apresentamos um design de inserção eficaz de um acessório que pode induzir eficientemente o movimento dentário comparando e analisando o movimento e a rotação dos dentes entre um acessório geral e um acessório saliente. Os modos de elementos finitos 3D foram construídos a partir de dados de CBCT e usados para analisar o deslocamento distal do incisivo central usando alinhadores de 0,5 e 0,75 mm de espessura sem acessório, e com acessórios gerais e pendentes. Os resultados mostram que o alinhador com o acessório saliente pode efetivamente reduzir a inclinação da coroa e evitar a rotação axial para um deslocamento distal pretendido do incisivo central. Em todos os modelos, um alinhador com ou sem attachments não foi capaz de prevenir a inclinação lingual do dente.

Segundo D'Anto et al.(2022) os attachments são auxiliares compostos que são usados durante uma terapia ortodôntica com alinhadores transparentes para obter movimentos dentários difíceis. Dois fatores importantes são a configuração planejada e a posição real desses elementos auxiliares para obter o sistema de força desejado. Os materiais considerados no estudo foram uma resina fluida, um material restaurador dentário e um compósito ortodôntico. As fixações foram criadas em três modelos de dentes extraídos. Uma vez realizadas as moldagens, 25 anexos de diferentes formatos foram adicionados em cada modelo virtual para obter os modelos necessários para fazer os anexos. Cada material testado foi usado para criar um conjunto de 25 anexos que foram digitalizados com uma precisão de 10 $\mu$ m. O tamanho do efeito eta-quadrado é de 0,37, assumindo um desvio padrão de 1 para cada grupo, considerando 25 anexos para cada grupo e um total de 75 anexos. Isso pode ser considerado um tamanho de efeito grande e foi escolhido porque o objetivo do estudo é avaliar diferenças clinicamente significativas. Três resinas compostas

foram selecionadas com base em três diferentes graus de viscosidade: uma resina fluida de baixa viscosidade (ENAMEL plus HRi® Flow HF, GDF GmbH), uma resina composta ortodôntica de média viscosidade (Bracepaste® Medium Viscosity Adhesive, AO) e uma resina de alta viscosidade -material restaurador dental de viscosidade (ENAMEL plus HRi® Enamel, GDF GmbH). Não foram encontrados resultados estatisticamente significantes entre os três grupos quanto ao valor máximo em defeito, valor máximo em excesso e valor mínimo como controle, enquanto foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre o overflow da resina ortodôntica quando comparado ao flowable composto. Os três materiais utilizados neste estudo eram adequados para a fabricação do acessório. A fidelidade da reprodução do anexo foi semelhante ao usar os três diferentes compósitos. O compósito ortodôntico apresentou mais overflow quando comparado com o flowable. Nucera et al.(2022) realizou uma revisão sistemática. Oito bancos de dados eletrônicos foram pesquisados até março de 2020. Dois autores procederam independentemente à seleção do estudo, extração de dados e avaliação do risco de viés. A análise dos resultados foi realizada examinando seis grupos de movimentos (inclinação méso-distal/movimento corporal; inclinação vestibulo-lingual anterior/torque radicular; inclinação vestibulo-lingual posterior/expansão; intrusão; extrusão; rotação). A literatura mostrou que os attachments aumentam principalmente a eficácia do tratamento ortodôntico com alinhadores transparentes, melhorando o torque anterior da raiz, a rotação e o movimento méso-distal (MD); também são importantes para aumentar a ancoragem posterior. No entanto, alguns artigos apresentaram resultados contraditórios ou não estatisticamente significativos. Os anexos também parecem melhorar a intrusão, mas faltam evidências sobre esse movimento, assim como a extrusão.

Valeri et al.(2022) usaram dois modelos de transferência feitos de dois materiais diferentes. O primeiro, denominado material termoformador biocompatível Leone hard/soft, possui módulo de Young menor e é rotulado como macio, enquanto o outro, denominado material termoformador biocompatível Leone, é marcado como rígido. Os compósitos à base de resina possuem diferentes propriedades mecânicas e reológicas. Especificamente, Transbond™ XT Light Cure Paste Adhesive, 3M tem uma viscosidade mais alta do que o TetricEvoFlow, Ivoclar Vivadent, um compósito nanohíbrido fluido. Os autores tentam estimar a classificação de desempenho entre os quatro pares possíveis obtidos pela combinação dos dois compósitos à base de

resina fotopolimerizável e modelos de transferência. Cada combinação foi repetida em seis modelos e comparada com doze modelos mestres, resultando em 36 amostras totais. Um scanner a laser 3D é usado para gerar um modelo digital de cada modelo. A comparação entre modelos digitais é a base para uma avaliação comparativa em termos de erro relativo e absoluto. O uso do Adesivo Transbond™ XT Light Cure Paste, 3M com um molde de transferência rígido está sempre associado a uma precisão significativa e dispersão menor. No entanto, em alguns casos, usar o modelo macio ou o compósito à base de resina fluida pode levar a desempenhos ruins. O processamento dos dados concedeu a seguinte classificação de desempenho desde o primeiro com menor erro de reprodução até o último caracterizado pelo pior desempenho: (1) colagem de anexos com gabarito rígido e Adesivo Transbond™ XT Light Cure Paste Adhesive, 3M, (2) colagem de anexos com soft gabarito e adesivo em pasta de cura leve Transbond™ XT, 3M, (3) fixação de anexos com gabarito rígido e TetricEvoflow, Ivoclar Vivadent, e (4) ligação de anexos com gabarito macio e TetricEvoflow, Ivoclar Vivadent.

Laohachaiaroon et al.(2022) relata que o alinhador transparente é uma opção estética e mais confortável para pacientes que necessitam de tratamento ortodôntico. Porém alguns tipos de movimentação dentária, como a extrusão, são difíceis com esta ferramenta. Os anexos compostos (attachments) têm sido sugeridos para melhorar o movimento dentário. Avaliou o deslocamento inicial e a distribuição de tensões durante a extrusão do incisivo central superior usando os attachments convencionais. Modelos maxilares com os dentes superiores, alinhadores transparentes e acessórios compostos colocados na superfície vestibular do incisivo central superior direito foram construídos. Quatro modelos foram criados para simular a extrusão do incisivo central superior: (1) sem qualquer inserção de resina composta; (2) fixação retangular chanfrada; (3) fixação elipsóide; e (4) fixação retangular horizontal. Os alinhadores transparentes foram projetados para realizar a extrusão dos incisivos centrais superiores. Os modelos construídos foram analisados pelo método dos elementos finitos. O deslocamento inicial e a distribuição de tensões foram analisados. A análise de saída constatou que o incisivo central superior direito no modelo com inserção retangular horizontal teve o maior movimento extrusivo, seguido pelo modelo com inserção elipsóide e o modelo com inserção chanfrada. A tensão de compressão máxima foi observada na região cervical do acessório composto. Acessórios

compostos, incluindo acessório retangular horizontal, acessório elipsóide e acessório chanfrado retangular podem ser usados para realizar a extrusão do incisivo central superior. A análise de saída constatou que o incisivo central superior direito no modelo com inserção retangular horizontal teve o maior movimento extrusivo, seguido pelo modelo com inserção elipsóide e o modelo com inserção chanfrada. A tensão de compressão máxima foi observada na região cervical do acessório composto. Acessórios compostos, incluindo acessório retangular horizontal, acessório elipsóide e acessório chanfrado retangular podem ser usados para realizar a extrusão do incisivo central superior. A análise de saída constatou que o incisivo central superior direito no modelo com inserção retangular horizontal teve o maior movimento extrusivo, seguido pelo modelo com inserção elipsóide e o modelo com inserção chanfrada. A tensão de compressão máxima foi observada na região cervical do acessório composto. Acessórios compostos, incluindo acessório retangular horizontal, acessório elipsóide e acessório chanfrado retangular podem ser usados para realizar a extrusão do incisivo central superior.

## **DISCUSSÃO**

Através de estudos mais atuais sobre a importância dos attachments para movimentação dentária na utilização de alinhadores estéticos, temos que citar Laohachaiaroon et al.(2022), que provou através de um estudo intitulado de “Deslocamento inicial e distribuição de tensão da extrusão do incisivo central superior com alinhadores transparentes e várias formas de anexos compostos usando o método dos elementos finitos”; neste estudo tivemos o seguinte resultado. De acordo com os resultados de deslocamento inicial, descobrimos que as três formas de encaixes compostos (retangular horizontal, elipsóide e chanfrada retangular) foram essenciais para ajudar na extrusão do incisivo central superior. Um acessório composto fornece uma aderência para o alinhador transparente para agarrar o incisivo central superior e transferir a força para extrudá-lo. Os resultados dos anexos compostos deste estudo atual estavam de acordo com estudos anteriores de alinhadores transparentes. Em outras palavras, os anexos compostos mostraram-se

necessários para melhorar a precisão do movimento dentário em vários tipos de movimento dentário na retração do canino superior, fechamento do diastema anterior superior e rotação pré-molar inferior. Todos os modelos com inserção de resina composta resultaram em deslocamento efetivo da extrusão inicial do dente do incisivo central superior direito. O modelo com a inserção retangular horizontal produziu a maior extrusão dentária (0,037991 mm), que foi maior que o modelo com a inserção elipsoide 0,000385 mm e maior que o modelo com a inserção retangular chanfrada 0,001205 mm. No entanto, essas diferenças foram muito pequenas e não foram clinicamente significativas. Isso ocorreu porque as três formas de fixação do compósito neste estudo também tinham uma superfície tangente à força extrusiva para receber a força do alinhador transparente. Isso correspondeu aos resultados de distribuição de tensões que mostraram tensões de Von Mises na região cervical de todas as fixações compostas.

Estudando a respeito de distalizações de molares superiores com alinhadores e auxílio de attachments, Ravera et al.(2016) mencionou que as Mudanças significativas nas posições sagitais dos primeiros e segundos molares superiores ( $P < 0,01$ ) foram reveladas após a distalização. O segundo molar apresentou movimento médio distal de 2,52 mm medido na cúspide méso-vestibular e de 2,12 mm medido no centro da coroa, sem inclinação significativa ( $P= 0,056$ ) e movimentos verticais da coroa ( $P=0,25$ ). A quantidade média de distalização do primeiro molar superior foi de 2,25 mm medido na cúspide méso-vestibular e 2,03 mm no centro da coroa, sem movimentos verticais significativos da coroa ( $P= 0,43$ ) e movimentos de inclinação ( $P=0,27$ ).

Segundo Hong et al. (2021) em seu estudo citou que as fixações compostas nas superfícies dos dentes demonstraram resultar em movimentos dentários desejáveis. Vários estudos investigaram o efeito da forma e posicionamento desses anexos no movimento dentário. Rossini et al. (2015) relataram que os attachments retangulares ou elipsoides melhoraram a qualidade dos movimentos dentários ortodônticos em sua revisão sistemática. Neste presente estudo, desenvolvemos um modelo 3D de elementos finitos da mandíbula que é capaz de ser usado para investigar um design de fixação “saliente” eficiente que pode induzir eficientemente os movimentos dentários desejados. Os resultados de nosso estudo sugerem que para um planejamento de translação distal de 0,1 mm para o incisivo central inferior usando

um alinhador, deve-se esperar inclinação da coroa, rotação axial e inclinação. Isso sugere que uma fixação eficaz (attachments) não é capaz de prevenir completamente a inclinação lingual, mas pode reduzir a rotação axial e a inclinação da coroa.

D'Anto et al. (2019), relata que alguns sistemas de alinhadores transparentes requerem anexos de resina colada para melhorar a retenção do alinhador e permitir movimentos dentários mais complexos. O uso correto do acessório pode influenciar significativamente a previsibilidade do tratamento, conforme demonstraram a partir da análise da eficácia dos attachments compostos no controle do movimento do molar superior com alinhadores. Por outro lado, os anexos podem ter eficácia diferente, dependendo de sua forma. As características de alguns acessórios dependem da própria composição do material. Conforme descrito na literatura, uma resina composta diferente pode ter desempenho diferente em termos de translucidez, resistência a manchas e dureza. Nesse contexto, analisaram a translucidez, resistência a manchas e dureza dos compósitos usados para os attachments Invisalign, testando dois compósitos restauradores dentários e três adesivos ortodônticos com diferentes propriedades no conteúdo de preenchimento. A capacidade do material em prevenir alteração de forma e superfície durante seis meses de tratamento também foi avaliada por Barreda et al.(2017), demonstrando que o uso de diferentes compósitos pode afetar a superfície, mas não a forma dos attachments. Os resultados de nossa investigação demonstraram que não houve diferenças ao analisar a forma e os volumes de anexos planejados e realizados usando três compósitos de viscosidade diferente, enquanto uma diferença significativa foi encontrada para o parâmetro de transbordamento.

Em sua revisão sistemática sobre o tema “Efeitos de anexos compostos na terapia de alinhadores ortodônticos transparentes”, Nucera et al. (2022) realizou As buscas eletrônicas identificaram 3.959 estudos; um estudo foi recuperado de fontes externas. 3.674 artigos permaneceram após a remoção das duplicatas e foram examinados com base no título e resumo. Após essa primeira triagem, 3.648 artigos foram excluídos e os 26 restantes foram examinados para elegibilidade com base no texto completo. No final desta seleção adicional 5 estudos foram identificados. As características dos cinco estudos selecionados estão resumidas. Eles incluíram dois ensaios clínicos randomizados (RCTs), dois ensaios clínicos controlados (CCTs) e uma série de casos. Além disso, os estudos ocorreram em universidades, hospitais

públicos e consultórios particulares. Os ECRs incluíram um total de 116 pacientes, os ECRs consideraram um total de 57 pacientes, o estudo de série de casos compreendeu uma amostra de 30 pacientes. Todos os ensaios incluíram ambos os sexos, com exceção de um ensaio em que os autores não especificaram esta informação. Os estudos foram realizados em pacientes adultos, com média de idade variando entre 18,0 anos e 32,9 anos. A duração do tratamento foi de aproximadamente dois anos em três ensaios clínicos, enquanto um estudo relatou em média 7,2 meses de tratamento e um artigo apenas especificou o número médio de alinhadores usados para todo o tratamento [dezoito] sem relatando o período de uso por cada alinhador. Todos os estudos incluídos continham a presença de pelo menos um grupo controle sem anexos ou com configuração de anexo diferente ou com o uso de elementos auxiliares adicionais. A maioria dos estudos avaliou a eficácia da terapia com alinhadores comparando os resultados clínicos previstos e obtidos [por sobreposição de modelos digitais], com exceção de um estudo que comparou valores cefalométricos pré-tratamento e pós-tratamento. Os anexos analisados foram: retangular, retangular chanfrado, otimizado e elipsóide. Estudos avaliaram diferentes movimentos dentários: três artigos analisaram inclinação mésiodistal ou movimento corporal, três estudos avaliaram inclinação vestibulo-lingual anterior/torque de raiz, dois relatórios trataram de intrusão e/ ou extrusão, e por fim três pesquisas consideraram o rodízio; ninguém analisou a inclinação/expansão vestibulo-lingual posterior. Esta é a primeira revisão sistemática que avalia a influência dos attachments compostos na terapia ortodôntica com alinhadores transparentes e as possíveis diferenças entre suas configurações (formato, tamanho, número e/ou posição). Para obter uma análise mais esquemática dos resultados, avaliamos separadamente cinco grupos de movimentos (inclinação anterior do BL/torque de raiz, intrusão, extrusão, rotação e movimento corporal na direção MD). Nenhum artigo analisou os efeitos das fixações na inclinação posterior do BL e/ou movimento de expansão. Enquanto a inclinação do BL é considerada um movimento mais fácil de ser obtido, o torque anterior da raiz representa um desafio para tratamentos com alinhadores. Esta revisão destaca a importância de elementos auxiliares para obter um melhor controle radicular, um conceito relatado anteriormente. Simon demonstrou que o torque [assim como o movimento do corpo] pode ser obtido com alinhadores e elementos auxiliares, como attachments e power ridges, uma vez que são capazes de liberar um sistema de forças adequado. Mais especificamente, o torque dos incisivos é menor com o uso

de anexos elipsoidais horizontais em comparação com os power ridges, que proporcionam uma força mais próxima ao colo do dente, são mais fáceis de aplicar e mais estéticos e, por fim, aumentam a resistência do alinhador no terço gengival. No entanto, a literatura mostrou que anexos e cristas de energia podem não ser suficientes para garantir um controle radicular correto e hipercorreção ou refinamento podem ser necessários, como sugerido anteriormente por Kravitz et al.(2008) e mais recentemente por Houle et al. (2017) e Khosravi et al.(2017). A retração dos dentes anteriores com um controle radicular adequado também depende da obtenção de uma ancoragem dentária posterior adequada, o que pode ser melhorado com a adição de attachments em um número maior de dentes [do canino ao segundo molar]. A literatura mostra que tanto a intrusão quanto a extrusão podem ser facilitadas pelo uso de anexos. Esses achados analisando a intrusão de incisivos, caninos e pré-molares. Todos os grupos com anexos apresentaram maior eficiência do que o grupo controle sem anexos realizando o movimento de intrusão. Além disso, os anexos podem melhorar a intrusão, aumentando a precisão do ajuste: alguns autores sugeriram o uso de anexos em pré-molares para aumentar a retenção de alinhadores durante a intrusão. Este efeito pode ser útil em casos de mordida profunda para melhorar o nivelamento da curva de Spee. A rotação é considerada um dos movimentos mais difíceis de corrigir com alinhadores transparentes, principalmente quando envolve dentes cônicos. A literatura mostra que o uso de anexos pode aumentar a eficácia do movimento de derrotação, criando rebaixos e melhorando a retenção. No que diz respeito à forma e tamanho, anexos maiores com bordas mais afiadas parecem ter melhor desempenho durante os movimentos de rotação. A ancoragem posterior também pode ser influenciada pela forma das fixações: as fixações horizontais otimizadas e retangulares mostraram os melhores resultados na ancoragem dos molares, ao contrário das retangulares verticais, que foram as menos efetivas. Esta revisão sistemática destaca que os acessórios geralmente causam efeitos terapêuticos significativos durante os tratamentos com alinhadores. Essa consideração nos permite concluir que os attachments podem melhorar a biomecânica dos alinhadores e, conseqüentemente, devem ser considerados importantes elementos auxiliares da terapia dos alinhadores. Ainda demonstrando os tipos de movimentos possíveis com a utilização de attachments Ayidağa et al. (2021) relatou em seu estudo que os alinhadores por si só não são adequados para obter movimento corporal como demonstrado para a translação palatina e labial do dente incisivo

superior. Os anexos representam os auxiliares necessários para auxiliar na obtenção de movimentos ortodônticos complexos. A eficácia dos anexos na produção de translação do dente corporal foi demonstrada em estudos anteriores. A fixação otimizada pode controlar a inclinação dos caninos e incisivos centrais durante o movimento de translação com alinhadores. Comba et al. descobriram que não apenas as fixações otimizadas foram eficazes na produção de movimento corporal do canino, mas também a fixação vertical produziu deslocamento da raiz vestibular, o que pode resultar em danos ao suporte periodontal. Além disso, a geometria/orientação do acessório, configuração horizontal vs vertical, influenciou o sistema de força ao nível do dente. Os acessórios retangulares verticais são usados rotineiramente na prática clínica para apoiar movimentos dentários complexos; no entanto, poucas evidências foram publicadas para apoiar sua eficácia durante a distalização de molares maxilares. A adição de um acessório retangular vertical resultou em um movimento distal dos ápices das raízes. Ainda assim, o deslocamento máximo foi observado ao nível da coroa para ambos os grupos com fixação, sugerindo algum grau de inclinação mesiodistal.

Já Simon et al. (2014) teve como objetivo de investigação avaliar a eficácia do tratamento de três movimentos dentários pré-definidos (translação, rotação e torque dos incisivos) com alinhadores usando o sistema Invisalign®, no que diz respeito à influência dos attachments/Power Ridges, do estadiamento e do paciente observância. Em nosso estudo, a eficácia global foi de 59,3%. Deve-se notar, entretanto, que a eficácia total em nosso estudo foi composta pela eficácia dos três movimentos investigados: rotação de pré-molares, distalização de molares e torque de incisivos. Assim, não reflete a eficácia do tratamento ortodôntico completo. Em seu estudo retrospectivo, Simon et al., analisando rotações de pré-molares  $>10^\circ$ , concluíram que o uso de attachments e a quantidade de movimento por alinhador tiveram grande impacto na previsibilidade do tratamento; a redução do estadiamento e o uso de anexos aumentam a previsibilidade do movimento dentário. Confirmando a necessidade dos attachments para as movimentações ortodônticas, Valeri et al. (2022) relata que os acessórios são auxiliares essenciais na técnica do alinhador. Eles geram componentes de relação momento-força para guiar os movimentos ortodônticos. Estes dependem das propriedades do material, quantidade de movimento programada em cada alinhador, anatomia do dente e uso de acessórios auxiliares. Os anexos permitem localizar a força ortodôntica que atua em um

determinado dente. Pode, portanto, ser o equivalente do braquete na técnica fixa. As fixações convencionais têm formato retangular ou elipsoidal e podem aumentar a retenção do alinhador. Os attachments otimizados têm formas diferentes para aumentar a eficácia clínica do alinhador na realização de movimentos mais complexos, como rotação, intrusão, extrusão ou distalização do molar superior. Cada acessório tem uma superfície ativa orientada para fornecer a força na direção desejada e criar a relação momento-força apropriada para cada movimento dentário. O desenho do acessório deve minimizar os componentes contralaterais da relação momento-força, criando um contra-momento que move o dente na direção oposta em relação ao movimento indesejado, como intrusão em caso de rotações e inclinação mesial na distalização do implante. molares superiores e inclinação nas translações. A posição de fixação, mais do que a forma, determina a eficácia do movimento. A análise de elementos finitos realizada por Barone et al.(2017) demonstra a eficácia dos attachments e não muda substancialmente variando seu posicionamento na coroa do dente. Ao mesmo tempo, ocorre uma pequena variação ao alterar sua orientação. Atenção especial deve ser dada ao processo de colagem de attachments otimizados, minimizando erros na técnica quanto à escolha do compósito à base de resina e ao uso correto do gabarito de transferência do modelo para a cavidade oral. O posicionamento incorreto do acessório resulta em movimento dentário incorreto e intensidade inadequada de força. Também não há consenso quanto à escolha do compósito a ser utilizado para fazer a fixação. D'Antò et al.(2019). comparam os três materiais a seguir: compósito fluido, material conservador e compósito ortodôntico, chegando a afirmar que os três materiais são adequados para a produção de attachments, pois reproduzem fielmente sua forma, mesmo que o compósito ortodôntico tenha valores mais elevados de overflow em relação ao fluido 1.

Segundo Hönn et al.(2006) em seu estudo, teve como o objetivo primário da paciente era submeter-se a tratamento para resolver seu apinhamento anterior da forma mais discreta possível esteticamente. Os achados diagnósticos foram: constrição do arco maxilar e mandibular com apinhamento dentário anterior; proclinação e anteposição dos anteriores; neutroclusão com sobressaliência de 6 mm e sobremordida de 1 mm. As radiografias mostraram uma inclinação mesial dos caninos inferiores e pré-molares e uma relação esquelética leve de Classe II com uma configuração craniofacial vertical. O tratamento foi iniciado com a extração dos quatro primeiros pré-molares e colocação dos attachments (compósito Tetric Ceram). Após

o uso dos alinhadores Invisalign, o segmento anterior foi verticalizado e retraído, o apinhamento resolvido e os arcos bem alinhados. A neutroclusão do paciente foi mantida, relações anteriores fisiológicas nos planos sagital e vertical foram alcançadas e os caninos inferiores e pré-molares foram verticalizados. O tratamento ativo durou 1 ano e 8 meses e meio e envolveu 43 alinhadores maxilares e 28 mandibulares.

Em comparação de alinhadores estéticos sem a utilização de attachments e com a utilização de attachments, Gomes et al. (2015) relatou em seu estudo que em termos de distribuição de tensão e tensão de compressão, sem as fixações compostas (attachments) observou-se uma área de compressão no terço cervical da superfície radicular distal e uma área de tensão no terço apical da superfície mesial. Com as fixações compostas (attachments), foram observadas áreas de compressão uniformes na superfície radicular distal e área de tensão uniforme na superfície radicular mesial. Áreas de compressão nas superfícies ativas das fixações compostas também foram observadas. Quanto aos padrões de movimento, foi observada uma inclinação distal descontrolada, com eixo de rotação entre os terços radiculares médio e cervical, sem fixação do compósito. O movimento corporal distal (translação) foi observado com a fixação composta. Os resultados deste estudo validam a proposta de que as fixações compostas ajudam a gerar um sistema de força que aproxima o movimento corporal do dente estudado. Quando o segmento do alinhador é deslocado distalmente sem encaixes, um momento no sentido horário e uma inclinação distal são produzidos no dente. A presença de anexos compostos ajuda a neutralizar essa inclinação, produzindo um contra-momento que, por sua vez, favorece um movimento corporal do canino. A magnitude desse contramomento depende da quantidade de deslocamento imposta ao segmento do alinhador e é produzida por um complexo sistema de forças que inclui forças nas superfícies ativas dos acessórios.

## CONCLUSÃO

Fundamentado na literatura consultada e discutida sobre a importância dos attachments para a movimentação dentária com alinhadores estéticos. Pode se concluir que:

1. O controle da movimentação dentária ortodôntica não é baseado apenas em alinhadores. Requer o uso de auxiliares (acessórios resinosos ou attachments, elásticos interarcos, geometrias alteradas dos alinhadores) para melhorar a previsibilidade do movimento ortodôntico.
2. Conclui-se que sobre o movimento de extrusão:
  - As três formas de fixação compostas, incluindo fixação retangular horizontal, fixação elipsóide e fixação retangular chanfrada, podem ser usadas para realizar a extrusão dentaria.
  - Nos três modelos, cada um com uma fixação composta, a distribuição de tensão no ligamento periodontal apresentou o mesmo padrão. A tensão máxima de tração foi encontrada ao redor da área apical do incisivo central superior direito. As tensões compressivas máximas foram observadas ao redor da área apical do incisivo lateral superior direito e do incisivo central esquerdo, uma vez que esses dentes serviram de ancoragem para a extrusão do incisivo central superior direito.
3. Conclui-se que sobre o movimento de intrusão:

- As forças intrusivas de alinhadores usando diferentes padrões de intrusão em dentes anteriores inferiores foram medidas e analisadas. A ativação real do alinhador em cada dente, que estava intimamente relacionada com a ativação projetada, forma e posição do encaixe, e o movimento relativo dos dentes adjacentes influenciaram a força de intrusão final. - Com a mesma ativação, os caninos experimentaram a maior força de intrusão quando intruídos sozinhos com alinhadores. Durante a intrusão combinada, caninos e incisivos receberam forças diferentes, e os primeiros pré-molares sofreram as maiores forças extrusivas.
  - A intrusão de dentes anteriores com diferentes quantidades de ativação simultaneamente não exerceu forças de intrusão efetivas em todos os dentes alvo.
  - O movimento de intrusão anterior alcançável com uso de alinhadores com attachments é comparável ao relatado para a técnica de fio reto. - Porém faltam evidências da influência dos anexos na intrusão dos demais dentes, embora os anexos pareçam melhorar a intrusão.
4. Conclui-se que sobre os movimentos de translação, angulação, inclinação e rotações:
- Os alinhadores Invisalign com attachments são eficazes na distalização de molares superiores em indivíduos sem crescimento sem movimentos de inclinação vertical e mesiodistal significativos. Como consequência, a altura facial inferior não se alterou ao final do tratamento. Portanto, os médicos podem considerar o uso de alinhadores Invisalign no planejamento do tratamento para pacientes adultos que necessitam de 2 a 3 mm de distalização do molar superior.
  - O anexo em resina (attachments) é eficaz na superfície do dente que pode induzir eficientemente o movimento corporal do dente com rotação axial não intencional mínima e movimentos dentários de inclinação da coroa. - O torque radicular anterior pode ser melhorado com o uso de elementos auxiliares, como power ridges e attachments. No entanto, eles podem ser insuficientes para garantir um controle de raiz correto. A ancoragem posterior parece importante para garantir um maior controle durante a retração dos

dentes anteriores. Pode ser melhorado adicionando anexos em um número maior de dentes [do canino ao segundo molar].

- A maioria dos estudos mostrou uma influência positiva das fixações no movimento de rotação, embora não estatisticamente significativa. O uso de dois attachments no lado vestibular e palatino ou a adição de attachments em dentes adjacentes não parecem melhorar a rotação. Anexos maiores com bordas mais afiadas mostraram melhores resultados. No entanto, vários fatores parecem influenciar a eficácia da depreciação.

- Os resultados mostraram que o uso de attachments pode aumentar a eficácia do movimento méso-distal do molar. No entanto, essa melhora pode não ser clinicamente significativa. A ancoragem posterior pode ser melhorada aumentando o número de anexos colados nos dentes posteriores e os encaixes horizontais otimizados e retangulares têm mostrado os melhores resultados.

- A configuração sem fixação (attachments) e com fixação (attachments) retangular vertical produziu inclinação do molar na direção mesiodistal, enquanto a fixação da guia produziu padrão de estresse e deslocamento que mais se assemelha ao movimento corporal.

- Os alinhadores com attachments são eficazes no controle do movimento corporal do molar superior quando uma distalização de 1,5 mm foi prescrita. - Movimentos dentários corporais como distalização de molares, torque de incisivos, bem como rotação de pré-molares podem ser realizados com o sistema Invisalign®. Especialmente a eficácia da rotação de pré-molares depende significativamente da velocidade, bem como da quantidade total de movimento do dente aplainado. O torque do incisivo superior e a rotação pura dos pré-molares são movimentos desafiadores usando aparelhos termoplásticos removíveis.

- A adição de attachments aumentou a eficiência do movimento do molar. Dois anexos otimizados retangulares no lado vestibular tiveram o melhor efeito de controle da raiz durante o movimento mesial do molar, mas todos os anexos alcançaram o movimento de inclinação do molar.

- Os anexos compostos biomecanicamente suplementares geram o sistema de força necessário para produzir o movimento corporal do dente; a ausência de anexos compostos biomecanicamente suplementares favorece a

inclinação indesejada do dente durante os movimentos de translação. - A terapia com alinhadores em associação com attachments compostos e elásticos classe II pode distalizar os primeiros molares superiores em 2,25 mm sem inclinação significativa e movimentos verticais da coroa. Não foram reveladas alterações na altura facial.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - AYIDAGA, Cengiz, et al. **Effects of Variable Composite Attachment Shapes in Controlling Upper Molar Distalization with Aligners: A Nonlinear Finite Element Study.** J Healthc Eng. 2021 Aug 20;2021:5557483. doi: 10.1155/2021/5557483. eCollection 2021.
- 2 - BARONE, S; et al. **Computational design and engineering of polymeric orthodontic aligners.** Int J Numer Method Biomed Eng. 2017 Aug;33(8):e2839.
- 3 - BARREDA, Graciela J; et al. **Surface wear of resin composites used for Invisalign® attachments.** Acta Odontol Latinoam. 2017 Aug;30(2):90-95.
- 4 - D'ANTO, Vincenzo; et al. **Evaluation of Tooth Movement Accuracy with Aligners: A Prospective Study.** Materials (Basel). 2022 Apr 4;15(7):2646. doi: 10.3390/ma15072646.
- 5 - D'ANTO, Vincenzo; et al. **Influence of Dental Composite Viscosity in Attachment Reproduction: An Experimental in Vitro Study.** Materials (Basel). Published online 2019 Dec 2. doi: 10.3390/ma12234001
- 6 - DASY, Hiltrud, DASY Andreas; et al. **Effects of variable attachment shapes and aligner material on aligner retention.** Angle Orthod. 2015 Nov;85(6):934-40. doi: 10.2319/091014-637.1.
- 7 - ELIADES, Theodore; et al. **The use of attachments in aligner treatment: Analyzing the "innovation" of expanding the use of acid etching-mediated bonding of composites to enamel and its consequences.** Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2020 Aug;158(2):166-174. doi: 10.1016/j.ajodo.2020.04.008. Epub 2020 Jul 2.
- 8 - GOMEZ, Juan Pablo; et al. **Initial force systems during bodily tooth movement with plastic aligners and composite attachments: A threedimensional finite element analysis.** Angle Orthod. 2015 May;85(3):454-60. doi: 10.2319/050714-330.1. Epub 2014 Sep 2.
- 9 - HONG, Kyungjae; et al. **Efficient Design of a Clear Aligner Attachment to Induce Bodily Tooth Movement in Orthodontic Treatment Using Finite Element Analysis.** Materials (Basel). 2021 Aug 30;14(17):4926. doi: 10.3390/ma14174926.
- 10 - HÖNN, Mirjam; et al. **A premolar extraction case using the Invisalign system.** J Orofac Orthop. 2006 Sep;67(5):385-94. doi: 10.1007/s00056-006-0609-6.

- 11 - HOULE, Jean-Philippe; et al. **The predictability of transverse changes with Invisalign.** Angle Orthod. 2017 Jan;87(1):19-24.
- 12 - KHOSRAVI, Roozbeh; et al. **Management of overbite with the Invisalign appliance.** Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2017 Apr;151(4):691-699.e2.
- 13 - KRAVITZ, Neal D.; et al. **Influence of attachments and interproximal reduction on the accuracy of canine rotation with Invisalign.** Angle Orthod. 2008 Jul;78(4):682-7.
- 14 - LAOHACHAIAROON, Pratchawin; et al. **Initial Displacement and Stress Distribution of Upper Central Incisor Extrusion with Clear Aligners and Various Shapes of Composite Attachments Using the Finite Element Method.** Dent J (Basel). 2022 Jun 20;10(6):114.doi: 10.3390/dj10060114.
- 15 - NUCERA, Riccardo; et al. **Effects of Composite Attachments on Orthodontic Clear Aligners Therapy: A Systematic Review.** Materials (Basel). 2022 Jan 11;15(2):533. doi: 10.3390/ma15020533.
- 16 - RAVERA, Serena; et al. **Maxillary molar distalization with aligners in adult patients: a multicenter retrospective study.** Prog Orthod. 2016;17:12. doi: 10.1186/s40510-016-0126-0. Epub 2016 Apr 18.
- 17 - ROSSINI, Gabriele, et al. **Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review.** Angle Orthod. 2015 Sep;85(5):881-9. doi: 10.2319/061614-436.1. Epub 2014 Nov 20.
- 18 - SIMON, Mareike; et al. **Treatment outcome and efficacy of an aligner technique--regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization.** BMC Oral Health. 2014 Jun 11;14:68.doi: 10.1186/1472-6831-14-68.
- 19 - VALERI, Cristina; et al. **Performance of Rigid and Soft Transfer Templates Using Viscous and Fluid Resin-Based Composites in the Attachment Bonding Process of Clear Aligners.** Int J Dent. 2022 Feb 12;2022:1637594. doi: 10.1155/2022/1637594. eCollection 2022.
- 20 - WECKMANN, Julia; et al. **Influence of attachment bonding protocol on precision of the attachment in aligner treatments.** J Orofac Orthop. 2020 Jan;81(1):30-40. doi: 10.1007/s00056-019-00204-7. Epub 2019 Dec 13.
- 21 - ZENG, Hong; et al. **[Effect of different root control attachments on the mesially movement of upper molar with plastic aligner].** Shanghai Kou Qiang Yi Xue. 2018 Apr;27(2):139-145.

## **ANEXO B – TERMO DE AUTORIZAÇÃO – MONOGRAFIAS E ARTIGOS**

### **PROTOCOLO DE ENTREGA E RECEBIMENTO DO TCC EM *CD- Rom*, EM FORMATO PDF PARA ARQUIVAMENTO NA BIBLIOTECA E PUBLICAÇÃO DIGITAL E ESCRITA**

Declaramos para os devidos fins, que o acadêmico  
, RA \_\_\_\_\_procedeu à entrega do Trabalho de

\_\_\_\_\_

Conclusão de Curso (TCC) em *CD-Rom*, em formato pdf.

Neste ato, o acadêmico autoriza, também, a Faculdade Sete Lagoas - FACSETE a disponibilizar gratuitamente, sem ressarcimento dos direitos autorais, o texto integral da publicação de seu TCC, de sua autoria. O TCC poderá ficar disponível na biblioteca e no site da instituição, em formato PDF, para fins de leitura e/ou impressão pela internet, a título de divulgação da produção científica gerada pela Faculdade Promove a partir desta data. Também poderá ser enviado para publicação em revistas científicas. Declara assim, que o trabalho não se trata de documento confidencial nem será objeto de registro de patente, podendo ser liberado para consulta em biblioteca, empréstimo e reprodução.

Marília, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de

Autor: (nome do acadêmico e assinatura. .. )

RG nº

CPF nº

Título do TCC:

Orientador: