

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Programa de Pós-graduação em Odontologia

Gabriel Maia Azevedo

**EFEITOS BIOMECÂNICOS DOS ALINHADORES ORTODÔNTICOS *IN-HOUSE*
NA EXPANSÃO DENTÁRIA E ROTAÇÃO DE INCISIVOS: um ensaio clínico
controlado**

Belo Horizonte
2025

Gabriel Maia Azevedo

**EFEITOS BIOMECÂNICOS DOS ALINHADORES ORTODÔNTICOS *IN-HOUSE*
NA EXPANSÃO DENTÁRIA E ROTAÇÃO DE INCISIVOS: um ensaio clínico
controlado**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Odontologia. Área de Concentração: Clínicas Odontológicas.

Linha de Pesquisa: Propriedades físicas, químicas e biológicas dos materiais odontológicos.

Orientador: Prof. Dr. Bernardo Quiroga Souki

Belo Horizonte

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

A994e Azevedo, Gabriel Maia
Efeitos biomecânicos dos alinhadores ortodônticos *in-house* na expansão dentária e rotação de incisivos: um ensaio clínico controlado / Gabriel Maia Azevedo. Belo Horizonte, 2025.
117 f. : il.

Orientador: Bernardo Quiroga Souki
Tese (Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Programa de Pós-Graduação em Odontologia

1. Ortodontia corretiva. 2. Maloclusão. 3. Técnicas de movimentação dentária. 4. Aparelhos ortodônticos removíveis. 5. Impressão tridimensional. 6. Eficácia. 7. Ensaio clínico controlado. I. Souki, Bernardo Quiroga. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título.

SIB PUC MINAS

CDU: 616.314-053.2

Gabriel Maia Azevedo

**EFEITOS BIOMECÂNICOS DOS ALINHADORES ORTODÔNTICOS *IN-HOUSE*
NA EXPANSÃO DENTÁRIA E ROTAÇÃO DE INCISIVOS: um ensaio clínico
controlado**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Odontologia, Área de Concentração: Clínicas Odontológicas.

COMPOSIÇÃO DA BANCA EXAMINADORA:

- 1- Prof. Dr. Pedro César Fernandes dos Santos - UFC
- 2- Prof. Dr. Benedito Viana Freitas – UFMA
- 3- Profa. Dra. Giselle Naback Lemes Vilani – FCMMG
- 4- Prof. Dr. Amaro Ilídio Vespasiano Silva – PUC Minas
- 5- Prof. Dr. Bernardo Quiroga Souki – PUC Minas

DATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA: 24 de fevereiro de 2025

A tese, nesta identificada, foi aprovada pela Banca Examinadora

Prof. Dr. Bernardo Quiroga Souki
Orientador

Prof. Dr. Rodrigo Villamarim Soares
**Coordenador do Programa de Pós-graduação
em Odontologia**

Ao meu orientador,
que não mediu esforços para que esta tese fosse concretizada.

Aos meus pais,
que sempre me apoiaram em todos os meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, fonte de inspiração e força em todos os momentos. Sua presença foi constante, iluminando meu caminho e sustentando-me nos desafios deste percurso.

Aos meus pais, Hevton e Cida, exemplos de dedicação, amor e resiliência, que sempre acreditaram em mim e ofereceram suporte incondicional. Suas orações e ensinamentos foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

À minha irmã Letícia, pelo carinho, apoio e palavras de incentivo. Sua amizade é um tesouro que guardo com gratidão.

À Carol, companheira incansável nesta jornada, pela paciência e compreensão nos momentos de ausência. Seu amor tornou este caminho mais leve e significativo.

Aos colegas da turma XXIV, Clara Sette, Jaqueline Bella Rosa, Júlia Castilho e Victor Lopes, com quem compartilhei experiências, aprendizados e desafios. Ao Arthur Siqueira e à Raiane Maia, pela dedicação ao desenvolvimento de todos os trabalhos. A convivência e a troca de conhecimentos foram essenciais para o crescimento acadêmico e pessoal durante o doutorado.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Bernardo Quiroga Souki, que é exemplo de dedicação e comprometimento. Bernardo se mostrou um verdadeiro líder, extraíndo sempre o melhor de cada um da sua equipe. Sua energia e conhecimento foram cruciais para o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos professores do programa de doutorado da PUC Minas, por transmitirem conhecimento com excelência e por contribuírem significativamente para a minha formação.

Aos funcionários da PUC Minas, que, com dedicação e gentileza, facilitaram a realização das atividades acadêmicas, contribuindo para o sucesso desta trajetória.

Aos pacientes que participaram deste estudo, pela confiança e disponibilidade em colaborar com a pesquisa. Sua contribuição foi essencial para que esta tese se concretizasse.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), por me proporcionar uma bolsa de estudo, que permitiu a dedicação necessária a este projeto.

Por fim, agradeço a todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste sonho. Este trabalho é resultado de um esforço coletivo e de muitas mãos que se uniram para construir este momento.

A todos, meu mais sincero e profundo agradecimento.

“Tudo posso naquele que me fortalece.”

(Filipenses 4:13)

RESUMO

Devido às limitações do sistema terceirizado de fabricação dos alinhadores ortodônticos, como o elevado custo e sua logística temporal, houve um crescente interesse pela técnica de fabricação pelo próprio profissional, denominada de alinhadores *in-house* (AIH), o que fez crescer as dúvidas e incertezas sobre a eficácia e a eficiência deste tratamento das máis oclusões. As dúvidas vão desde o formato e o posicionamento ideais dos *attachments*, como também sobre os efeitos secundários, além da quantidade ideal de movimento dentário por alinhador. Portanto, devido à escassez de informações concretas disponíveis na literatura a respeito dos alinhadores, esta tese de doutorado baseia-se em um ensaio clínico controlado, que contou com as seguintes etapas: 1) expansão das arcadas e 2) rotação dos incisivos. Na primeira etapa, foi avaliada a eficácia da expansão ortodôntica dos caninos, pré-molares e primeiros molares, utilizando AIH. Foram analisados também os efeitos secundários de torque e deslocamento vertical, dos caninos e primeiros molares, associados a diferentes formatos e posições de *attachments*. Na segunda etapa, foi comparada a eficácia do movimento de rotação dos incisivos, utilizando duas magnitudes de ativações diferentes (1° / 2°) por AIH. Após a expansão ortodôntica com AIH, foi observada uma maior eficácia na região dos primeiros e segundos pré-molares (59% e 46%, respectivamente) em comparação aos caninos (42%) e primeiros molares (31%). Os alinhadores apresentaram ótimo controle dos movimentos verticais e um bom controle de torque dos primeiros molares, porém, foi observado torque vestibular de coroa dos caninos. O *attachment Slice*, com a sua base voltada para a incisal, apresentou melhor controle de torque nos caninos quando comparado à base voltada para a porção gengival. Após a rotação dos incisivos com AIH, foi observada uma eficácia média de 44,5%. No arco superior, houve maior eficácia da magnitude de ativação por alinhador de 1° (52,8%) em comparação à de 2° (27,4%), já no arco inferior, as eficácias foram relativamente semelhantes, 2° (52%) e 1° (45,6%).

Palavras-chave: Ortodontia. Técnicas de movimentação dentária. Aparelhos ortodônticos removíveis.

ABSTRACT

Due to the limitations of outsourced orthodontic aligner manufacturing systems, such as high costs and time-related logistical constraints, there has been a growing interest in practitioner-led fabrication techniques, known as in-house aligners (IHA). This has led to increasing doubts and uncertainties regarding the efficacy and efficiency of this approach in treating malocclusions. These concerns include the optimal shape and positioning of attachments, potential secondary effects, and the ideal amount of tooth movement per aligner. Given the scarcity of concrete information available in the literature regarding aligners, this doctoral thesis is based on a controlled clinical trial comprising the following phases: (1) arch expansion and (2) incisor rotation. In the first phase, the efficacy of orthodontic expansion of canines, premolars, and first molars using IHA was evaluated. Additionally, secondary effects, such as torque and vertical displacement of canines and first molars, were analyzed in relation to different attachment shapes and positions. In the second phase, the efficacy of incisor rotation was compared using two different activation magnitudes (1° / 2°) per IHA. Following orthodontic expansion with IHA, greater efficacy was observed in the first and second premolar regions (59% and 46%, respectively) compared to canines (42%) and first molars (31%). The aligners demonstrated excellent control of vertical movements and good torque control for the first molars. However, vestibular crown torque of the canines was observed. The Slice attachment, when positioned with its base facing the incisal edge, provided better torque control for canines compared to when its base was oriented towards the gingival portion. After incisor rotation with IHA, an average efficacy of 44.5% was observed. In the upper arch, the activation magnitude of 1° per aligner showed higher efficacy (52.8%) compared to 2° (27.4%). In the lower arch, the efficacies were relatively similar: 2° (52%) and 1° (45.6%).

Keywords: Orthodontics. Tooth movement techniques. Orthodontic appliances, Removable.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Tridimensional
AIH	Alinhadores <i>in-house</i>
PETG	Polietileno tereftalato glicol
Q3DC	Quantificação de componentes 3D
ROI	<i>Region of Interest</i>
STL	<i>Stereolithography</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxo digital dos alinhadores ortodônticos <i>in-house</i>	28
Figura 2: A) <i>Scanner</i> intraoral; B) Modelo virtual.....	29
Figura 3: A) Segmentação dos dentes; B) Planejamento ortodôntico.....	30
Figura 4: Impressão dos modelos ortodônticos.....	31
Figura 5: A) Lavagem dos modelos; B) Câmara de pós-polimerização.....	32
Figura 6: Plastificadoras: A) Pressão MiniStar; B) Vácuo Bioart PlastVac P7.....	34
Figura 7: Modelo 3D impresso e plastificado.....	34
Figura 8: Alinhadores ortodônticos.....	35
Figura 9: <i>Attachments</i> ortodônticos.....	36
Figura 10: Etapas clínicas.....	41
Figura 11: Quantidade de pacientes elegíveis.....	42
Figura 12: <i>Attachments</i> em diferentes formatos e posições avaliados.....	44
Figura 13: Orientação dos modelos nos três planos do espaço.....	46
Figura 14: Área de registro dos modelos superiores. A) T0 - Inicial; B) AF - Planejado; C) T1-Final; D) Modelos em sobreposição.....	47
Figura 15: Área de registro dos modelos inferiores. A) T0 - Inicial; B) AF - Planejado; C) T1-Final; D) Modelos em sobreposição.....	48
Figura 16: Pontos de referência na avaliação dos movimentos. A) torque e deslocamento vertical; B) deslocamento vestibulo-lingual e C) rotação.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distribuição demográfica da amostra.....	42
Tabela 2: Avaliação da confiabilidade do método.....	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
2 REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1 A busca pela ortodontia estética.....	25
2.2 Alinhadores ortodônticos <i>in-house</i>	26
2.3 AIH e o seu fluxo digital de fabricação.....	27
2.3.1 Fluxo digital dos alinhadores.....	28
2.4 Attachments ortodônticos.....	36
3 HIPÓTESES.....	37
4 OBJETIVOS	39
4.1 Objetivo geral.....	39
4.2 Objetivos específicos.....	39
5 MATERIAL E MÉTODOS	41
5.1 Desenho do estudo	41
5.2 Participantes e intervenções.....	41
5.3 Obtenção dos modelos para análise de dados.....	43
5.4 Critérios de inclusão e exclusão.....	45
5.5 Método de sobreposição.....	45
5.6 Método de avaliação com o 3D Slicer.....	48
5.7 Calibração do erro do método.....	50
5.8 Análise estatística.....	51
6 ARTIGO CIENTÍFICO 1.....	53
7 ARTIGO CIENTÍFICO 2.....	75
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91
REFERÊNCIAS	93
ANEXO A - Checklist CONSORT.....	97
ANEXO B - Parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa.....	99
ANEXO C - Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos - ReBEC.....	103
ANEXO D - Termo de assentimento livre e esclarecido - TALE.....	105
ANEXO E - Termo de compromisso de utilização de dados - TCUD.....	109
ANEXO F - Termo de consentimento livre e esclarecido para responsáveis - TCLE.....	111
ANEXO G - Produção intelectual durante o curso de Doutorado.....	115

1 INTRODUÇÃO

A procura por aparelhos ortodônticos mais estéticos aumentou consideravelmente ao longo das últimas décadas, potencializada pelo crescente número de adultos buscando tratamentos para suas desarmonias oclusais e faciais (Jeremiah; Bister; Newton, 2011). Assim, os alinhadores ortodônticos ganharam popularidade, graças às suas características estéticas, facilidade na higiene oral, favorecimento na saúde periodontal, além de outros fatores de conveniência para os seus usuários (Azaripour *et al.*, 2015; Levrini *et al.*, 2015; Rossini *et al.*, 2015b). Diante das limitações do sistema de alinhadores ortodônticos industrializados, como alto custo e complexa logística temporal, naturalmente surgiu um fluxo digital de fabricação dos aparelhos pelos próprios ortodontistas, com processamento interno, denominado de alinhadores *in-house* (AIH).

Pelas características do encaixe e adaptação dos alinhadores às superfícies dentárias, a incorporação de pequenos incrementos de resina composta às coroas, durante o tratamento, aumenta a retenção dos aparelhos por meio do atrito e otimiza as movimentações dentárias (Rossini *et al.*, 2015a). Esses pequenos incrementos de resina são denominados de *attachments*, que significa “anexo” na língua inglesa.

A literatura atual tem limitada informação sobre quais *attachments* optar e qual seu melhor posicionamento na superfície dentária para determinados tipos de movimentos. Considerando a importância da expansão ortodôntica, como forma de equilibrar transversalmente as arcadas, criar espaços para dissolver apinhamentos e melhorar o controle biomecânico com o tratamento de alinhadores (Cao *et al.*, 2023; Li *et al.*, 2024), é importante determinar qual o melhor formato e posição dos *attachments* a fim de alcançar um resultado mais previsível e estável. Raras também são as informações disponíveis a respeito da quantidade ideal de movimentação ortodôntica por alinhador, como por exemplo a rotação dentária, que se caracteriza como um movimento desafiador devido a sua limitada eficácia com o tratamento de alinhadores (Upadhyay; Arqub, 2022).

Portanto, o objetivo desta tese foi o desenvolvimento de um ensaio clínico controlado com o intuito de avaliar dois aspectos: 1) a eficácia da expansão ortodôntica dos caninos, pré-molares e primeiros molares, utilizando AIH. Assim como os efeitos secundários de torque e deslocamento vertical, dos caninos e primeiros molares, associados a diferentes formatos e posições de *attachments*; 2) a eficácia da rotação de incisivos centrais e laterais, superiores e inferiores, utilizando dois parâmetros de ativação (1° / 2°) por AIH.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A busca pela ortodontia estética

Existem evidências que a má oclusão tem um impacto negativo na qualidade de vida das pessoas (Hassan; Amin, 2010; Liu; Mcgrath; Hagg, 2009). Assim, a procura pelo tratamento ortodôntico para se obter uma melhora da estética e da função oral, bem-estar psicossocial e qualidade de vida tem sido cada vez maior (Rosvall *et al.*, 2009).

Escavações e estudos de períodos distantes revelaram mandíbulas humanas com ligaduras metálicas e bandas ferulizando os dentes, demonstrando que a história da ortodontia na humanidade é muito antiga. No mundo contemporâneo, com a ativa participação de Edward Hartley Angle, criou-se sistemas de tratamento e ensino das técnicas ortodônticas, o que fez a ortodontia ser considerada a especialidade mais antiga da odontologia (Martins; Guedes; Furquim, 2022).

Nos primeiros anos do século XX, o aparelho fixo era conhecido como arco de cinta e consistia de bandas de ouro circundando cada dente, com bráquetes soldados. Nos anos 1950 e 1960, essas bandas, relativamente caras, passaram a ser feitas de aço inoxidável. Os aparelhos com bandas em todos os dentes permaneceram vigentes até a década de 1980, época que a inovação da colagem direta permitiu aos ortodontistas fixar diretamente um bráquete ao esmalte dentário. Naquela época, o aparelho fixo *Edgewise* era conhecido como aparelho de “grau zero”, caracterizado pela necessidade do ortodontista realizar as dobras de primeira, segunda e terceira ordem para corrigir a má oclusão (Tai, 2019).

Em 1970, Lawrence Andrews apresentou um sistema de bráquetes já com o deslocamento vestibulo-lingual, angulação e torque embutidos na base e no *slot* do bráquete. Este sistema ficou conhecido como aparelho de *Straight-Wire* (arco reto), sendo até os dias atuais o padrão dos aparelhos ortodônticos fixos multibráquetes (Tai, 2019).

Em 1975 os “aparelhos linguais” surgiram como uma alternativa estética para pacientes que não queriam que os bráquetes ficassem visíveis, nas superfícies vestibulares dos dentes. Os sistemas de bráquetes linguais também evoluíram ao longo do tempo para incluir imagens digitais, auxiliando na fabricação das bases dos bráquetes e dos arcos personalizados (Tai, 2019).

À medida que a busca por um aparelho ortodôntico mais estético progrediu, os bráquetes de cerâmica tornaram-se disponíveis no final dos anos 80. Na mesma época, novos arcos com propriedades elásticas térmicas como o nitinol, a liga de titânio-molibdênio e o níquel-titânio

termoativado, eliminaram a necessidade de se realizar dobras complexas e *loops* nos arcos. Atualmente existe uma infinidade de variações de bráquetes disponíveis em prescrições, modelos e tipos de materiais (Martins; Guedes; Furquim, 2022).

Assim, ao traçarmos a evolução do aparelho ortodôntico ao longo dos anos, podemos ver a mudança em direção a um aparelho cada vez mais estético e higiênico, capaz de movimentar os dentes por meio de um sistema de forças biologicamente compatível.

Os alinhadores surgiram como uma nova opção de tratamento ortodôntico, ainda na década de 1940, quando Harold Kesling (Kesling, 1945), apresentou o *Tooth Positioning Appliance*, considerado o precursor dos alinhadores modernos, por ser flexível e confeccionado sobre *setups*. Para desenvolver esse aparelho, dois pares de modelos idênticos do paciente precisavam ser feitos. Um era usado para realizar um *setup* final do caso e o outro servia como controle. Tratava-se de um processo de trabalho intenso, em que os dentes que precisavam ser movidos eram segmentados da base e recolados com cera em seus lugares ideais, logo em seguida, uma moldeira a vácuo era confeccionada. Esse processo era realizado para cada movimento dentário, em uma série de etapas, até que os dentes estivessem alinhados.

Pode-se destacar que as principais vantagens do tratamento com alinhadores são: melhor estética, conforto para alimentação e higiene oral, além de consequente melhora na qualidade de vida (Fujiyama *et al.*, 2014).

2.2 Alinhadores ortodônticos *in-house*

No Brasil, percebe-se um aumento significativo do interesse dos ortodontistas pelo uso de alinhadores nos últimos anos. Nos consultórios privados, a demanda espontânea pelo uso de dispositivos “invisíveis” e removíveis é grande.

A oferta de alinhadores por empresas, terceirizando integralmente a confecção de aparelhos, é muito conveniente para o profissional, que recebe um produto de qualidade sem os problemas da gestão de uma produção própria. Por outro lado, a escolha por um sistema terceirizado impõe ao ortodontista aspectos financeiros e de tempo de produção que nem sempre viabilizam os tratamentos e as demandas específicas de alguns pacientes. Diante das limitações do sistema terceirizado, foram desenvolvidos métodos que permitissem que os alinhadores fossem feitos diretamente pelos próprios profissionais, técnica conhecida como *in-house*, *in-office*, ou *DIY (do-it-yourself)* (Elkholy *et al.*, 2017; Souki *et al.*, 2021).

A escolha pela utilização do termo *in-house* no corpo da presente tese se justifica pela sua maior popularidade, que fica claro quando realizamos uma pesquisa no PubMed®

(<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>): (*in-house aligners* - 500 resultados); (*in-office aligners* - 48 resultados) e (*do-it-yourself aligners* - 16 resultados).

Os AIH eliminam a necessidade de um serviço externo, enquanto a integração do software a *scanners* e impressoras 3D permitem que o ortodontista obtenha controle total sobre o fluxo de trabalho dos alinhadores. Tal fato elimina as desvantagens da terceirização em termos de taxas adicionais e tempo necessário para a produção dos alinhadores. Disponibilizar alinhadores aos pacientes em questão de poucas horas; fornecer reposições imediatas diante de perdas, quebras ou manchas; equilibrar os custos de produção perante as demandas próprias de cada mercado e de acordo com o perfil dos pacientes são algumas das vantagens do sistema *in-house* sobre a terceirização.

Fatores que também podem contribuir para o contínuo crescimento da demanda por AIH incluem: 1) a evolução tecnológica das impressoras 3D (tridimensional) e das plataformas computacionais; 2) o aumento da previsibilidade de resultados com o ganho de experiência e treinamento no uso de alinhadores pelos ortodontistas; 3) o aumento da preocupação e consequente investimento familiar em saúde; 4) a melhoria de indicadores financeiros globais pós-pandemia Covid-19; 5) as vantagens estéticas e de conforto para pacientes cada vez mais exigentes; 6) o envelhecimento da população mundial. Além disto, a migração de empresas odontológicas tradicionais para o mercado de alinhadores (3M, Straumann, Ormco, Dentisply-Sirona, Henry Schein, Argen) é forte indicativo do potencial de crescimento em curto intervalo de tempo. Mesmo em países em desenvolvimento, com populações menos envelhecidas e com menores recursos financeiros, percebe-se um aumento na demanda pelos alinhadores (Souki *et al.*, 2023).

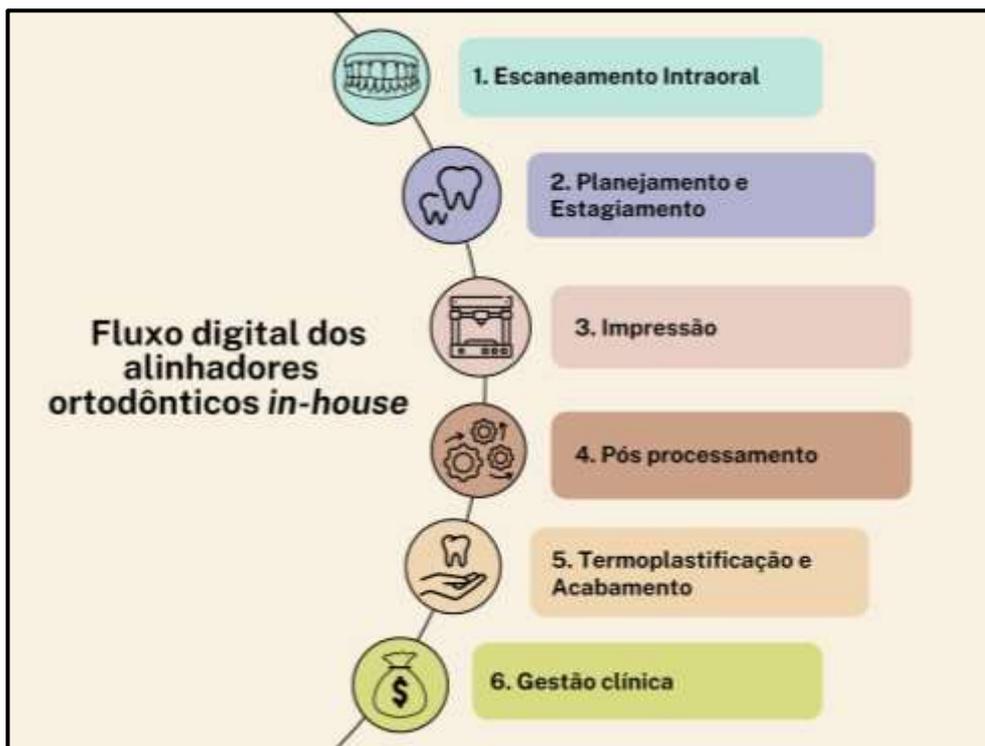
2.3 AIH e o seu fluxo digital de fabricação

Nas técnicas iniciais de fabricação dos alinhadores, totalmente não digitais, os modelos de gesso eram manipulados, e assim realizadas inserções de deformações anatômicas diretamente no alinhador (bolhas), por meio de alicates próprios. Tal técnica era extremamente trabalhosa, limitando a quantidade de movimentações em um mesmo modelo, e também no número de *sub-setups*. Mas foi a experiência com esta forma de tratamento que permitiu uma evolução natural, com a acessibilidade e melhora dos sistemas computacionais (Souki *et al.*, 2023).

No conceito atual, ainda dominante, os alinhadores são fabricados de maneira indireta, com o uso de modelos virtuais digitais, sendo obtidos pela termoplastificação de laminados

poliméricos sobre modelos de *sub-setups* impressos em resina fotossensível, a partir do estagiamento dos movimentos dentários. Alternativamente, e de forma cada vez mais frequente, os alinhadores podem ser impressos diretamente em resina desenvolvida para este fim. Assim, a fabricação de AIH de forma indireta segue necessariamente um fluxo de ações, sendo boa parte delas digitais e divididas em seis estágios (Fig. 1).

Figura 1: Fluxo digital dos alinhadores ortodônticos *in-house*



Fonte: Souki *et al.* (2023)

2.3.1 Fluxo digital dos alinhadores

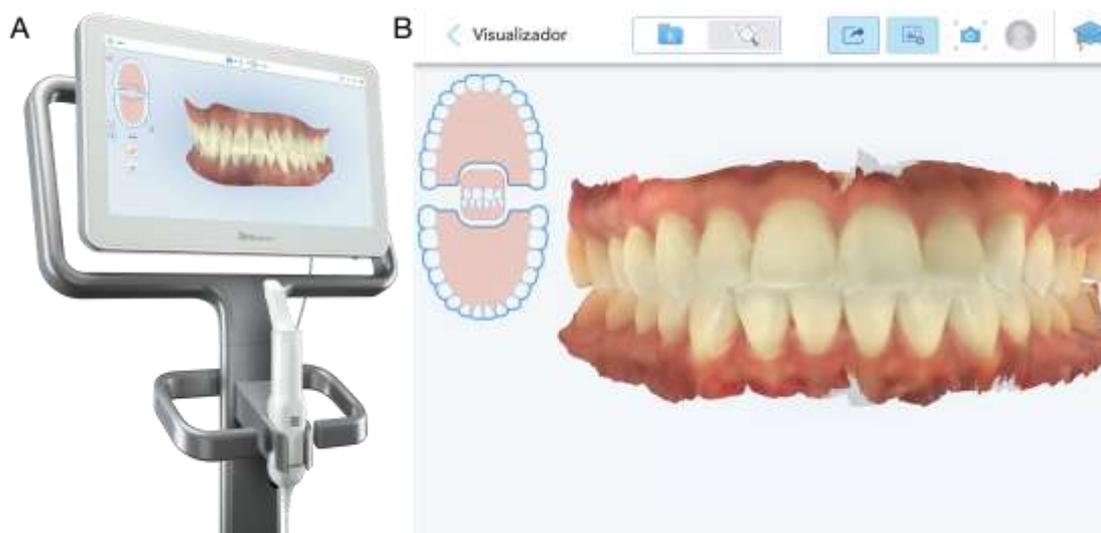
a) Estágio 1 - Escaneamento intraoral:

O escaneamento intraoral foi inicialmente usado para fins de planejamento e manutenção de registros, mas muitas outras aplicações clínicas foram criadas à medida que os pacotes de software 3D se tornaram mais sofisticados e acessíveis. Dessa forma, o escaneamento representa apenas a primeira peça do “quebra-cabeça” ortodôntico digital (Fig. 2A).

Diante do aumento da acessibilidade e facilidade para a aquisição de *scanners* próprios, bem como da possibilidade de aluguel eventual desses equipamentos, o

emprego de escaneamentos intraorais tornou-se mais frequente no dia a dia dos ortodontistas. São equipamentos usados para a captura óptica da morfologia dos arcos dentários, coletando informações sobre a forma e o tamanho das estruturas intraorais (Fig. 2B) (Imburgia *et al.*, 2017). Além disso, o escaneamento intraoral é eficiente, menos estressante para o paciente do que a moldagem convencional e apresenta boa aceitabilidade (Brucoli *et al.*, 2020; Suese, 2020).

Figura 2: A) Scanner intraoral; B) Modelo virtual



Fonte: Elaborado pelo autor

b) Estágio 2 - Planejamento e estagiamento:

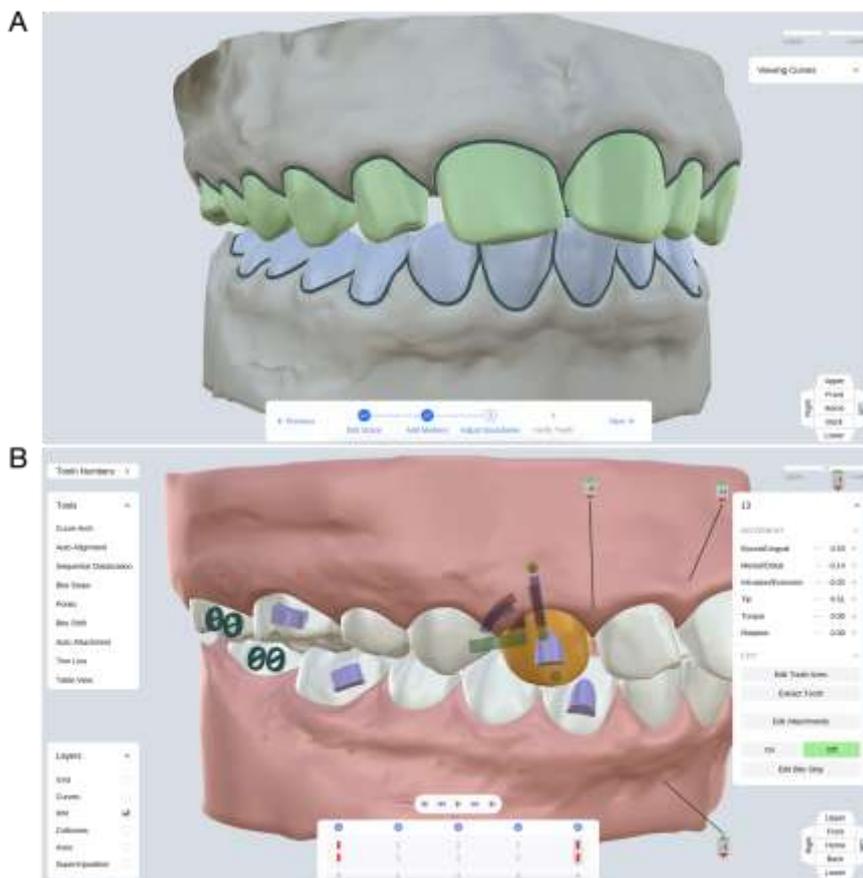
Após o escaneamento intraoral, no qual os arquivos STL (*Stereolithography*) são gerados, é feita a escolha da plataforma computacional, para que os movimentos ortodônticos possam ser planejados. O mercado atual oferece diversas plataformas aos ortodontistas, algumas que trabalham essencialmente *off-line*, sem a necessidade de acesso à nuvem, e outras que são totalmente dependentes de acesso à internet em tempo real. Existem também plataformas totalmente gratuitas e outras com custos variados. Diante das inúmeras possibilidades, a relação custo-benefício deve ser levada em consideração e o ortodontista avaliar o que é melhor para a sua realidade.

Uma vez adequadamente carregados na plataforma, os modelos são orientados e recortados, e os dentes são individualmente segmentados, permitindo que cada unidade possa ser manipulada pelo ortodontista no estágio subsequente de movimentação dentária (Fig. 3A). O planejamento ortodôntico é então realizado

pelo ortodontista: são feitas as movimentações dentárias necessárias (intrusão, extrusão, rotação, mesialização, expansão, dentre outras), inserção dos *attachments* aos dentes (disponíveis em diferentes tamanhos e formas), mecânicas auxiliares são idealizadas e organizadas (uso de elásticos, mini-implantes, necessidade de *slice*), identificação da quantidade de estágios de *sub-setups* necessários e o preparo dos modelos para a impressão (ocos ou não; com ou sem base; impressão vertical ou horizontal) (Fig. 3B).

Ressalta-se que os movimentos ortodônticos realizados com AIH possuem detalhes e particularidades que os diferem da mecânica ortodôntica fixa convencional e que precisam ser respeitados pelo ortodontista na busca pela maior previsibilidade, eficácia e eficiência dos resultados.

Figura 3: A) Segmentação dos dentes; B) Planejamento ortodôntico



Fonte: Elaborado pelo autor

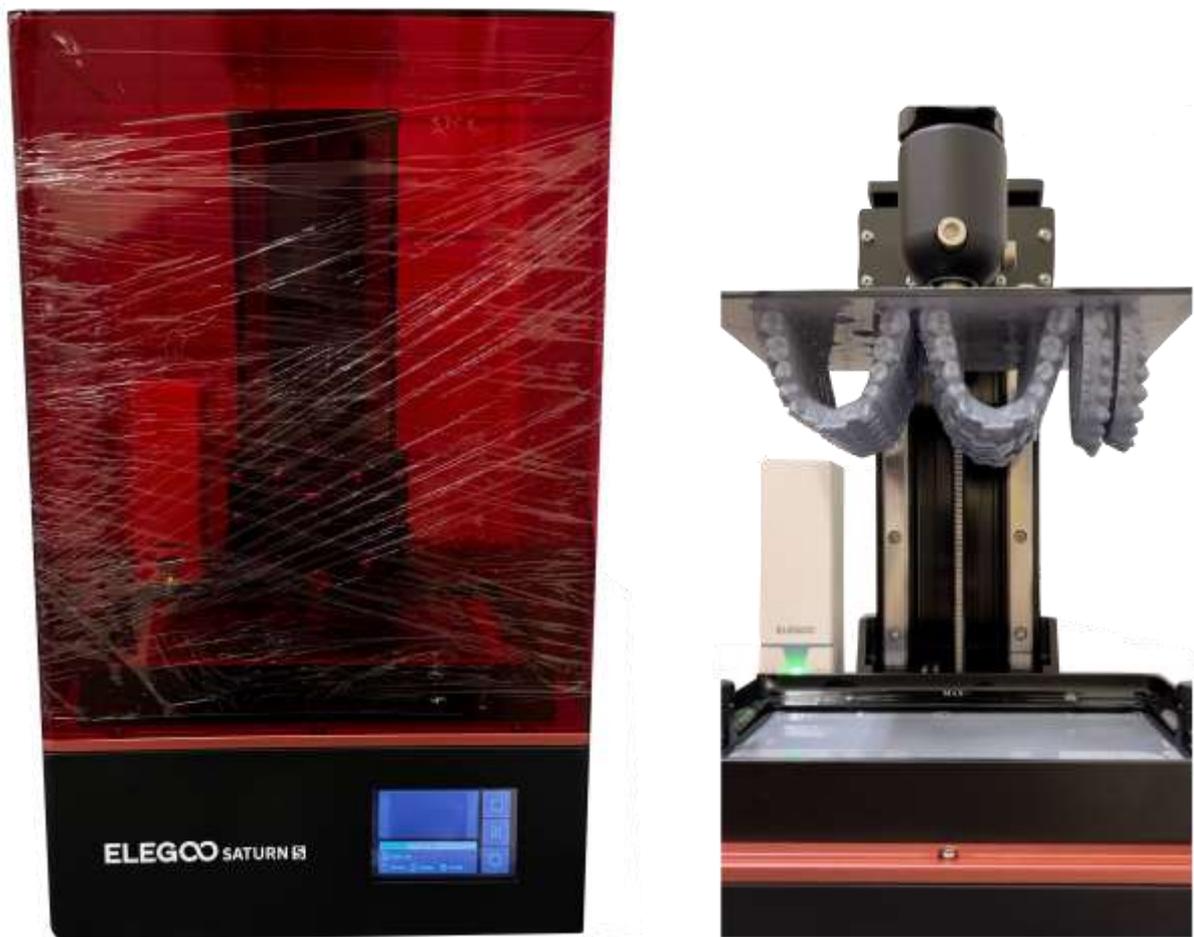
c) Estágio 3 - Impressão

Uma vez finalizada a inserção dos *attachments* e gerados os arquivos STL com os diversos estágios de *sub-setups*, o ortodontista poderá imprimir os modelos em

resina fotossensível que serão utilizados para a termoplastificação dos alinhadores, ou encaminhar para uma empresa terceirizada realizar a impressão (Fig. 4).

A impressão 3D interna é considerada uma “tecnologia disruptiva” na ortodontia, capacitando os especialistas a assumir o controle de todos os aspectos do tratamento com alinhadores e, assim, desafiar tanto o domínio das grandes marcas orientadas para as vendas quanto o desafio emergente do “direto ao consumidor”. A impressão 3D tem a capacidade de produzir modelos odontológicos em um intervalo de tempo relativamente curto e com uma excelente precisão.

Figura 4: Impressão dos modelos ortodônticos



Fonte: Elaborado pelo autor

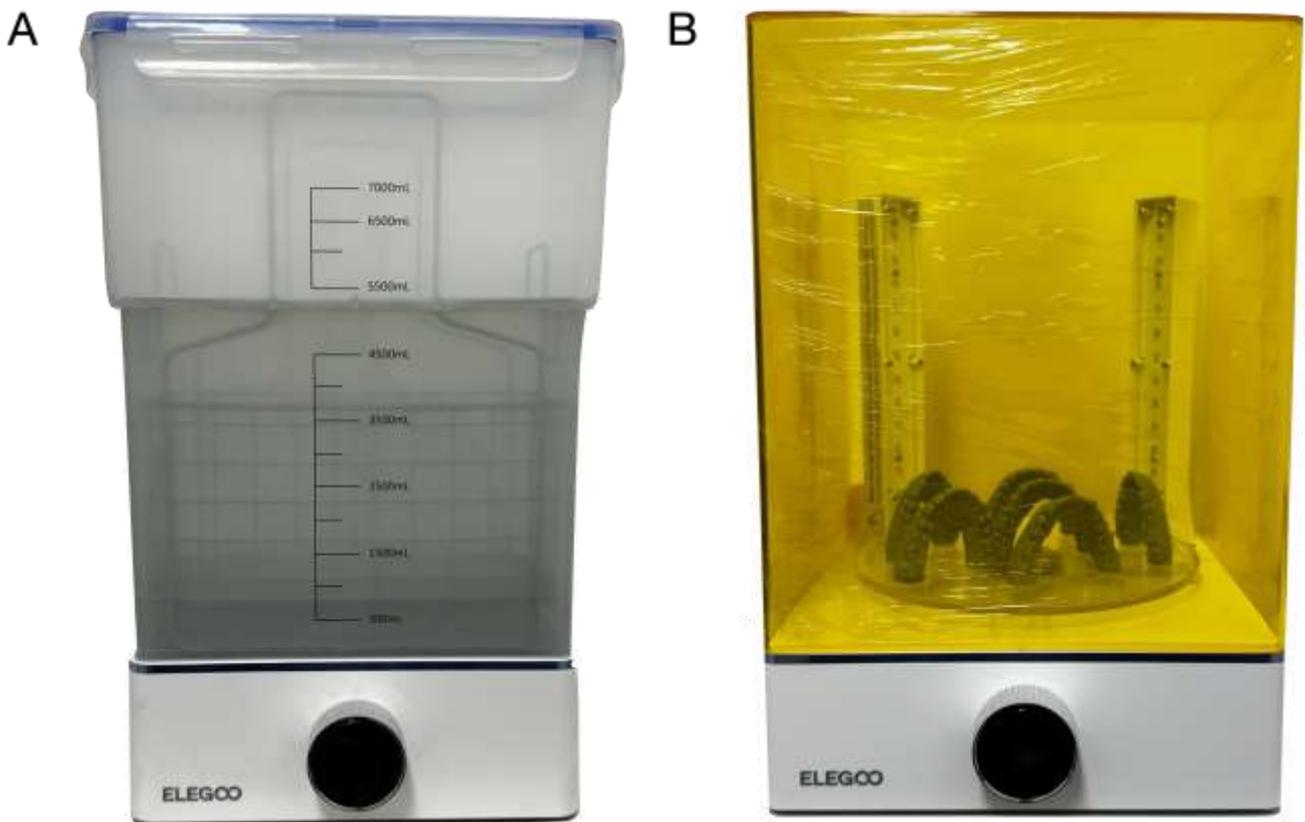
d) Estágio 4 - Pós-processamento

Após a impressão, para limpeza e remoção de restos de resina não curada, os modelos passam por lavagem em banhos sequenciais de álcool. Inicialmente, são lavados manualmente em caixas apropriadas contendo álcool etílico, em seguida,

os modelos são inseridos em uma lavadora automática contendo álcool isopropílico, onde permanecem por alguns minutos pré-determinados (Fig. 5A).

Logo após, os modelos são removidos da plataforma de impressão para a cura final na câmara de pós-polimerização sob luz ultravioleta (Fig. 5B). Assim, estarão prontos para o procedimento de termoplastificação dos alinhadores.

Figura 5: A) Lavagem dos modelos; B) Câmara de pós-polimerização



Fonte: Elaborado pelo autor

e) Estágio 5 - Termoplastificação e acabamento

Após a impressão, lavagem e completa polimerização dos modelos de *sub-setups*, inicia-se a fabricação propriamente dita dos alinhadores, por meio da termoplastificação de laminados poliméricos sob vácuo ou pressão. Diferentes materiais termoplásticos podem ser empregados, tendo as características biomecânicas influenciadas por suas propriedades. Dentre os diversos materiais utilizados, existe atualmente uma predominância na utilização do polietileno tereftalato glicol (PETG), mas pode-se destacar também a utilização de polipropileno, policarbonato, poliuretanos termoplásticos e copoliéster.

Os laminados plásticos utilizados na ortodontia podem apresentar camada única ou multicamadas, além de espessuras variadas (0,5 mm a 1,0 mm), que podem afetar suas propriedades mecânicas e, portanto, o seu desempenho clínico. Ainda não existe consenso na literatura sobre qual laminado plástico é considerado ideal, fato que pode ser explicado pela técnica ser recente e pelas complexas combinações necessárias para realizar um tratamento ortodôntico (tipo de movimento dentário realizado, tempo de uso dos alinhadores, uso e cuidados do paciente, dentre outros). Para um tratamento eficaz com alinhadores, são necessários materiais termoplásticos capazes de exercer um movimento fisiológico aos dentes, com forças leves e constantes durante seu uso. Dessa forma, as empresas fabricantes estão focadas em melhorar a qualidade dos laminados plásticos em termos de elasticidade, durabilidade e resistência à coloração e microfissuração sob força e ambiente bucal.

Após a escolha do laminado plástico, é feita a sua plastificação nos modelos de *sub-setups* em plastificadoras a pressão ou a vácuo (Figs. 6A e 6B). Ambos os tipos de máquinas são amplamente utilizados, mas possuem características distintas entre si que devem ser levadas em consideração. As plastificadoras a vácuo são mais baratas, no entanto, o processo de plastificação depende do operador e possuem dificuldade de gerar uniformidade no alinhador confeccionado (pois não oferecem controle de tempo e temperatura); por outro lado, as plastificadoras a pressão possuem valor mais elevado, no entanto, oferecem melhor controle na confecção dos alinhadores (possibilitam inserir as características do laminado plástico e permitem o controle de tempo e temperatura).

Após a plastificação (Fig. 7), deve-se aguardar o tempo de resfriamento da placa. Em seguida é feito o recorte, acabamento e polimento dos alinhadores, que devem ficar com a superfície sem excessos para não machucar a mucosa do paciente (Fig. 8), para então identificação, embalo e por fim, entrega ao paciente para uso.

Figura 6: Plastificadoras - A) Pressão MiniStar; B) Vácuo Bioart PlastVac P7



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 7: Modelo 3D impresso e plastificado



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 8: Alinhadores ortodônticos

Fonte: Elaborado pelo autor

f) Estágio 6 - Gestão clínica

Dentre as diversas etapas necessárias para a confecção dos alinhadores ortodônticos *in-house*, a gestão clínica é a mais desafiadora para os profissionais. Isso porque ser um ortodontista experiente com as técnicas convencionais é aspecto importante para o emprego de alinhadores no tratamento, mas não é suficiente para reconhecer as limitações do sistema e saber como superá-las com manobras especiais. Isso se aplica, de forma ainda mais expressiva, aos AIH, devido aos algoritmos pouco aprimorados da maioria dos softwares e à baixa tecnologia dos laminados plásticos utilizados na técnica de termoplastificação.

Os AIH proporcionam uma nova rotina clínica aos profissionais, que precisam ter conhecimento e controle das diversas etapas do fluxo digital (diferentes dos métodos tradicionais ensinados ao longo dos anos) e das metas de fabricação. Além disso, toda a demanda do consultório é distinta (tempo de cadeira, intervalo entre as consultas, necessidades dos pacientes, dentre outras) e os equipamentos e instrumentais são únicos da técnica.

2.4 Attachments ortodônticos

A incorporação de pequenos incrementos de resina composta aos dentes durante o tratamento com alinhadores aumenta a retenção do mesmo por meio do atrito e otimiza as movimentações dentárias (Barreda *et al.*, 2017; Martins; Parizotto, 2019; Rossini *et al.*, 2015b).

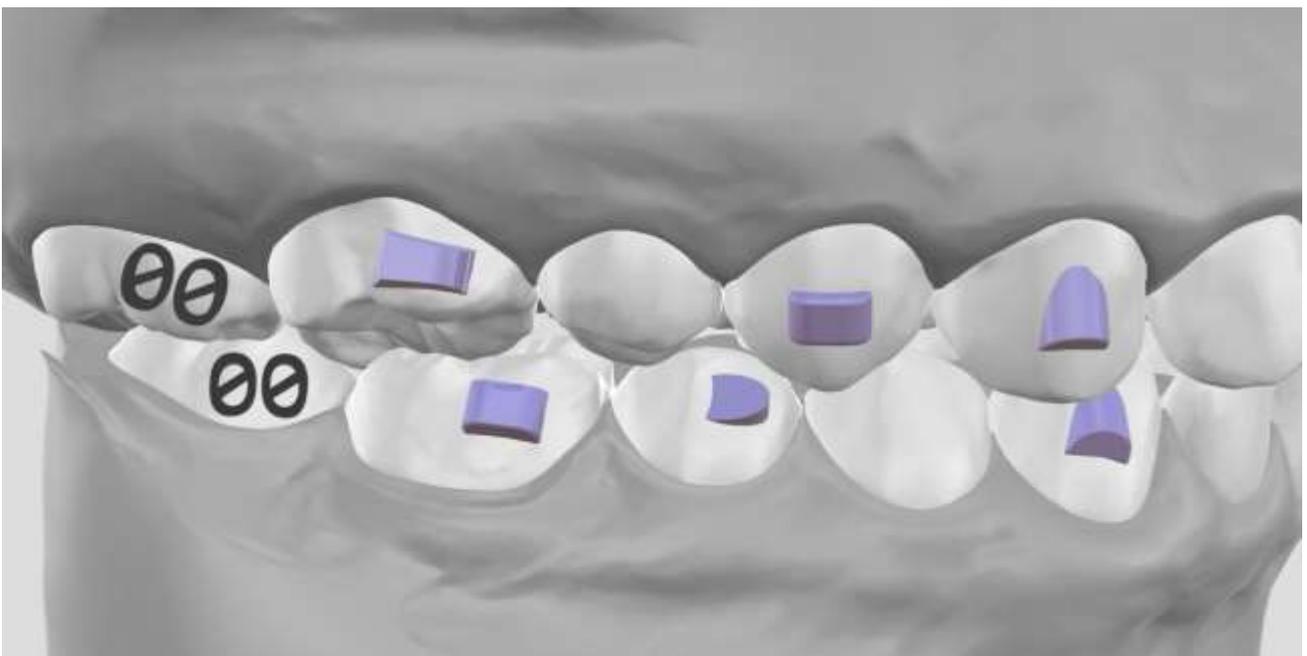
Esses pequenos incrementos de resina são denominados *attachments* (Fig. 9), que significa “anexo” na língua inglesa. Esses dispositivos são fotoativáveis, de cor compatível com a coloração do dente, colados à superfície dentária por uma combinação da resina composta com o sistema adesivo.

Para a confecção desses acessórios, o ortodontista utiliza o *template*, guia necessário durante o procedimento da colagem. Os espaços presentes no *template*, denominado de casulos, são preenchidos com resina composta e após a adaptação em boca são fotopolimerizados.

A literatura atual tem limitada informação sobre quais *attachments* optar para determinados tipos de movimentos e qual seu melhor posicionamento na superfície dentária.

Dessa forma, o presente estudo teve como um dos objetivos avaliar os efeitos biomecânicos de diferentes tipos e posições de *attachments* mediante o movimento de expansão, com a finalidade de aumentar a previsibilidade e estabilidade do tratamento ortodôntico com AIH, auxiliando os ortodontistas nas tomadas de decisões relacionadas a qual *attachment* escolher e onde posicioná-lo.

Figura 9: Attachments ortodônticos



Fonte: Elaborado pelo autor

3 HIPÓTESES

Esta tese foi dividida em duas investigações com questionamentos clínicos, portanto, foram geradas hipóteses de pesquisa para cada uma delas, apresentadas a seguir:

- a) Hipótese nula 1: não há diferença no controle de torque dos caninos e primeiros molares permanentes após a expansão dentária com AIH, associada ao posicionamento e formato dos *attachments*;
- b) Hipótese alternativa 1: há diferença no controle de torque dos caninos e primeiros molares permanentes após a expansão dentária com AIH, associada ao posicionamento e formato dos *attachments*;
- c) Hipótese nula 2: a eficácia da rotação de incisivos é semelhante quando são inseridos 1º ou 2º por estágio, utilizando AIH;
- d) Hipótese alternativa 2: a eficácia da rotação de incisivos é diferente quando são inseridos 1º ou 2º por estágio, utilizando AIH.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo geral

Investigar a eficácia dos movimentos de expansão dentária e rotação de incisivos com AIH.

4.2 Objetivos específicos

- a) analisar a eficácia da expansão ortodôntica dos caninos, pré-molares e primeiros molares, utilizando AIH;
- b) avaliar o controle de torque, deslocamento vestibulo-lingual e vertical, dos caninos e primeiros molares após a expansão ortodôntica com AIH, utilizando diferentes formatos e posições de *attachments*;
- c) comparar a eficácia da rotação de incisivos utilizando duas magnitudes de ativações diferentes (1° / 2°) por AIH;
- d) contrastar o movimento programado de rotação dos incisivos pelo software *ArchForm* com o movimento efetivamente alcançado.

5 MATERIAL E MÉTODOS

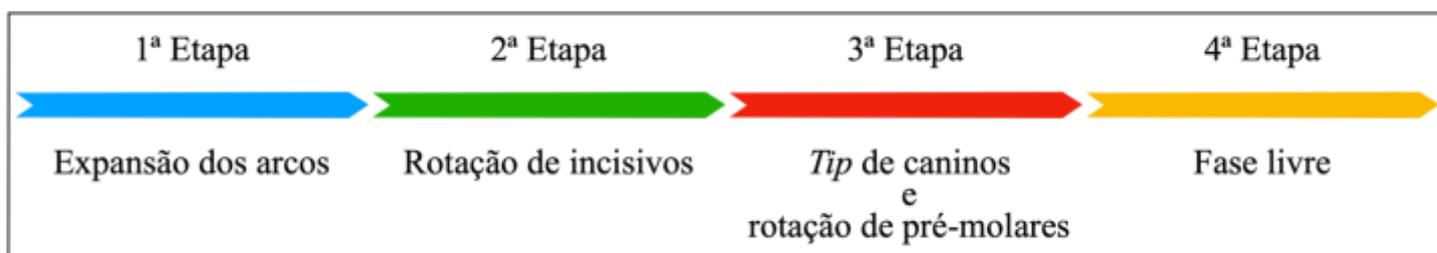
5.1 Desenho do estudo

Esse estudo é um ensaio clínico controlado, que incluiu informações coletadas entre fevereiro e outubro de 2024, e seguiu as diretrizes do CONSORT (Schulz; Altman; Moher, 2010), preconizadas para este tipo de estudo (ANEXO A). O estudo foi submetido e aceito pelo comitê de ética em pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (número do parecer: 6.335.303/CAAE: 71125723.5.0000.5137 (ANEXO B), além de ser registrado no ReBEC (Registro Brasileiro de Ensaio Clínicos), (código de identificação: U1111-1308-6317 (ANEXO C).

5.2 Participantes e intervenções

A idealização do presente estudo teve início em julho de 2023. Iniciou-se com o treinamento da equipe de pesquisa nos aspectos de planejamento digital e prática laboratorial, seguida pela triagem dos pacientes a serem tratados, de acordo com os critérios pré-estabelecidos de inclusão e exclusão. Os tratamentos aconteceram entre fevereiro e outubro de 2024, sendo divididos em quatro etapas sequenciais (Fig. 10). Inicialmente foram feitas expansões dentárias em ambas as arcadas com o objetivo de aumentar o espaço interproximal e conseqüentemente melhorar o controle biomecânico dos alinhadores, devido ao abraçamento interproximal do plástico aos dentes. Na segunda etapa, ocorreu a rotação dos incisivos centrais e laterais. Na terceira etapa, foram planejadas a angulação (*tip*) dos caninos e a rotação dos pré-molares. Na quarta e última etapa, foram administradas as demandas específicas de cada paciente de acordo com suas más oclusões, sendo considerada uma etapa “livre” para os refinamentos.

Figura 10: Etapas clínicas



Fonte: Elaborado pelo autor

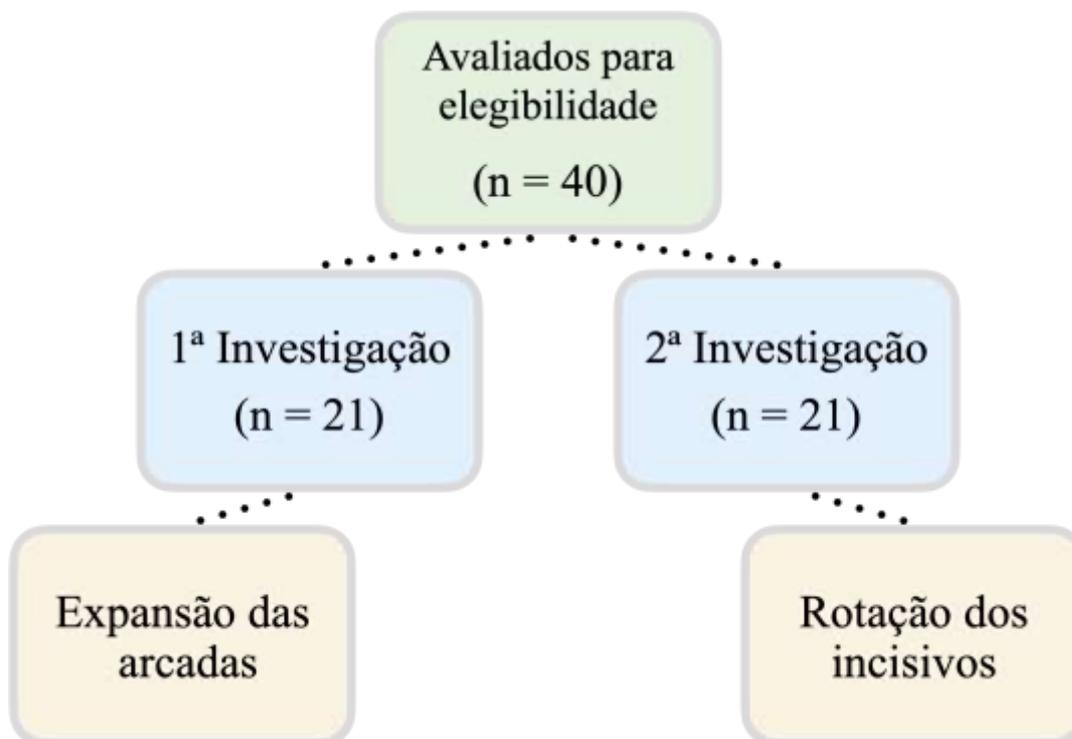
Na primeira e na segunda etapa, foram incluídos 21 pacientes (idade média de 21 anos, variando entre 12 e 30 anos) (Tabela 1; Fig. 11). Todos os pacientes seguiram o mesmo protocolo para as movimentações ortodônticas, recomendação do tempo de uso diário, intervalo entre as trocas e número de alinhadores.

Tabela 1: Distribuição demográfica da amostra

Características	Distribuição	
	n	%
Sexo		
Feminino	13	61,9
Masculino	8	38,1
Total	21	100,0
Faixa etária		
12 a 17 anos	8	38,1
18 a 24 anos	5	23,8
25 a 30 anos	8	38,1
Total	21	100,0

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 11: Quantidade de pacientes elegíveis



Fonte: Elaborado pelo autor

O cálculo amostral para o estudo global foi conduzido por meio do programa *G*Power*, considerando um alfa de 5%, um poder de 80% e um *effect-size* de 0,9, o que indicou a necessidade de uma amostra de 21 indivíduos. O tamanho do efeito (0,9) foi determinado pela eleição de um limite de tolerância clínica de 1 mm para a diferenciação dos grupos, em combinação com a informação encontrada na literatura do desvio padrão de 1,1 mm, relacionada às alterações na distância intercaninos após a expansão com alinhadores (Rocha *et al.*, 2023).

5.3 Obtenção dos modelos para análise de dados

Após a aquisição da documentação inicial (fotografias intra e extra-orais; telerradiografia em norma lateral da face e radiografia panorâmica), os modelos dentários digitais em formato STL dos pacientes foram obtidos com o *scanner* intraoral *3Shape* (*3Shape*, Copenhagen, Dinamarca) e o planejamento foi realizado utilizando o software *ArchForm* (San Mateo, California, Estados Unidos).

A impressão dos modelos foi feita no laboratório de impressão 3D da universidade, por meio da impressora de resina fotossensível (Elegoo *Saturn* 4K, Elegoo, Shenzhen, China) utilizando a resina 3D *Cure Basic* (3D *Cure*, Betim, Minas Gerais, Brasil). Os alinhadores ortodônticos foram produzidos com laminados plásticos de PETG (Bio-Art Equipamentos Odontológicos, São Carlos, São Paulo, Brasil) com espessura de 0,75 mm e termoplastificados utilizando a plastificadora a vácuo *PlastVac P7* (Bio-Art Equipamentos Odontológicos, São Carlos, São Paulo, Brasil).

Os atendimentos aconteceram semanalmente e todos os pacientes foram atendidos pela mesma equipe de ortodontistas durante nove meses (de fevereiro a outubro de 2024).

Os dados coletados foram analisados em três tempos: T0 (inicial), AF (planejamento digital com o *ArchForm*) e T1 (final). Para esta tese, a primeira investigação consistiu em avaliar a eficácia da expansão ortodôntica dos caninos, pré-molares e primeiros molares, utilizando AIH. Assim como os efeitos secundários de torque e deslocamento vertical, dos caninos e primeiros molares, associados a diferentes formatos e posições de *attachments*. Para esta primeira etapa, foram utilizados seis alinhadores com *attachments* específicos para cada dente (Fig. 12), todos com escala 1 na plataforma *ArchForm*, conforme a descrição a seguir.

Figura 12: Attachments em diferentes formatos e posições avaliados



Fonte: Elaborado pelo autor

- a) primeiro molar superior direito: Retangular Horizontal 3 mm;
- b) canino superior direito: *Slice* com a base para a incisal;
- c) canino superior esquerdo: *Slice* com a base para a gengival;
- d) primeiro molar superior esquerdo: *Beveled*;
- e) primeiro molar inferior esquerdo: Retangular Horizontal 3 mm;
- f) canino inferior esquerdo: *Slice* com a base para a incisal;
- g) canino inferior direito: *Slice* com a base para a gengival;
- h) primeiro molar inferior direito: *Beveled*.

Após a conclusão da primeira etapa (expansão dentária das arcadas) os pacientes foram novamente escaneados e um segundo planejamento foi efetuado, que contemplou sete alinhadores para realizar as rotações dos incisivos centrais e laterais, superiores e inferiores, de acordo com a necessidade de cada paciente (caracterizando a segunda etapa da pesquisa). O objetivo desta segunda investigação foi comparar a eficácia da rotação de incisivos centrais e

laterais, superiores e inferiores, utilizando duas magnitudes diferentes, 1° e 2° por AIH, além de contrastar o respectivo movimento programado pelo software *ArchForm* com o alcançado.

5.4 Critérios de inclusão e exclusão

A amostra incluiu pacientes que preencheram os seguintes critérios: 1) necessidade de tratamento ortodôntico com discrepâncias negativas de espaço consideradas leves (< 4 mm); 2) dentadura permanente completa, incluindo os segundos molares permanentes; 3) ausência de doenças sistêmicas ou uso regular de medicamentos que possam interferir na movimentação ortodôntica.

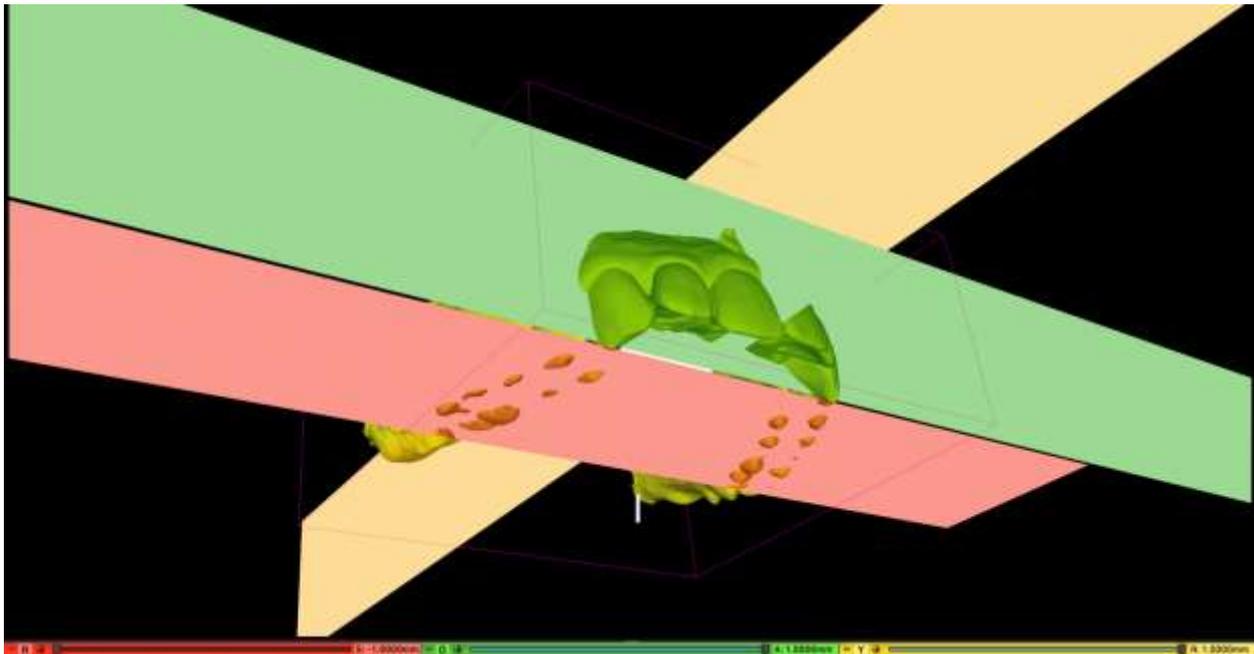
Os critérios de exclusão foram: 1) presença de má oclusão severa; 2) idade superior a 30 anos; 3) terceiros molares irrompidos; 4) dentes com alguma anomalia de forma.

Os objetivos desta pesquisa, bem como o plano de tratamento foram informados a todos os participantes e seus responsáveis em detalhes e um termo de consentimento foi assinado pelos mesmos antes de iniciar o tratamento (ANEXOS D-F).

5.5 Método de sobreposição

Os arquivos STL foram exportados para o software 3D *Slicer*, programa de livre acesso disponível na internet (www.slicer.org), e realizou-se a orientação dos modelos T0 (inicial), AF (planejado) e T1 (final), com o objetivo de posicioná-los no mesmo plano do espaço. Assim, o primeiro passo consistiu na orientação dos respectivos modelos por meio de um sistema de coordenadas 3D, realizada com a ferramenta *Transforms* de acordo com o seguinte protocolo (Fig. 13):

Figura 13: Orientação dos modelos nos três planos do espaço



Fonte: Elaborado pelo autor

- a) plano axial (vermelho) - Tangente ao plano oclusal;
- b) plano coronal (verde) - Tangente à papila incisiva;
- c) plano sagital (amarelo) - Coincidente com a rafe palatina.

Para sobrepor os modelos digitais foi necessário o auxílio da ferramenta *Surface Registration*. Foram identificados nos modelos superiores dez pontos de referência sobre as rugas e rafe palatina, e nos modelos inferiores quatro pontos na junção muco-gengival de cada lado juntamente com a região da espinha mentual, seguindo metodologias previamente descritas na literatura (Ioshida *et al.*, 2019; Stucki; Gkantidis, 2020).

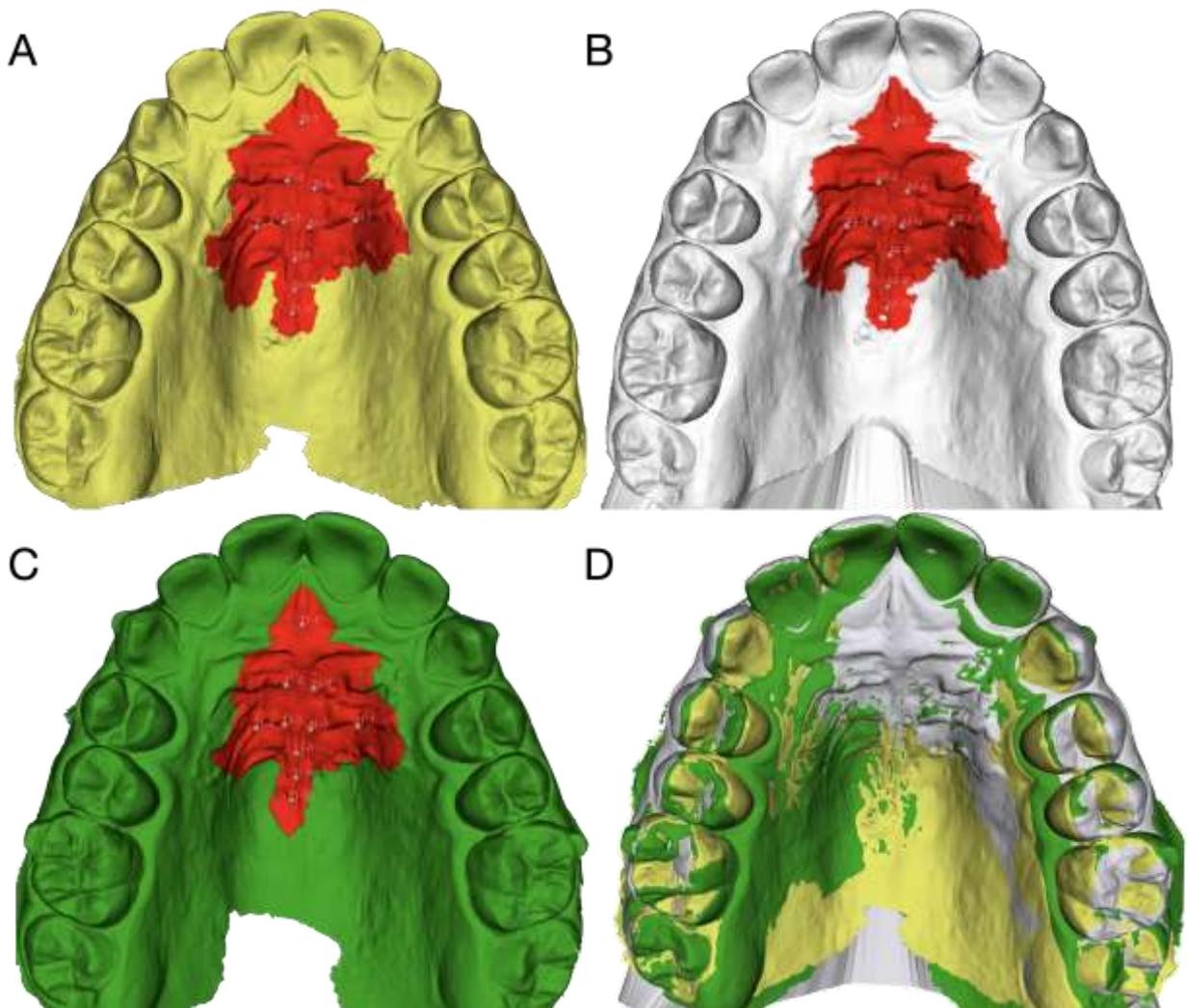
Os pontos palatinos de referência se localizavam: P1 - região mais posterior da papila incisiva; P2 e P3 - ponto medial da segunda ruga em ambos os lados; P4 e P5 - ponto medial da terceira ruga em ambos os lados; P6 e P7 - ponto médio da terceira ruga em ambos os lados; P8 - ponto medial da quarta ruga; P9 - ponto 5 mm posterior de P8, e P10 - ponto 10 mm posterior de P8. Após a seleção dos pontos de referência citados anteriormente (vértice de um triângulo), uma região de interesse (*Region of Interest* - ROI) para cada ponto foi selecionada no software. Os valores de ROI utilizados nos modelos T0 e T1 foram padronizados em um tamanho de raio 30 para os pontos localizados nas rugas palatinas e 15 para os pontos localizados na papila incisiva e rafe palatina. Já para o modelo AF, os valores de 15 e 10 foram adotados, respectivamente. Uma ROI com um raio de 15 por exemplo, significa que o programa

irá incluir uma sequência de 15 camadas de triângulos ao redor daquele vértice de triângulo que havia sido escolhido pelo operador.

Nos modelos inferiores foi utilizado uma ROI de raio 5 para todos os pontos, que se localizavam na junção muco-gengival, seguindo o longo eixo dos dentes, sendo: P1 - primeiro molar direito; P2 - segundo pré-molar direito; P3 - primeiro pré-molar direito; P4 - canino direito; P5 - primeiro molar esquerdo; P6 - segundo pré-molar esquerdo; P7 - primeiro pré-molar esquerdo; P8 - canino esquerdo e P9 - região da espinha mental.

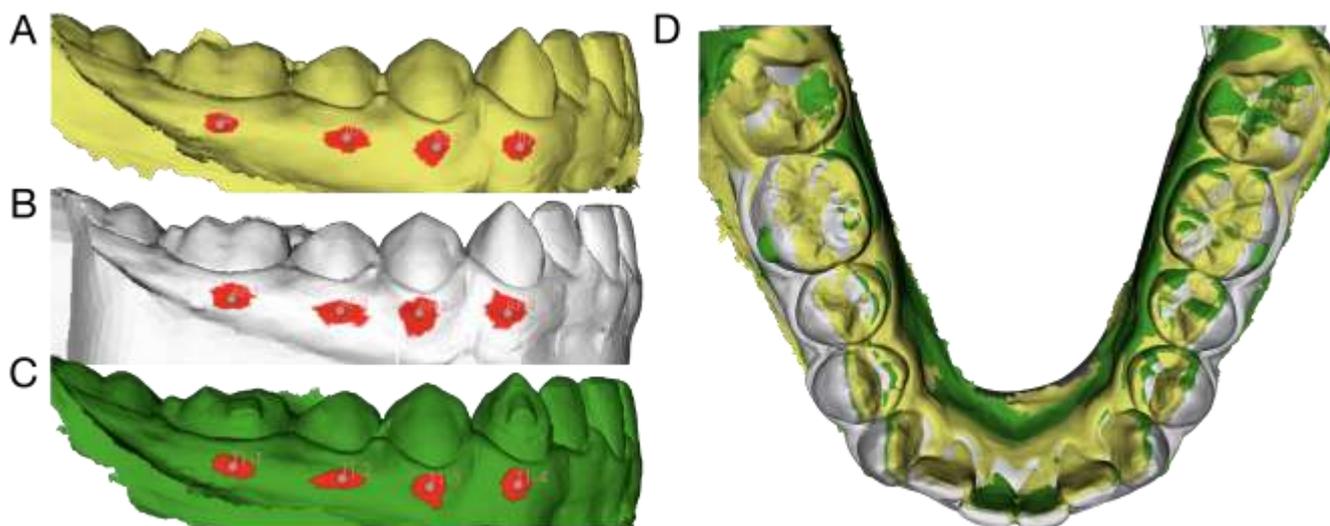
Assim, após a seleção das regiões de interesse, os modelos foram sobrepostos, permitindo que as avaliações quantitativas do deslocamento dentário fossem realizadas (Figs. 14 e 15).

Figura 14: Área de registro dos modelos superiores. A) T0 - Inicial; B) AF - Planejado; C) T1- Final; D) Modelos em sobreposição



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 15: Área de registro dos modelos inferiores. A) T0 - Inicial; B) AF - Planejado; C) T1- Final; D) Modelos em sobreposição



Fonte: Elaborado pelo autor

5.6 Método de avaliação com o 3D Slicer

Para realizar a análise quantitativa das movimentações dentárias foi necessário que a extensão Q3DC fosse instalada no “*Extensions Manager*”, e em seguida acionada no módulo correspondente.

No menu “*Add and Move Landmarks*”, a opção “*Model of Reference*” foi selecionada para definir o modelo inicial do paciente. Os pontos de interesse para avaliação dos efeitos secundários de torque e deslocamento vertical foram os seguintes: zênite gengival dos caninos e primeiros molares; cúspide dos caninos e cúspide méso-vestibular dos primeiros molares (Fig. 16A). A definição dos pontos de interesse para avaliação do deslocamento vestibulo-lingual foi determinada pela escolha dos pontos com maior facilidade de identificação, seguindo os seguintes critérios: cúspide dos caninos e região do sulco oclusal dos pré-molares e primeiros molares, superiores e inferiores, de ambos os lados (Fig. 16B). Os pontos de interesse para avaliação da rotação dos incisivos foram: ponto distal e mesial da incisal (Fig. 16C). Os pontos foram marcados no modelo T0 (inicial), utilizando a opção “*Create New Markups*” em “*Connected Landmarks*”.

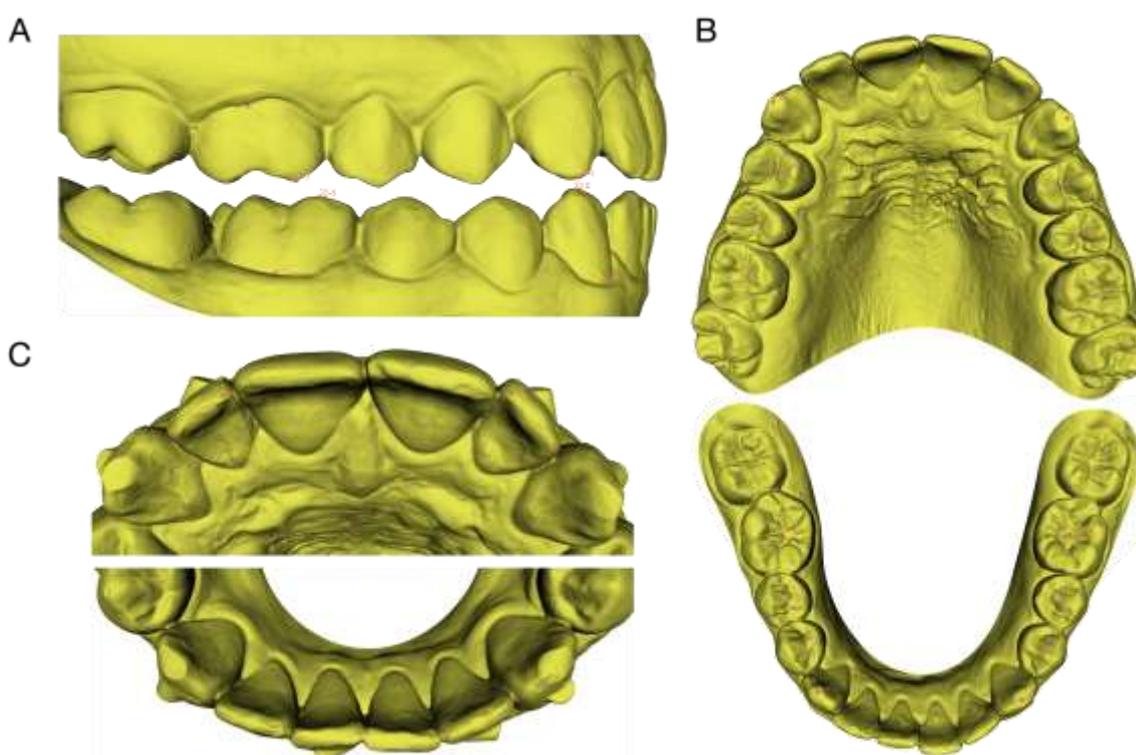
Posteriormente, o mesmo processo foi repetido para o modelo AF (planejado), e para o modelo T1 (final). O modelo inicial foi substituído na opção “*Model of Reference*” e novamente, utilizando a opção “*Create New Markups*” em “*Connected Landmarks*”, os pontos de interesse foram marcados em ambos os modelos.

Após a marcação dos pontos de interesse em todos os três modelos, os movimentos dentários foram mensurados da seguinte maneira: a opção “*Calculate angle between two lines*” foi selecionada para avaliação das medidas angulares, como torque (*roll*) e rotação (*yaw*), e “*Calculate distance between two landmarks*” para as medidas lineares, como o deslocamento vestibulo-lingual e vertical. Na opção “*Line 1 Landmark A*” e “*Line 1 Landmark B*” o modelo T0 (inicial) e os pontos para mensuração foram escolhidos. Em seguida, na opção “*Line 2 Landmark A*” e “*Line 2 Landmark B*”, o modelo AF (planejado) e os pontos para mensuração foram escolhidos.

Ao finalizar todo esse processo, as medidas dos movimentos dentários foram exibidas em uma tabela e, por fim, ao concluir a comparação dos modelos T0 (inicial) e AF (planejado), toda a sequência de mensuração foi novamente realizada para comparar o modelo T0 (inicial) com o modelo T1 (final).

Com base nesses procedimentos, foi possível obter informações precisas sobre as alterações das posições dentárias entre o modelo inicial, planejado e final. Essa metodologia forneceu uma abordagem sistemática e confiável para a análise dos movimentos dentários, contribuindo para o estudo e aprimoramento dos tratamentos ortodônticos com AIH.

Figura 16: Pontos de referência na avaliação dos movimentos. A) torque e deslocamento vertical; B) deslocamento vestibulo-lingual e C) rotação



Fonte: Elaborado pelo autor

5.7 Calibração do erro do método

Todos os procedimentos de obtenção dos modelos digitais e processamento das imagens, além das etapas de sobreposição, marcação dos pontos e medição foram realizados pelo mesmo operador, devidamente treinado por um pesquisador *expert*, com experiência neste tipo de metodologia. A calibração do examinador e confiabilidade das medidas foram avaliadas em 10 modelos selecionados aleatoriamente. Esses modelos receberam todos os procedimentos descritos na metodologia e após um intervalo de 15 dias, os procedimentos foram repetidos e então comparados. O coeficiente de correlação intraclass (ICC) foi empregado para testar a concordância entre as leituras (confiabilidade do método), e variou de 0,998 a 1. O teste t pareado foi utilizado para avaliar a concordância do método e a presença de erros sistemáticos. ($p > 0,05$) (Tabela 2). Para quantificar os erros aleatórios, adotou-se a fórmula de Dahlberg (Dahlberg, 1940).

Tabela 2: Avaliação da confiabilidade do método

Dente	T0-AF			T0-T1		
	Diferença média	Valor P	ICC	Diferença média	Valor P	ICC
16	-0,002	0,374	1,000	-0,003	0,374	1,000
15	-0,007	0,375	1,000	0,007	0,260	0,998
14	0,011	0,226	0,998	0,011	0,365	1,000
13	0,000	1,000	1,000	0,001	0,195	1,000
23	0,006	0,356	1,000	0,003	0,409	1,000
24	-0,010	0,384	1,000	0,006	0,471	1,000
25	0,001	0,313	1,000	0,002	0,644	1,000
26	0,000	0,374	1,000	0,003	0,783	1,000
36	0,001	0,388	1,000	0,008	0,374	1,000
35	0,000	0,963	1,000	0,011	0,109	0,998
34	-0,008	0,399	1,000	-0,005	0,374	1,000
33	0,001	0,266	1,000	0,016	0,471	1,000
43	0,005	0,330	0,998	-0,008	0,541	1,000
44	0,014	0,320	1,000	-0,008	0,306	1,000
45	0,005	0,335	1,000	0,011	0,534	1,000
46	0,000	0,529	1,000	-0,012	0,167	1,000

Fonte: Elaborado pelo autor

5.8 Análise estatística

Os dados coletados foram analisados utilizando o software SPSS, versão 22 (IBM Corp., Armonk, Nova York, Estados Unidos), a estatística descritiva, com média e desvio-padrão foram apresentadas em forma de tabelas. Foi estabelecido o nível de significância de 5%. Inicialmente os dados foram explorados buscando identificar os “*outliers*”, permitindo apurar eventuais inconsistências de lançamento dos valores. Na sequência, foi utilizado o teste Kolmogorov-Smirnov para certificar se as variáveis contínuas apresentavam distribuição normal, e se os testes de comparação das médias seriam paramétrico ou não paramétrico. O teste de Levene foi empregado para a avaliação da homoscedasticidade. Diante da confirmação do pressuposto de normalidade e de mesma variância, as médias dos dois grupos foram comparadas utilizando o teste t para amostras independentes. Para as comparações entre o que havia sido programado e o que efetivamente aconteceu em cada rodada, a análise utilizada foi o teste t pareado.

6 ARTIGO CIENTÍFICO 1

EFICÁCIA DA EXPANSÃO ORTODÔNTICA UTILIZANDO ALINHADORES *IN-HOUSE* COM DIFERENTES *ATTACHMENTS*: um ensaio clínico controlado de boca dividida

Será submetido ao periódico **The Angle Orthodontist (Qualis A2)**.

As normas da revista encontram-se no endereço eletrônico:
<https://meridian.allenpress.com/angle-orthodontist>.

EFICÁCIA DA EXPANSÃO ORTODÔNTICA UTILIZANDO ALINHADORES *IN-HOUSE* COM DIFERENTES *ATTACHMENTS*: um ensaio clínico controlado de boca dividida

Gabriel Maia Azevedo¹, Raiane Machado Maia¹, Arthur Siqueira Calaes de Oliveira², Bernardo Quiroga Souki³

¹ Programa de Pós-graduação em Odontologia, Doutorado em Clínicas Odontológicas, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, Brasil.

² Programa de Graduação em Odontologia, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, Brasil.

³ Departamento de Odontologia, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, Brasil.

Endereço para Correspondência: Dr. Bernardo Quiroga Souki, Av. Dom José Gaspar, 500, Prédio 46/Sala 101 – Coração Eucarístico; Belo Horizonte, MG, Brazil, CEP: 30535-901, E-mail: bqsouki@gmail.com.

RESUMO

Objetivos: Avaliar a eficácia da expansão ortodôntica dos caninos, pré-molares e primeiros molares, utilizando alinhadores *in-house* (AIH). Assim como os efeitos secundários de torque e deslocamento vertical, dos caninos e primeiros molares, associados a diferentes formatos e posições de *attachments*.

Material e Métodos: Ensaio clínico controlado de boca dividida, com uma amostra de 21 pacientes (idade média de 21 anos, variando entre 12 e 30 anos). Para realizar a expansão dentária das arcadas, foram planejados seis alinhadores sequenciais com espessura de 0,75 mm (laminado de PETG), utilizando o *attachment Slice* em diferentes posições nos caninos e os *attachments Beveled* e Retangular Horizontal nos primeiros molares. Analisou-se os dados em três tempos: T0 (inicial), AF (planejamento digital com o *ArchForm*) e T1 (final).

Resultados: Após a expansão das arcadas observou-se torque vestibular dos caninos maior do que o previsto digitalmente ($P < .05$), sendo que o *attachment Slice* com a sua base voltada para a incisal apresentou maior controle de torque, em comparação com a base voltada para a porção gengival ($P < .001$). Foi observado um bom controle de torque nos primeiros molares, sem diferença estatisticamente significativa na avaliação do respectivo movimento comparando os *attachments Beveled* e o Retangular Horizontal ($P > .05$). A eficácia do AIH na expansão foi maior na região dos primeiros e segundos pré-molares (59% e 46%, respectivamente) em comparação aos caninos (42%) e primeiros molares (31%). Em relação ao controle dos movimentos verticais, o AIH apresentou elevada eficácia, com resultados alcançados bem próximos aos planejados ($P > .05$).

Conclusões: Após a expansão dentária realizada com os alinhadores foi observado ótimo controle vertical, um bom controle de torque dos primeiros molares e torque vestibular de coroa dos caninos. O *attachment Slice*, com a sua base voltada para a incisal apresentou melhor controle de torque nos caninos. A eficácia da expansão dentária foi maior na região dos pré-molares, em comparação aos caninos e primeiros molares.

PALAVRAS-CHAVE: Ortodontia; Técnicas de Movimentação Dentária; Aparelhos Ortodônticos Removíveis

ABSTRACT

Objectives: To evaluate the efficacy of orthodontic expansion of canines, premolars, and first molars using in-house aligners (IHA), as well as the secondary effects on torque and vertical displacement of canines and first molars associated with different attachment designs and positions.

Materials and Methods: A split-mouth controlled clinical trial was conducted with a sample of 21 patients (mean age: 21 years; range: 12–30 years). For dental arch expansion, six sequential aligners with a thickness of 0.75 mm (PETG laminate) were planned, using the Slice attachment in different positions on the canines and Beveled and Horizontal Rectangular attachments on the first molars. Data were analyzed at three time points: T0 (baseline), AF (digital setup using ArchForm), and T1 (final).

Results: After arch expansion, greater-than-digitally-predicted vestibular torque of the canines was observed ($P < .05$). The Slice attachment, when positioned with its base facing the incisal edge, provided better torque control compared to when its base was oriented towards the gingival portion ($P < .001$). Effective torque control was observed in the first molars, with no statistically significant difference in torque movement between the Beveled and Horizontal Rectangular attachments ($P > .05$). The efficacy of IHA in expansion was higher in the first and second premolar regions (59% and 46%, respectively) compared to canines (42%) and first molars (31%). Regarding vertical movement control, IHA demonstrated high efficacy, with outcomes closely matching the planned results ($P > .05$).

Conclusions: After dental expansion with aligners, excellent vertical control, good torque control of the first molars, and vestibular crown torque of the canines were observed. The Slice attachment, when positioned with its base facing the incisal edge, provided better torque control for the canines. The efficacy of dental expansion was higher in the premolar region compared to the canines and first molars.

KEY WORDS: Orthodontics; Tooth Movement Techniques; Orthodontic Appliances, Removable

INTRODUÇÃO

A demanda por aparelhos ortodônticos mais estéticos tem crescido significativamente nas últimas décadas, impulsionada pelo aumento no número de adultos interessados em tratamentos para corrigir desarmonias oclusais e faciais.¹ Consequentemente, os alinhadores ortodônticos se tornaram mais populares, devido à sua estética, facilidade na higiene oral, benefícios para a saúde periodontal e outros fatores de conveniência para os seus usuários.²⁻⁴ Diante das limitações do sistema terceirizado, como alto custo e complexa logística temporal, foi criado um fluxo digital de fabricação dos alinhadores pelos próprios ortodontistas, denominado de *in-house*.

A incorporação de pequenos incrementos de resina composta (*attachments*) aos dentes aumenta a retenção dos alinhadores por meio do atrito e otimiza as movimentações dentárias.⁵ A literatura atual tem limitada informação sobre quais *attachments* optar e qual seu melhor posicionamento na superfície dentária para determinados tipos de movimentos.

Considerando a importância da expansão ortodôntica, como forma de equilibrar transversalmente as arcadas, criar espaços para dissolver apinhamentos e melhorar o controle biomecânico com o tratamento de alinhadores^{6,7}, é importante determinar qual o melhor formato e posição dos *attachments* a fim de alcançar um resultado mais previsível e estável para este respectivo movimento. Escassa também é a informação disponível a respeito dos efeitos secundários (colaterais) dos dentes submetidos ao movimento de expansão com os alinhadores.

Portanto, o objetivo deste ensaio clínico foi avaliar a eficácia da expansão ortodôntica dos caninos, pré-molares e primeiros molares, utilizando AIH. Assim como os efeitos secundários de torque e deslocamento vertical, dos caninos e primeiros molares, associados a diferentes formatos e posições de *attachments*.

MATERIAL E MÉTODOS

Esse estudo trata-se de um ensaio clínico controlado de boca dividida, que incluiu informações coletadas entre fevereiro e outubro de 2024, e seguiu as diretrizes do CONSORT.⁸ O estudo foi submetido e aprovado pelo comitê de ética em pesquisa da universidade (número do parecer: 6.335.303 / CAAE: 71125723.5.0000.5137), além de ser registrado no ReBEC. O cálculo amostral foi conduzido por meio do programa *G*Power*, considerando um alfa de 5%, um poder de 80% e um *effect-size* de 0,9, indicando a necessidade de uma amostra de 21 indivíduos. O tamanho do efeito (0,9) foi determinado pela eleição de um limite de tolerância clínica de 1 mm para a diferenciação dos grupos, em combinação com a informação encontrada na literatura do desvio padrão de 1,1 mm, relacionada às alterações na distância intercaninos após a expansão com alinhadores.⁹ A amostra incluiu 21 pacientes (idade média de 21 anos, variando entre 12 e 30 anos) (Tabela 1), que preencheram os seguintes critérios: 1) necessidade de tratamento ortodôntico com discrepâncias negativas de espaço consideradas leves (< 4 mm); 2) dentadura permanente completa, incluindo os segundos molares permanentes; 3) ausência de doenças sistêmicas ou uso regular de medicamentos que possam interferir na movimentação ortodôntica.

Os critérios de exclusão foram: 1) presença de má oclusão severa; 2) idade superior a 30 anos; 3) terceiros molares irrompidos; 4) dentes com alguma anomalia de forma.

Após a aquisição da documentação inicial (fotografias intra e extraorais; telerradiografia lateral da face e radiografia panorâmica), os modelos dentários digitais em formato STL dos pacientes foram obtidos com o *scanner* intraoral *3Shape* (*3Shape*, Copenhaga, Dinamarca) e o planejamento foi realizado utilizando o software *ArchForm* (San Mateo, California, Estados Unidos). A impressão dos modelos foi realizada com a impressora de resina fotossensível (Elegoo *Saturn* 4K, Elegoo, Shenzhen, China) utilizando a resina *3D Cure Basic* (*3D Cure*, Betim, Minas Gerais, Brasil). Os alinhadores ortodônticos foram produzidos com laminados plásticos de PETG (Bio-Art Equipamentos Odontológicos, São Carlos, São Paulo, Brasil) com espessura de 0,75 mm e termoplastificados utilizando a plastificadora a vácuo *PlastVac P7* (Bio-Art Equipamentos Odontológicos, São Carlos, São Paulo, Brasil).

Todos os pacientes foram atendidos pela mesma equipe de ortodontistas e seguiram o mesmo protocolo de movimentações ortodônticas, número de alinhadores, tempo de uso diário (22 horas) e intervalos entre as trocas (semanais). Os dados coletados foram analisados em três tempos: T0 (inicial), AF (planejamento digital com o *ArchForm*) e T1 (final). Para realizar a expansão das arcadas, foram utilizados seis alinhadores com os seguintes *attachments* (Fig. 1), todos com escala 1 na plataforma *ArchForm*:

- i) Primeiro molar superior direito: Retangular Horizontal 3 mm.
- j) Canino superior direito: *Slice* com a base para a incisal.
- k) Canino superior esquerdo: *Slice* com a base para a gengival.
- l) Primeiro molar superior esquerdo: *Beveled*.
- m) Primeiro molar inferior esquerdo: Retangular Horizontal 3 mm.
- n) Canino inferior esquerdo: *Slice* com a base para a incisal.
- o) Canino inferior direito: *Slice* com a base para a gengival.
- p) Primeiro molar inferior direito: *Beveled*.

Após exportar os arquivos STL para o software 3D *Slicer*, foi realizada a orientação dos modelos T0 - Inicial; AF - Planejado e T1 - Final (ferramenta *Transforms*), e posteriormente a sobreposição dos mesmos (ferramenta *Surface Registration*) seguindo metodologias previamente descritas na literatura.^{10,11} Por fim, para realizar a análise quantitativa das movimentações dentárias foi utilizada a ferramenta Q3DC. Com base nesses procedimentos, foi possível obter informações precisas sobre as alterações das posições dentárias entre o modelo inicial (amarelo), final (verde) e planejado (branco) (Fig. 2).

Todos os procedimentos de obtenção dos modelos digitais e processamento das imagens, além das etapas de sobreposição, marcação dos pontos e medição foram realizados pelo mesmo operador, devidamente treinado por um pesquisador *expert*, com experiência neste tipo de metodologia. A calibração do examinador e confiabilidade das medidas foram avaliadas em 10 modelos selecionados aleatoriamente. Esses modelos receberam todos os procedimentos descritos na metodologia e após um intervalo de 15 dias, os procedimentos foram repetidos e então comparados. O coeficiente de correlação intraclasse (ICC) foi empregado para testar a concordância entre as leituras (confiabilidade do método), variando de 0.998 a 1. O teste t foi utilizado para avaliar a validade do método e a presença de erros sistemáticos. Os resultados indicaram que as duas leituras não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($P > .05$) (Tabela 2). Para avaliar os erros aleatórios, foi adotada a fórmula de Dahlberg.¹²

Os dados coletados foram analisados utilizando o software SPSS, versão 22 (IBM Corp., Armonk, Nova York, Estados Unidos), a estatística descritiva, com média e desvio-padrão foram apresentadas em forma de tabelas. Foi estabelecido o nível de significância de 5%. Inicialmente os dados foram explorados buscando identificar os “*outliers*”, permitindo apurar eventuais inconsistências de lançamento dos valores. Na sequência, foi utilizado o teste Kolmogorov-Smirnov para certificar se as variáveis contínuas apresentavam distribuição normal, e se os testes de comparação das médias seriam paramétrico ou não paramétrico. O

teste de Levene foi empregado para a avaliação da homoscedasticidade. Diante da confirmação do pressuposto de normalidade e de mesma variância, as médias dos dois grupos foram comparadas utilizando o teste t para amostras independentes. Para as comparações entre o que havia sido programado e o que efetivamente aconteceu, a análise utilizada foi o teste t pareado.

RESULTADOS

Ao longo da utilização dos seis alinhadores para a expansão das arcadas, não foram observadas quebras, perdas ou desadaptações dos aparelhos.

Se baseando nos achados tabulados e analisados, chegou-se aos seguintes resultados a respeito da eficácia da expansão ortodôntica dos caninos, pré-molares e primeiros molares, utilizando AIH. Assim como os efeitos secundários de torque e deslocamento vertical, dos caninos e primeiros molares, associados a diferentes formatos e posições de *attachments*:

1) Foi encontrado um poder estatístico adequado para as variáveis estudadas

Com base nas informações da Tabela 3, considerando o tamanho da amostra de 21 pacientes, alfa de 5%, e uma tolerância clínica de 1° ou 1 mm para a diferenciação entre os grupos, foi encontrado: para o desfecho “torque dos caninos superiores” o *effect-size* de 0,75 (considerando a média dos desvios-padrão para esta respectiva variável de 1,33°), e um poder estatístico de 66%. Em relação ao desfecho “deslocamento vestibulo-lingual dos caninos superiores” o *effect-size* foi de 4,16 (média dos desvios-padrão de 0,24 mm), obtendo-se um poder de 100%. Para o desfecho “deslocamento vertical dos caninos superiores” o *effect-size* foi de 4 (média dos desvios-padrão de 0,25 mm), obtendo-se também um poder de 100%.

2) O torque vestibular de coroa dos caninos após a expansão com AIH foi maior do que havia sido programado digitalmente

Após a expansão das arcadas, observou-se que, mesmo sem um planejamento intencional do torque nos dentes pelo software *ArchForm* durante a expansão das arcadas, ele esteve presente na comparação entre os modelos T0 (inicial) e AF (planejado), bem como na comparação entre os modelos T0 (inicial) e T1 (final) (Tabela 3). Houve um aumento do torque “programado” para o “alcançado” após a expansão ortodôntica com AIH em todos os caninos de forma estatisticamente significativa ($P < .05$), exceto para o canino inferior esquerdo, que apesar do aumento do torque não foi estatisticamente significativo ($P = .226$).

3) Foi observado um bom controle de torque dos primeiros molares após a expansão dentária com AIH

Houve redução do torque “programado” para o “alcançado” em todos os primeiros molares de forma estatisticamente significativa ($P < .05$), exceto para o primeiro molar inferior direito, que apresentou um controle de torque surpreendente após a expansão das arcadas ($P = .999$) (Tabela 3). Entretanto, os resultados dessa respectiva variável não ultrapassaram 1°, sendo considerados irrelevantes clinicamente. Ao avaliar o torque dos primeiros molares após a expansão das arcadas comparando os *attachments Beveled* e o Retangular Horizontal, os resultados demonstraram não haver diferença estatisticamente significativa entre eles, tanto para os molares superiores ($P = .091$) quanto para os inferiores ($P = .330$) (Tabela 4).

4) Eficácia do controle de torque dos caninos e primeiros molares após a expansão das arcadas com AIH

A eficácia foi baseada na diferença entre o resultado “programado versus alcançado” utilizando o seguinte critério: (elevada $< 0,5$); (moderada $0,5 - 1$) e (baixa > 1). O canino inferior esquerdo e o primeiro molar inferior direito obtiveram pouca e nenhuma diferença entre o torque “programado versus alcançado”, respectivamente, e portanto conquistaram uma eficácia elevada. O canino superior direito, primeiro molar superior direito e o primeiro molar inferior esquerdo alcançaram uma eficácia moderada. Por fim, o primeiro molar superior esquerdo, canino inferior direito e o canino superior esquerdo tiveram uma baixa eficácia, ou seja, uma grande diferença do torque “programado versus alcançado”.

5) A eficácia da expansão ortodôntica com AIH foi maior na região dos pré-molares em comparação aos caninos e primeiros molares

Observou-se que a variável “deslocamento vestibulo-lingual” apresentou valores alcançados bem distantes dos valores programados pelo software *ArchForm*, para todos os dentes analisados, independentemente do lado, da arcada e dos *attachments* utilizados ($P \leq .001$) (Tabela 3; Figs. 3 e 4). A eficácia do AIH na expansão foi maior na região dos primeiros e segundos pré-molares (59% e 46%, respectivamente). Os caninos tiveram uma eficácia média de 42%, sendo 51% para os superiores e 33% para os inferiores. Já os molares uma eficácia média de 31%, sendo 29% para os superiores e 33% para os inferiores (Tabela 5). Dessa forma, os primeiros pré-molares apresentaram a maior eficácia entre os dentes analisados para essa variável, alcançando um valor quase 60% do programado. Em contrapartida, os primeiros molares foram os dentes que demonstraram a menor eficácia, atingindo menos que 1/3 do valor

programado pelo software. Em relação ao deslocamento vestibulo-lingual dos caninos e primeiros molares após a expansão com AIH, a utilização de diferentes formatos e posições de *attachments* não influenciou de maneira estatisticamente significativa esta respectiva variável ($P > .05$) (Tabela 4).

6) Foi identificado um excelente controle vertical após a expansão das arcadas com AIH

De acordo com a Tabela 3, ao final da expansão das arcadas, observou-se que o AIH proporcionou um excelente controle vertical dos caninos e primeiros molares, superiores e inferiores de ambos os lados, independentemente do formato e da posição dos *attachments* utilizados ($P > .05$). Após a análise dos resultados, o controle vertical pelo AIH após o movimento de expansão ortodôntica recebeu um “selo” de elevada eficácia para todos os dentes analisados, pois, nessa variável, obteve resultados muito próximos aos planejados pelo software *ArchForm*.

7) A posição do *attachment Slice* tem influência no resultado das movimentações dentárias com o AIH

Após concluir a expansão das arcadas com AIH, os resultados relacionados ao torque dos caninos utilizando o *attachment Slice* em diferentes posicionamentos, demonstraram que o respectivo *attachment* com a sua base voltada para a incisal obteve melhor controle de torque para os caninos em comparação com a sua base voltada para a porção gengival, tanto para os superiores quanto para os inferiores ($P < .001$).

DISCUSSÃO

Os resultados apresentados neste estudo demonstram uma análise abrangente dos efeitos biomecânicos dentários após a expansão com AIH. A investigação teve como objetivo avaliar a eficácia da expansão ortodôntica dos caninos, pré-molares e primeiros molares, como também os efeitos secundários de torque e deslocamento vertical, dos caninos e primeiros molares, associados a diferentes formatos e posições de *attachments*. O presente estudo comparou os resultados alcançados com os resultados planejados digitalmente pelo software *ArchForm*. Até o momento, este é o único ensaio clínico na literatura que abrangeu todas essas variáveis de forma prospectiva. Este estudo se destaca por não ter observado quebras, perdas ou desadaptações dos alinhadores ao longo da pesquisa, se sobressai também pelo rigor científico adotado, empregando uma metodologia adequada, concreta e bem descrita pela literatura.^{10,11}

Atualmente podemos observar uma gama muito grande de artigos que avaliaram a eficácia do tratamento ortodôntico com alinhadores, inclusive abrangendo o movimento de expansão, porém, em sua grande maioria são artigos retrospectivos, com tamanho amostral limitado e dificuldades de controlar as diversas variáveis. Segundo Galluccio e colaboradores em 2023, a eficácia da expansão transversal do arco maxilar foi de 70%, independente do dente¹³, em contrapartida, Morales-Burruezo e colaboradores em 2020, declararam que a expansão com alinhador é mais eficaz na região dos pré-molares, e menos eficaz na área dos caninos e segundos molares.¹⁴ De acordo com os resultados do presente estudo, a eficácia do AIH na expansão foi maior na região dos primeiros e segundos pré-molares (59% e 46%, respectivamente), sendo que os caninos apresentaram uma eficácia média de 42% (51% para os superiores e 33% para os inferiores), e os primeiros molares de 31% (29% para os superiores e 33% para os inferiores).

Vale ressaltar a importância da investigação a respeito de qual formato e posição dos *attachments* optar-se-á de acordo com o movimento planejado, visto que esses respectivos incrementos de resina são essenciais para o aumento da retenção e otimização dos resultados com o tratamento de alinhadores.⁵ O controle de torque dos dentes durante a expansão das arcadas é fundamental em diversas ocasiões, tanto para garantir uma boa estabilidade pós-tratamento, quanto para prevenir possíveis complicações periodontais.^{15,16} Dessa forma, o estudo investigou-se diferentes posições e formatos de *attachments* poderiam influenciar o deslocamento vestibulo-lingual e vertical, bem como o controle do torque dos caninos e primeiros molares após a expansão das arcadas com AIH. Podemos observar nos resultados que a variável “torque dos caninos” após expansão com AIH, foi influenciada pelo posicionamento do *attachment Slice*. O respectivo *attachment* demonstrou um melhor controle do torque nos caninos, superiores e inferiores, com a sua base voltada para a incisal, em comparação com a base voltada para a gengival. Esse fato pode ser explicado pela maior superfície de contato do alinhador com o *attachment* em direção ao movimento, resultando em menor desadaptação (perda de *tracking*) durante o tratamento. Um excelente *tracking* durante o tratamento com alinhadores é essencial para aumentar a previsibilidade e se aproximar dos resultados planejados.¹⁷

O estudo seguiu o seguinte critério para determinar a eficácia (diferença entre o resultado programado e o alcançado) das variáveis “deslocamento vertical” e “torque”: (elevada: < 0,5); (moderada: 0,5 - 1) e (baixa: > 1). Após a análise dos resultados referentes ao deslocamento vertical dos caninos e primeiros molares após a expansão com AIH, foram observados resultados bem próximos aos que foram planejados pelo software, portanto, uma

elevada eficácia (pequena diferença entre o resultado programado versus alcançado). Este excelente controle vertical se estendeu para os caninos e primeiros molares, superiores e inferiores de ambos os lados, independentemente do formato e da posição dos *attachments* utilizados. De acordo com o estudo de Talens-Cogollos e colaboradores (2022), cujo objetivo foi analisar e quantificar as alterações verticais dos molares após o tratamento com alinhadores ortodônticos, observou-se uma intrusão não planejada de 0,94 mm dos molares em 74,2% dos pacientes.¹⁸ Entretanto, após a utilização de seis alinhadores para expansão das arcadas no presente estudo, não foram observadas alterações verticais significativas nos dentes avaliados ($P > .05$). Em relação à eficácia da variável “torque” dos caninos e primeiros molares após a expansão com AIH, foram observados resultados variados, variando entre baixa eficácia (primeiro molar superior esquerdo, canino inferior direito e o canino superior esquerdo), moderada eficácia (canino superior direito, primeiro molar superior direito e o primeiro molar inferior esquerdo) e elevada eficácia (canino inferior esquerdo e primeiro molar inferior direito).

Após a conclusão da etapa de expansão das arcadas e a avaliação dos resultados, verificou-se torque vestibular em todos os caninos ($P < .05$), exceto para o canino inferior esquerdo, que, apesar do aumento de torque, não foi estatisticamente significativo ($P = .226$). Por outro lado, diferentemente de alguns artigos na literatura^{19,20}, houve um bom controle de torque dos primeiros molares após a expansão das arcadas com os alinhadores, com resultados inferiores a 1°, sendo considerados clinicamente irrelevantes. Ao investigar a influência dos *attachments Beveled* e *Retangular Horizontal* no controle do torque dos primeiros molares após a expansão das arcadas, os resultados demonstraram não haver diferença estatisticamente significativa entre eles, tanto para os molares superiores ($P = .091$) quanto para os inferiores ($P = .330$).

Ressalta-se que o único movimento intencionalmente planejado no software *ArchForm* na primeira etapa foi a expansão das arcadas em seis estágios (alinhadores), e as demais variáveis analisadas foram consequências (efeitos secundários) do tratamento.

CONCLUSÕES

De acordo com os dados apresentados após a expansão das arcadas com AIH, pode-se concluir que:

- houve torque vestibular dos caninos, maior do que o previsto digitalmente;

- o *attachment Slice* com sua base voltada para a incisal apresentou melhor controle de torque nos caninos, em comparação com a base voltada para a porção gengival;
- nos primeiros molares, foi observado um bom controle de torque;
- a eficácia do AIH na expansão foi maior na região dos primeiros e segundos pré-molares (59% e 46%, respectivamente) em comparação aos caninos (42%) e primeiros molares (31%);
- o AIH demonstrou ótimo desempenho no controle dos movimentos verticais para os caninos e primeiros molares, superiores e inferiores.

REFERÊNCIAS

1. Jeremiah HG, Bister D, Newton JT. Social perceptions of adults wearing orthodontic appliances: A cross-sectional study. *Eur J Orthod.* 2011;33:476-482.
2. Azaripour A, Weusmann J, Mahmoodi B, et al. Braces versus Invisalign®: Gingival parameters and patients' satisfaction during treatment: A cross-sectional study. *BMC Oral Health.* 2015;15.
3. Levrini L, Mangano A, Montanari P, Margherini S, Caprioglio A, Abbate GM. Periodontal health status in patients treated with the Invisalign® system and fixed orthodontic appliances: A 3 months clinical and microbiological evaluation. *Eur J Dent.* 2015;9:404-410.
4. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Periodontal health during clear aligners treatment: A systematic review. *Eur J Orthod.* 2015;37:539-543.
5. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: A systematic review. *Angle Orthodontist.* 2015;85:881-889.
6. Cao Y, Wang ZW, Chen D, et al. The effect of space arrangement between anterior teeth on their retraction with clear aligners in first premolar extraction treatment: a finite element study. *Prog Orthod.* 2023;24.
7. Li N, Lei X, Cao Y, et al. The effect of increasing the gaps between the front teeth on torque and intrusion control of the incisors for anterior retraction with clear aligners: a prospective study. *BMC Oral Health.* 2024;24.
8. Schulz KF, Altman DG, Moher D. CONSORT 2010 Statement: Updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMJ (Online).* 2010;340:698-702.
9. Rocha AS, Gonçalves M, Oliveira AC, Azevedo RMS, Pinho T. Efficiency and Predictability of Coronal Maxillary Expansion Repercussion with the Aligners System: A Retrospective Study. *Dent J (Basel).* 2023;11.
10. Ioshida M, Muñoz BA, Rios H, et al. Accuracy and reliability of mandibular digital model registration with use of the mucogingival junction as the reference. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2019;127:351-360.
11. Stucki S, Gkantidis N. Assessment of techniques used for superimposition of maxillary and mandibular 3D surface models to evaluate tooth movement: A systematic review. *Eur J Orthod.* 2020;42:559-570.
12. DAHLBERG G. *Statistical Methods for Medical and Biological Studies.*; 1940.
13. Galluccio G, De Stefano AA, Horodyski M, et al. Efficacy and Accuracy of Maxillary Arch Expansion with Clear Aligner Treatment. *Int J Environ Res Public Health.* 2023;20.

14. Morales-Burruezo I, Gandía-Franco JL, Cobo J, Vela-Hernández A, Bellot-Arcís C. Arch expansion with the Invisalign system: Efficacy and predictability. *PLoS One*. 2020;15.
15. Morris JW, Campbell PM, Tadlock LP, Boley J, Buschang PH. Prevalence of gingival recession after orthodontic tooth movements. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2017;151:851-859.
16. Sulewska ME, Baczevska A, Bugała-Musiatowicz B, Waszkiewicz-Sewastianik E, Pietruski JK, Pietruska M. Long-term assessment of periodontal tissues after corticotomy-assisted orthodontic arch expansion. *J Clin Med*. 2021;10.
17. Hansa I, Katyal V, Ferguson DJ, Vaid N. Outcomes of clear aligner treatment with and without Dental Monitoring: A retrospective cohort study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2021;159:453-459.
18. Talens-Cogollos L, Vela-Hernandez A, Peiro-Guijarro MA, Garcia-Sanz V, Montiel-Company JM, Gandia-Franco JL, Bellot-Arcis C, Paredes-Gallardo V. Unplanned molar intrusion after Invisalign treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2022;162:451-458.
19. Yao S, Jiang W, Wang C, He Y, Wang C, Huang L. Improvements of tooth movement efficiency and torque control in expanding the arch with clear aligners: a finite element analysis. *Front Bioeng Biotechnol*. 2023;11.
20. Zhang Y, Hui S, Gui L, Jin F. Effects of upper arch expansion using clear aligners on different stride and torque: a three-dimensional finite element analysis. *BMC Oral Health*. 2023;23.

TABELAS

Tabela 1. Distribuição demográfica da amostra

Características	Distribuição	
	n	%
Gênero		
Feminino	13	61.9
Masculino	8	38.1
Total	21	100
Idade		
12 a 17 anos	8	38.1
18 a 24 anos	5	23.8
25 a 30 anos	8	38.1
Total	21	100

Nota: n - número de participantes.

Tabela 2. Avaliação da confiabilidade do método

Dente	T0-AF			T0-T1		
	Diferença média	Valor P	ICC	Diferença média	Valor P	ICC
16	-0,002	0,374	1,000	-0,003	0,374	1,000
15	-0,007	0,375	1,000	0,007	0,260	0,998
14	0,011	0,226	0,998	0,011	0,365	1,000
13	0,000	1,000	1,000	0,001	0,195	1,000
23	0,006	0,356	1,000	0,003	0,409	1,000
24	-0,010	0,384	1,000	0,006	0,471	1,000
25	0,001	0,313	1,000	0,002	0,644	1,000
26	0,000	0,374	1,000	0,003	0,783	1,000
36	0,001	0,388	1,000	0,008	0,374	1,000
35	0,000	0,963	1,000	0,011	0,109	0,998
34	-0,008	0,399	1,000	-0,005	0,374	1,000
33	0,001	0,266	1,000	0,016	0,471	1,000
43	0,005	0,330	0,998	-0,008	0,541	1,000
44	0,014	0,320	1,000	-0,008	0,306	1,000
45	0,005	0,335	1,000	0,011	0,534	1,000
46	0,000	0,529	1,000	-0,012	0,167	1,000

Nota: T0 (Inicial); AF (Programado pelo ArchForm); T1 (Final); ICC (Coeficiente de correlação intraclasse); Valor P do teste t pareado.

Tabela 3. Avaliação do torque, deslocamento vestibulo-lingual e vertical, programado e alcançado, de caninos e primeiros molares após expansão com AIH

	Dentes	Attachment	n	Programado		Alcançado		Dif Programado vs Alcançado	Valor P pareado	Eficácia
				Média	DP	Média	DP			
Torque	Canino superior direito	<i>Slice</i> (base incisal)	21	0,20°	1,18°	1,01°	1,60°	0,81°	0,023	Moderada
	Canino superior esquerdo	<i>Slice</i> (base gengival)	21	0,13°	0,62°	1,26°	1,06°	1,13°	< 0,001	Baixa
	Canino inferior direito	<i>Slice</i> (base gengival)	21	0,30°	1,39°	1,31°	1,84°	1,01°	0,009	Baixa
	Canino inferior esquerdo	<i>Slice</i> (base incisal)	21	0,60°	1,15°	1,02°	1,32°	0,42°	0,226	Elevada
	Primeiro molar superior direito	Retangular horizontal	21	0,47°	0,82°	-0,36°	1,41°	0,83°	0,049	Moderada
	Primeiro molar superior esquerdo	<i>Beveled</i>	21	1,20°	1,38°	-0,82°	2,83°	2,02°	0,001	Baixa
	Primeiro molar inferior direito	<i>Beveled</i>	21	0,22°	0,83°	0,22°	1,31°	0,00°	0,999	Elevada
	Primeiro molar inferior esquerdo	Retangular horizontal	21	0,33°	0,93°	-0,53°	1,33°	0,86°	0,013	Moderada
Vestíbulo-lingual	Canino superior direito	<i>Slice</i> (base incisal)	21	0,87 mm	0,38 mm	0,40 mm	0,20 mm	0,47 mm	< 0,001	46%
	Canino superior esquerdo	<i>Slice</i> (base gengival)	21	0,98 mm	0,31 mm	0,55 mm	0,29 mm	0,43 mm	< 0,001	56%
	Canino inferior direito	<i>Slice</i> (base gengival)	21	0,78 mm	0,28 mm	0,24 mm	0,27 mm	0,54 mm	< 0,001	31%
	Canino inferior esquerdo	<i>Slice</i> (base incisal)	21	1,00 mm	0,27 mm	0,36 mm	0,32 mm	0,64 mm	< 0,001	36%
	Primeiro molar superior direito	Retangular horizontal	21	0,55 mm	0,22 mm	0,19 mm	0,17 mm	0,36 mm	0,001	35%
	Primeiro molar superior esquerdo	<i>Beveled</i>	21	0,83 mm	0,34 mm	0,20 mm	0,19 mm	0,63 mm	< 0,001	24%
	Primeiro molar inferior direito	<i>Beveled</i>	21	0,62 mm	0,15 mm	0,20 mm	0,17 mm	0,42 mm	< 0,001	32%
	Primeiro molar inferior esquerdo	Retangular horizontal	21	0,71 mm	0,23 mm	0,25 mm	0,11 mm	0,46 mm	< 0,001	35%
Vertical	Canino superior direito	<i>Slice</i> (base incisal)	21	0,06°	0,24°	-0,04°	0,27°	0,10°	0,452	Elevada
	Canino superior esquerdo	<i>Slice</i> (base gengival)	21	0,10°	0,31°	-0,02°	0,24°	0,12°	0,311	Elevada
	Canino inferior direito	<i>Slice</i> (base gengival)	21	0,01°	0,15°	0,01°	0,15°	0,00°	0,943	Elevada
	Canino inferior esquerdo	<i>Slice</i> (base incisal)	21	0,05°	0,11°	0,01°	0,19°	0,04°	0,329	Elevada
	Primeiro molar superior direito	Retangular horizontal	21	0,03°	0,21°	-0,05°	0,15°	0,08°	0,237	Elevada
	Primeiro molar superior esquerdo	<i>Beveled</i>	21	-0,02°	0,28°	0,10°	0,26°	0,12°	0,131	Elevada
	Primeiro molar inferior direito	<i>Beveled</i>	21	-0,04°	0,25°	0,05°	0,23°	0,09°	0,332	Elevada
	Primeiro molar inferior esquerdo	Retangular horizontal	21	0,03°	0,29°	0,01°	0,16°	0,02°	0,763	Elevada

Nota: n - número de participantes; DP - desvio padrão; Dif - diferença; Sinal positivo (torque vestibular de coroa; extrusão; vestibularização); Sinal negativo (torque lingual de coroa; intrusão; lingualização); Eficácia (elevada: dif < 0.5°; moderada: dif 0.5° - 1°; baixa: dif > 1°).

Tabela 4. Torque e deslocamento vestibulo-lingual de caninos e primeiros molares após expansão com AIH utilizando diferentes *attachments*

Torque	<i>Slice (base gengival)</i>			<i>Slice (base incisal)</i>			Dif Média	Valor P			
	n	Média	DP	n	Média	DP					
	Canino superior	21	1,26°	1,06°	21	1,01°			1,60°	0,25°	< 0,001
Canino inferior	21	1,31°	1,84°	21	1,02°	1,32°	0,29°	< 0,001			
Vestíbulo-lingual	<i>Beveled</i>			<i>Retangular Horizontal</i>			Dif Média	Valor P			
	n	Média	DP	n	Média	DP					
	Molar superior	21	-0,82°	2,83°	21	-0,36°			1,41°	0,46°	0,091
	Molar inferior	21	0,22°	1,31°	21	-0,53°			1,33°	0,75°	0,330
	<i>Slice (base gengival)</i>			<i>Slice (base incisal)</i>							
n	Média	DP	n	Média	DP	Dif Média	Valor P				
Canino superior	21	0,55 mm	0,29 mm	21	0,40 mm	0,19 mm	0,15 mm	0,054			
Canino inferior	21	0,24 mm	0,26 mm	21	0,36 mm	0,32 mm	0,12 mm	0,244			
<i>Beveled</i>			<i>Retangular Horizontal</i>			Dif Média	Valor P				
n	Média	DP	n	Média	DP						
Molar superior	21	0,20 mm	0,19 mm	21	0,19 mm			0,17 mm	0,01 mm	0,927	
Molar inferior	21	0,20 mm	0,17 mm	21	0,25 mm			0,11 mm	0,05 mm	0,413	

Nota: n - número de participantes; DP - desvio padrão; Dif Média - diferença média; Sinal positivo (torque vestibular de coroa; vestibularização); Sinal negativo (torque lingual de coroa; lingualização).

Tabela 5. Deslocamento vestibulo-lingual programado versus alcançado de caninos, pré-molares e primeiros molares após expansão com AIH

	Dente	n	Programado		Alcançado		Dif Programado vs Alcançado	Valor P pareado	Eficácia
			Média	DP	Média	DP			
Vestíbulo-lingual	Canino	84	0.91 mm	0.31 mm	0.39 mm	0.27 mm	0.52 mm	< .001	42%
	Primeiro pré-molar	84	1.02 mm	0.18 mm	0.60 mm	0.23 mm	0.42 mm	< .001	59%
	Segundo pré-molar	84	0.94 mm	0.30 mm	0.43 mm	0.21 mm	0.51 mm	< .001	46%
	Primeiro molar	84	0.68 mm	0.23 mm	0.21 mm	0.16 mm	0.47 mm	< .001	31%

Nota: n - tamanho amostral; DP - desvio padrão; Dif - diferença.

FIGURAS



Figura 1. Attachments em diferentes posições e formatos avaliados

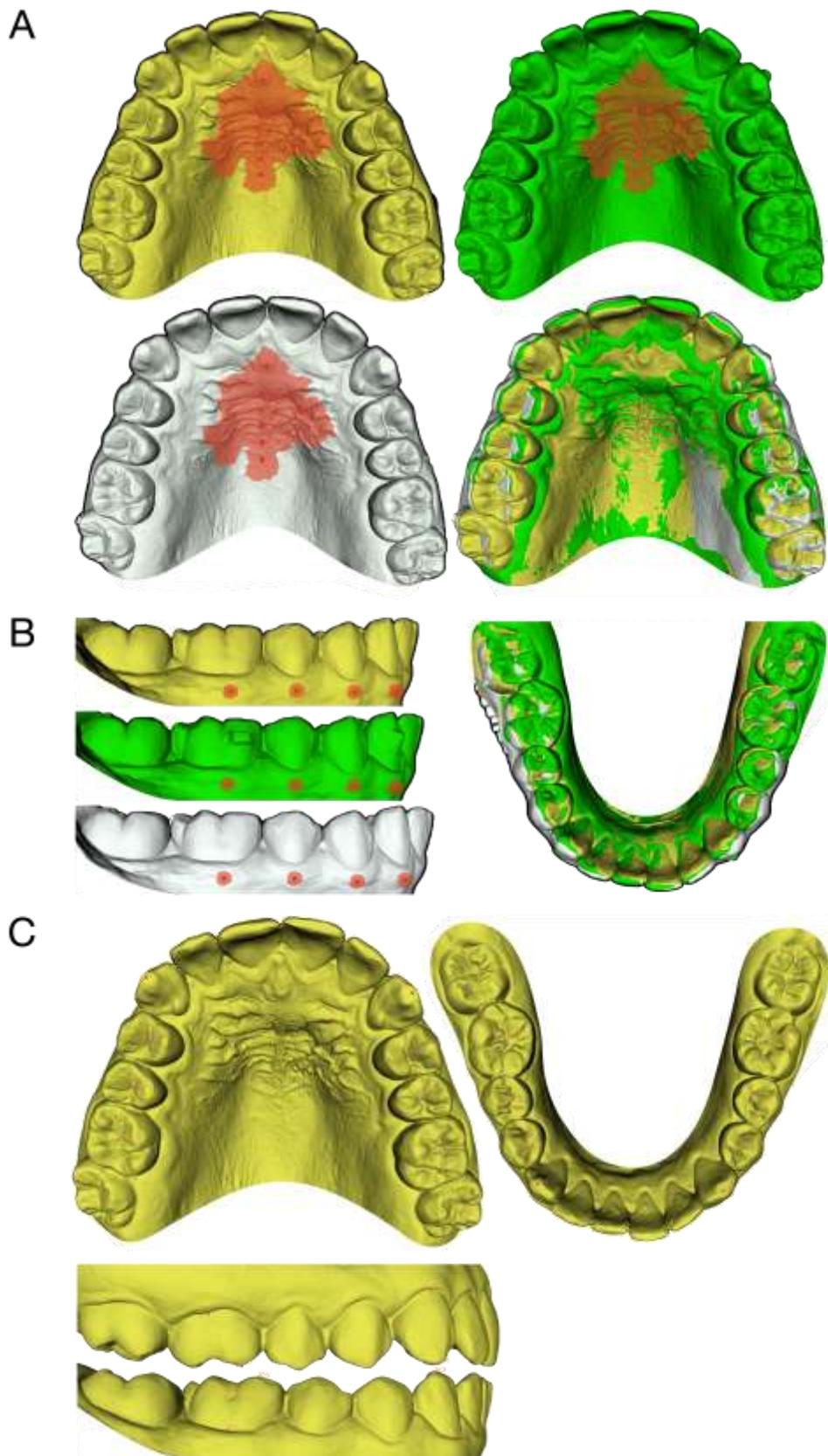


Figura 2. A) Área de registro e sobreposição dos modelos superiores; B) Área de registro e sobreposição dos modelos inferiores; C) Pontos de referência para avaliação do deslocamento vestibulo-lingual e dos efeitos secundários de torque e deslocamento vertical

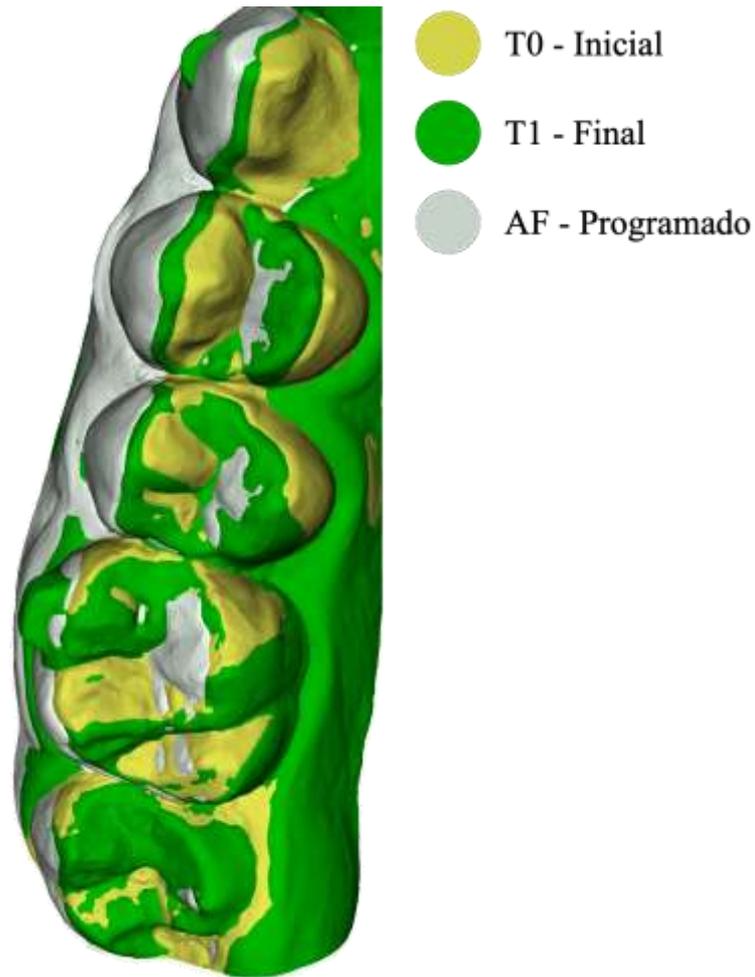


Figura 3. Comparação de T0 - Inicial, T1 - Final e AF - Programado, após a expansão dentária com AIH

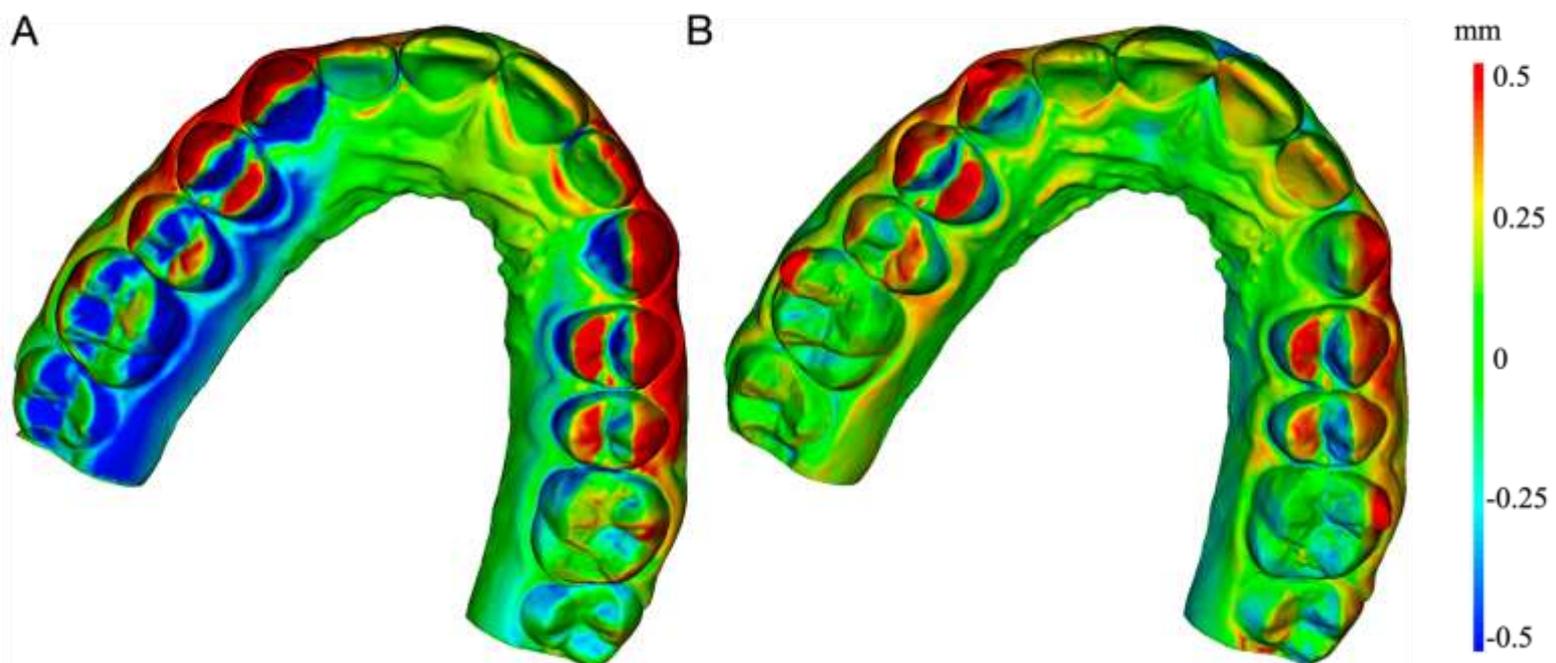


Figura 4. Color map após a expansão dentária com AIH. A) Programado; B) Alcançado

7 ARTIGO CIENTÍFICO 2

ROTAÇÃO DE INCISIVOS COM ALINHADORES *IN-HOUSE* UTILIZANDO 1º E 2º POR ESTÁGIO: um ensaio clínico randomizado

Será submetido ao periódico **The Angle Orthodontist (Qualis A2)**.

As normas da revista encontram-se no endereço eletrônico:
<https://meridian.allenpress.com/angle-orthodontist>.

**ROTAÇÃO DE INCISIVOS COM ALINHADORES *IN-HOUSE* UTILIZANDO 1º E 2º
POR ESTÁGIO: um ensaio clínico randomizado**

**Gabriel Maia Azevedo¹, Raiane Machado Maia¹, Arthur Siqueira Calaes de Oliveira²,
Bernardo Quiroga Souki³**

¹ Programa de Pós-graduação em Odontologia, Doutorado em Clínicas Odontológicas, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, Brasil.

² Programa de Graduação em Odontologia, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, Brasil.

³ Departamento de Odontologia, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, Brasil.

Endereço para Correspondência: Dr. Bernardo Quiroga Souki, Av. Dom José Gaspar, 500, Prédio 46/Sala 101 – Coração Eucarístico; Belo Horizonte, MG, Brazil, CEP: 30535-901, E-mail: bqsouki@gmail.com.

RESUMO

Objetivos: Avaliar a eficácia da rotação de incisivos centrais e laterais, superiores e inferiores, utilizando ativações de 1° e 2° por alinhador *in-house* (AIH) e comparar o movimento planejado no software *ArchForm* com o resultado clínico obtido.

Materiais e Métodos: Ensaio clínico randomizado com 81 incisivos de 21 pacientes (idade média: 21 anos; intervalo: 12–30 anos). Foram confeccionados sete alinhadores de PETG (0,75 mm), e de forma randomizada foram programados com rotações de 1° ou 2° por AIH. A movimentação foi analisada em três momentos: T0 (inicial), AF (planejamento digital no *ArchForm*) e T1 (final).

Resultados: Para os incisivos centrais superiores, a ativação de 1° resultou em uma rotação planejada de 6,53° e um movimento clínico de 2,89° (44% de eficácia; $P < .001$), enquanto a ativação de 2° resultou em 12,11° planejados e 2,95° obtidos (24%; $P = .020$). Para os incisivos laterais superiores, a ativação de 1° resultou em 5,84° planejados e 3,59° alcançados ($P < .001$), enquanto a de 2° obteve 11,73° planejados e 3,58° alcançados ($P < .001$). Nos incisivos centrais inferiores, com 2°, a rotação planejada foi de 13,31°, e a obtida, 7,24° ($P = .003$); com 1°, 6,37° foram planejados e 3,14° alcançados ($P = .091$). Para os incisivos laterais inferiores, a ativação de 2° resultou em 12,84° planejados e 6,37° alcançados ($P < .001$), enquanto a de 1° teve 6,17° programados e 2,59° obtidos ($P < .001$).

Conclusões: A eficácia média da rotação dos incisivos com AIH foi de 44,5%. No arco superior, a ativação de 1° por alinhador mostrou maior eficácia (52,8%) em comparação à de 2° (27,4%). No arco inferior, a diferença foi menor, com eficácia de 45,6% para ativações de 1° e 52% para 2°.

PALAVRAS-CHAVE: Ortodontia; Técnicas de Movimentação Dentária; Aparelhos Ortodônticos Removíveis

ABSTRACT

Objectives: To evaluate the efficacy of the rotation of maxillary and mandibular central and lateral incisors using 1° and 2° activations per in-house aligner (IHA) and to compare the programmed movement in the ArchForm software with the clinical outcomes achieved.

Materials and Methods: A randomized clinical trial was conducted with 81 incisors from 21 patients (mean age: 21 years; range: 12–30 years). Seven PETG aligners (0.75 mm thick) were fabricated and randomly programmed with either 1° or 2° rotations per IHA. Tooth movement was analyzed at three time points: T0 (baseline), AF (programmed), and T1 (final assessment).

Results: For the maxillary central incisors, 1° activation resulted in a programmed rotation of 6.53° and a clinical movement of 2.89° (44% efficacy; $P < .001$), while 2° activation resulted in 12.11° programmed and 2.95° achieved (24% efficacy; $P = .020$). For the maxillary lateral incisors, 1° activation resulted in 5.84° programmed and 3.59° achieved ($P < .001$), whereas 2° activation yielded 11.73° programmed and 3.58° achieved ($P < .001$). In the mandibular central incisors, 2° activation resulted in 13.31° programmed and 7.24° achieved ($P = .003$), while 1° activation resulted in 6.37° programmed and 3.14° achieved ($P = .091$). For the mandibular lateral incisors, 2° activation resulted in 12.84° programmed and 6.37° achieved ($P < .001$), while 1° activation yielded 6.17° programmed and 2.59° achieved ($P < .001$).

Conclusions: The average efficacy of incisor rotation with IHA was 44.5%. In the maxillary arch, 1° activation per aligner showed higher efficacy (52.8%) compared to 2° activation (27.4%). In the mandibular arch, the difference was smaller, with an efficacy of 45.6% for 1° activations and 52% for 2° activations.

KEY WORDS: Orthodontics; Tooth Movement Techniques; Orthodontic Appliances, Removable

INTRODUÇÃO

A popularidade dos alinhadores ortodônticos aumentou consideravelmente ao longo dos últimos anos, graças às suas características estéticas, facilidade na higiene oral e favorecimento da saúde periodontal¹⁻³, associado também ao crescente número de adultos que buscam tratamentos para suas desarmonias oclusais e faciais.⁴

Devido às limitações do sistema terceirizado, como o elevado custo e sua logística temporal, houve um crescente interesse pela técnica de fabricação dos alinhadores ortodônticos pelo próprio profissional, denominada de alinhadores *in-house* (AIH), o que gerou dúvidas e incertezas sobre a eficácia e a eficiência desse tratamento para más oclusões.

Segundo a literatura, o apinhamento dentário é uma das más oclusões mais prevalentes^{5,6}, representando um desafio comum entre os ortodontistas na prática clínica. Nesse contexto, o tratamento com AIH apresenta limitações específicas, sendo o movimento de rotação bastante desafiador, com eficácia por volta de 50%.⁷ Atualmente, ainda não há informações concretas disponíveis a respeito da quantidade ideal de rotação dos incisivos por alinhador.

Portanto, o objetivo deste ensaio clínico foi comparar a eficácia do movimento de rotação de incisivos centrais e laterais, superiores e inferiores, utilizando duas diferentes magnitudes de ativação (1° e 2°) por AIH, além de contrastar o respectivo movimento programado pelo software *ArchForm* com o alcançado.

MATERIAL E MÉTODOS

Esse estudo trata-se de um ensaio clínico randomizado, que incluiu informações coletadas entre fevereiro e outubro de 2024, e seguiu as diretrizes do CONSORT.⁸ O estudo foi submetido e aceito pelo comitê de ética em pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (número do parecer: 6.335.303 / CAAE: 71125723.5.0000.5137), além de ser registrado no ReBEC. Este estudo faz parte de um projeto integrado (guarda-chuva), projeto no qual o cálculo amostral foi realizado pelo programa *G*Power*, considerando um alfa de 5%, um poder de 80% e um *effect-size* de 0,9, indicando a necessidade de uma amostra de 21 indivíduos. O tamanho do efeito (0,9) foi determinado pela definição de um limite de tolerância clínica de 1 mm para a diferenciação dos grupos, em combinação com a informação do desvio padrão de 1,1 mm, encontrado na literatura para a principal variável analisada.⁹ Dessa forma, o presente estudo realizou uma análise *post-hoc*, determinando o poder estatístico das variáveis investigadas. A amostra incluiu 81 incisivos, de 21 pacientes (idade média de 21 anos, variando entre 12 e 30 anos) (Tabela 1 e 2), que preencheram os seguintes critérios: 1) necessidade de

tratamento ortodôntico com discrepâncias negativas de espaço consideradas leves (< 4 mm); 2) dentadura permanente completa, incluindo os segundos molares permanentes; 3) ausência de doenças sistêmicas ou uso regular de medicamentos que possam interferir na movimentação ortodôntica.

Os critérios de exclusão foram: 1) presença de má oclusão severa; 2) idade superior a 30 anos; 3) terceiros molares irrompidos; 4) dentes com alguma anomalia de forma.

Após a aquisição da documentação inicial (fotografias intra e extra-orais; telerradiografia lateral da face e radiografia panorâmica), os modelos dentários digitais em formato STL dos pacientes foram obtidos com o *scanner* intraoral *3Shape* (*3Shape*, Copenhagen, Dinamarca) e o planejamento foi realizado utilizando o software *ArchForm* (San Mateo, California, Estados Unidos). A impressão dos modelos foi feita por meio da impressora de resina fotossensível (Elegoo *Saturn* 4K, Elegoo, Shenzhen, China) utilizando a resina *3D Cure Basic* (*3D Cure*, Betim, Minas Gerais, Brasil). Os alinhadores ortodônticos foram produzidos com laminados plásticos de PETG (Bio-Art Equipamentos Odontológicos, São Carlos, São Paulo, Brasil) com espessura de 0,75 mm e termoplastificados utilizando a plastificadora a vácuo *PlastVac P7* (Bio-Art Equipamentos Odontológicos, São Carlos, São Paulo, Brasil).

Todos os pacientes foram atendidos pela mesma equipe de ortodontistas, seguindo o protocolo de troca semanal e o tempo de uso de 22 horas/dia dos alinhadores. O planejamento das rotações dos incisivos centrais e laterais, superiores e inferiores, foi estabelecido de acordo com a necessidade de cada paciente, exceto em dentes adjacentes. Sete alinhadores foram programados de forma randomizada em duas diferentes magnitudes de rotação (1° ou 2° por AIH), e os dentes rotacionados receberam o *attachment Slice* com a escala 1 do software *ArchForm*. Os dados coletados de todos os pacientes foram analisados em três tempos: T0 (inicial), AF (planejamento digital com o *ArchForm*) e T1 (final).

Após exportar os arquivos STL para o software *3D Slicer*, foi realizada a orientação dos modelos por meio da ferramenta *Transforms*, e posteriormente a sobreposição dos mesmos pela ferramenta *Surface Registration*, seguindo metodologias previamente descritas na literatura.^{10,11} Por fim, para realizar a análise quantitativa das movimentações dentárias, utilizou-se a ferramenta Q3DC. Com base nesses procedimentos, após determinar os pontos de referência para realizar as mensurações foi possível obter informações precisas sobre as alterações das posições dentárias entre os modelos T0 - Inicial (amarelo); T1 - Final (verde) e AF - Planejado (branco) (Fig. 1A-C).

Todos os procedimentos de obtenção dos modelos digitais e processamento das

imagens, além das etapas de sobreposição, marcação dos pontos e medição foram realizados pelo mesmo operador, devidamente treinado por um pesquisador *expert*, com experiência neste tipo de metodologia. A calibração do examinador e a confiabilidade das medidas foram avaliadas em 10 modelos selecionados aleatoriamente. Esses modelos receberam todos os procedimentos descritos na metodologia e, após um intervalo de 15 dias, os procedimentos foram repetidos e então comparados. O coeficiente de correlação intraclasse (ICC) foi empregado para testar a concordância entre as leituras (confiabilidade do método), e variou de 0,998 a 1. O teste t foi utilizado para avaliar a validade do método e a presença de erros sistemáticos. Os resultados indicaram que as duas leituras não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($P > 0,05$). Para avaliar erros aleatórios, os autores adotaram a fórmula de Dahlberg.¹²

Os dados coletados foram analisados utilizando o software SPSS, versão 22 (IBM Corp., Armonk, Nova York, Estados Unidos). Foi estabelecido o nível de significância de 5%. Inicialmente, os dados foram explorados com o objetivo de identificar os “*outliers*”, permitindo a revisão de eventuais inconsistências no lançamento dos valores. Na sequência, foi utilizado o teste Kolmogorov-Smirnov para identificar se as variáveis contínuas apresentavam distribuição normal, e se os testes de comparação das médias seriam paramétricos ou não paramétricos. Diante da confirmação do pressuposto de normalidade, as médias dos dois grupos foram comparadas utilizando o teste t para amostras independentes. Para as comparações entre o que havia sido programado e o que efetivamente aconteceu em cada rodada, a análise utilizada foi o teste t pareado.

RESULTADOS

Ao longo da utilização dos sete alinhadores para a rotação dos incisivos, não foram observadas quebras, perdas ou desadaptações dos aparelhos.

Se baseando nos achados tabulados e analisados, chegou-se aos seguintes resultados a respeito da comparação entre a eficácia do movimento de rotação de incisivos centrais e laterais, superiores e inferiores, utilizando duas magnitudes diferentes, 1° ou 2° por AIH, além do contraste entre o respectivo movimento programado pelo software *ArchForm* com o alcançado:

1) Foi encontrado um poder estatístico adequado para as variáveis estudadas

Com base nas informações da Tabela 3, considerando o tamanho da amostra de 31 incisivos laterais superiores, alfa de 5%, e uma tolerância clínica de 1° para a diferenciação entre os grupos, foi encontrado o *effect-size* de 0,74 (considerando o

desvio-padrão para esta respectiva variável de 1,35°), e um poder estatístico de 82%. Em relação à amostra de 10 incisivos centrais superiores o *effect-size* foi de 1,41 (desvio-padrão de 0,71°), obtendo-se um poder de 84,5%. Para a amostra de 30 incisivos laterais inferiores o *effect-size* foi de 0,73 (desvio-padrão de 1,36°), encontrando um poder de 80,2%. Por fim, em relação à amostra de 10 incisivos centrais inferiores o *effect-size* foi de 1,35 (desvio-padrão de 0,74°), encontrando um poder de 81,3%.

2) A rotação de 1° por alinhador dos incisivos centrais superiores foi mais eficaz que a rotação de 2° por alinhador

Foi observada uma discrepância estatisticamente significativa ($P < .05$) entre a rotação planejada no software *ArchForm* e a obtida clinicamente após o sétimo alinhador, indicando uma eficácia reduzida no controle rotacional dos incisivos centrais superiores. Além disso, o aumento da velocidade de rotação em 2° por alinhador não trouxe benefícios, pois resultou em uma eficácia inferior em comparação à ativação de 1° por alinhador (24,37% e 44,2%, respectivamente). Com a ativação de 1° por alinhador, a rotação planejada foi de 6,53°, enquanto a alcançada foi de 2,89° ($P < .001$). Já com 2° por alinhador, o planejamento foi de 12,11°, com um resultado final de 2,95° ($P = .020$). Apesar da diferença na eficácia, os valores finais de rotação foram semelhantes ao término do sétimo alinhador (Tabela 3).

3) A magnitude de rotação de 1° por alinhador foi mais eficaz que a magnitude de 2° por alinhador ao analisar os incisivos laterais superiores

Os resultados da rotação dos incisivos laterais superiores indicaram maior eficácia com a ativação de 1° por alinhador (61,46%) em comparação à de 2° por alinhador (30,5%). Com a ativação de 1°, a rotação planejada no software *ArchForm* foi de 5,84°, enquanto a obtida clinicamente foi de 3,59° ($P < .001$). Já com a ativação de 2°, foram programados 11,73°, resultando em uma rotação final de 3,58° ($P < .001$) (Tabela 3).

4) A magnitude de rotação de 2° por alinhador foi mais eficaz que a magnitude de 1° por alinhador ao observar os incisivos centrais inferiores

A respeito dos resultados da rotação dos incisivos centrais inferiores, foi observada uma ligeira superioridade de eficácia com a rotação de 2° por alinhador (54,4%) em contraste com 1° por alinhador (49,3%). Ao utilizar a rotação de 2° por alinhador, foram planejados pelo software *ArchForm* 13,31°, alcançando 7,24° ($P = .003$).

Com relação à rotação de 1° por alinhador, foram planejados 6,37° e alcançados 3,14° ($P = .091$) (Tabela 3).

5) A magnitude de rotação de 2° por alinhador foi mais eficaz que a magnitude de 1° por alinhador ao averiguar os incisivos laterais inferiores

Analisando os resultados da rotação dos incisivos laterais inferiores, foi constatada maior eficácia da magnitude de rotação de 2° por alinhador (49,6%) em relação à de 1° por alinhador (42%). Ao realizar a rotação de 2° por alinhador, foram planejados pelo software *ArchForm* 12,84°, alcançando 6,37° ($P < .001$). Em relação à rotação de 1° por alinhador, foram planejados 6,17° e alcançados 2,59° ($P < .001$). Assim, os incisivos laterais inferiores também demonstraram taxas de eficácia semelhantes, apesar da movimentação alcançada ter sido muito menor do que a programada (Tabela 3).

DISCUSSÃO

Os dados apresentados neste estudo demonstram uma análise detalhada do movimento de rotação de incisivos centrais e laterais, superiores e inferiores, utilizando duas diferentes magnitudes, 1° ou 2° por alinhador, além de contrastar o respectivo movimento programado pelo software *ArchForm* com o alcançado. O planejamento das rotações dos incisivos foi estabelecido de acordo com a necessidade de cada paciente, e como forma de evitar uma possível influência nos resultados, dentes adjacentes não tiveram o movimento planejado pelo software. Os dentes rotacionados receberam o *attachment Slice*, como forma de otimizar a movimentação e representar uma situação clínica do tratamento com os alinhadores ortodônticos.

Desde a incorporação dos alinhadores como alternativa ao tratamento ortodôntico, diversos artigos buscaram determinar a previsibilidade das movimentações dentárias com a respectiva técnica. Dessa forma, após vários estudos, foi observado que a rotação se qualificava como um movimento desafiador, principalmente em dentes com formato redondo, como os caninos e pré-molares.¹³⁻¹⁶ Em contrapartida, Fiorillo e colaboradores (2024), relataram que o formato do dente, assim como o gênero e a idade não influenciam a precisão do movimento de rotação no tratamento com alinhadores ortodônticos.¹⁷ De acordo com alguns estudos, os incisivos demonstraram melhor desempenho relacionado à rotação em comparação aos dentes com formato redondo¹⁸, 50% e 40%, respectivamente.¹⁹ Entretanto, D'Antò e colaboradores

(2024), afirmaram em seu estudo que no arco superior os pré-molares foram os dentes mais precisos, enquanto os incisivos foram os dentes com o menor desempenho.

A literatura apresenta previsibilidades bastante variadas para o movimento de rotação com alinhadores^{13,15-17,20}, com resultados menores que 40% até maiores que 80%. Esse fato pode ser explicado pelas diversas metodologias empregadas nas pesquisas, incluindo: dentes avaliados; diferentes materiais termoplásticos; formatos e posições de *attachments*; magnitudes de ativações; ferramentas de análise e mensuração; entre outros. Segundo Medeiros e colaboradores (2024), a previsibilidade dos movimentos angulares com os alinhadores tende a diminuir com o aumento da quantidade do movimento planejado.¹⁸ Dessa forma, vários estudos enfatizam a necessidade da associação de recursos auxiliares como forma de aumentar a previsibilidade do movimento de rotação com os alinhadores, como IPR, elásticos, acessórios e refinamentos.^{14,20,21} Outro recurso, conforme Castroflorio e colaboradores (2023) relataram, é o regime de troca dos alinhadores, que segundo os autores o protocolo de 7 dias é geralmente suficiente para a maioria dos movimentos, porém, para a rotação dos caninos, pré-molares e molares inferiores é necessário 14 dias de troca dos alinhadores.¹³

Diversos estudos avaliaram o movimento de rotação com alinhadores ortodônticos, comparando diferentes espessuras do material termoplástico²², tipos de *attachments*²³⁻²⁵, efeitos colaterais²⁶, influência do IPR²⁵. Contudo, até o momento, este é o único ensaio clínico na literatura que investigou prospectivamente o movimento de rotação com alinhadores utilizando diferentes magnitudes de ativação.

Os resultados do presente estudo indicam uma eficácia média da rotação dos incisivos de 44,5%, sendo 49,2% relacionado a magnitude de ativação de 1° por alinhador, e 39,7% em relação com 2° por alinhador. Ao separar os resultados por arcada, observou-se maior eficácia da magnitude de 1° para o arco superior (52,8%) em comparação com 2° (27,4%). Em contrapartida, no arco inferior, a variável se comportou de maneira oposta, demonstrando maior eficácia com a magnitude de 2° (52%) em comparação com 1° (45,6%). Cortona e colaboradores (2020) avaliaram, por meio de um estudo com elementos finitos, o movimento de rotação comparando as magnitudes de ativação de 1,2° e 3° por alinhador. Segundo os autores, 3° de ativação exibiram o melhor desempenho em relação à rotação dentária, porém registraram altos estresses nos ligamentos periodontais, longe dos níveis considerados ideais, concluindo que a ativação do alinhador não deve exceder 1,2° para atingir melhor controle do movimento e estresse apropriado nas estruturas periodontais.²⁷

Este estudo se destaca por não ter registrado quebras, perdas ou desadaptações dos alinhadores ao longo da pesquisa. Além disso, sobressai pelo rigor científico adotado, empregando uma metodologia adequada, consistente e bem fundamentada na literatura.^{10,11}

CONCLUSÃO

De acordo com os dados apresentados após a rotação dos incisivos, utilizando duas magnitudes diferentes (1º ou 2º por alinhador), conclui-se que:

- a eficácia média da rotação dos incisivos com AIH é de 44,5%;
- no arco superior, observou-se maior eficácia da magnitude de ativação por alinhador de 1º (52,8%), em comparação com 2º (27,4%);
- no arco inferior, as eficácias das diferentes ativações foram relativamente semelhantes, 2º (52%) e 1º (45,6%).

REFERÊNCIAS

1. Azaripour A, Weusmann J, Mahmoodi B, et al. Braces versus Invisalign®: Gingival parameters and patients' satisfaction during treatment: A cross-sectional study. *BMC Oral Health*. 2015;15.
2. Levrini L, Mangano A, Montanari P, Margherini S, Caprioglio A, Abbate GM. Periodontal health status in patients treated with the Invisalign® system and fixed orthodontic appliances: A 3 months clinical and microbiological evaluation. *Eur J Dent*. 2015;9:404-410.
3. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Periodontal health during clear aligners treatment: A systematic review. *Eur J Orthod*. 2015;37:539-543.
4. Jeremiah HG, Bister D, Newton JT. Social perceptions of adults wearing orthodontic appliances: A cross-sectional study. *Eur J Orthod*. 2011;33:476-482.
5. Cenzato N, Nobili A, Maspero C. Prevalence of dental malocclusions in different geographical areas: Scoping review. *Dent J (Basel)*. 2021;9.
6. Lombardo G, Vena F, Negri P, et al. Worldwide prevalence of malocclusion in the different stages of dentition: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Paediatr Dent*. 2020;21:115-122.
7. Upadhyay M, Arqub SA. Biomechanics of clear aligners: hidden truths & first principles. *J World Fed Orthod*. 2022;11:12-21.
8. Schulz KF, Altman DG, Moher D. CONSORT 2010 Statement: Updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMJ (Online)*. 2010;340:698-702.
9. Rocha AS, Gonçalves M, Oliveira AC, Azevedo RMS, Pinho T. Efficiency and Predictability of Coronal Maxillary Expansion Repercussion with the Aligners System: A Retrospective Study. *Dent J (Basel)*. 2023;11.
10. Ioshida M, Muñoz BA, Rios H, et al. Accuracy and reliability of mandibular digital model registration with use of the mucogingival junction as the reference. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2019;127:351-360.

11. Stucki S, Gkantidis N. Assessment of techniques used for superimposition of maxillary and mandibular 3D surface models to evaluate tooth movement: A systematic review. *Eur J Orthod.* 2020;42:559-570.
12. DAHLBERG G. *Statistical Methods for Medical and Biological Studies.*; 1940.
13. Castroflorio T, Sedran A, Parrini S, et al. Predictability of orthodontic tooth movement with aligners: effect of treatment design. *Prog Orthod.* 2023;24.
14. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi CL. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: A systematic review. *Angle Orthodontist.* 2015;85:881-889.
15. Simon M, Keilig L, Schwarze J, Jung BA, Bourauel C. Treatment outcome and efficacy of an aligner technique - regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. *BMC Oral Health.* 2014;14.
16. D'Antò V, Rongo R, Casaburo SD, et al. Predictability of tooth rotations in patients treated with clear aligners. *Sci Rep.* 2024;14.
17. Fiorillo G, Campobasso A, Croce S, et al. Accuracy of clear aligners in the orthodontic rotational movement using different attachment configurations. *Orthod Craniofac Res.* Published online December 1, 2024.
18. Medeiros RB, Santos RF, Mendes-Miguel JA, Rothier EKC, Mendes FM, Dominguez GC. Accuracy of Invisalign® aligners in adult patients: a retrospective study of angular tooth movements. *Dental Press J Orthod.* 2024;29.
19. Upadhyay M, Arqub SA. Biomechanics of clear aligners: hidden truths & first principles. *J World Fed Orthod.* 2022;11:12-21.
20. Bilello G, Fazio M, Amato E, Crivello L, Galvano A, Currò G. Accuracy evaluation of orthodontic movements with aligners: a prospective observational study. *Prog Orthod.* 2022;23.
21. Galan-Lopez L, Barcia-Gonzalez J, Plasencia E. A systematic review of the accuracy and efficiency of dental movements with invisalign®. *Korean J Orthod.* 2019;49:140-149.
22. Elkholy F, Schmidt F, Jäger R, Lapatki BG. Forces and moments applied during derotation of a maxillary central incisor with thinner aligners: An in-vitro study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2017;151:407-415.
23. Cortona A, Rossini G, Parrini S, Deregibus A, Castroflorio T. Clear aligner orthodontic therapy of rotated mandibular round-shaped teeth: A finite element study. *Angle Orthodontist.* 2020;90:247-254.
24. Ferlias N, Dalstra M, Cornelis MA, Cattaneo PM. In Vitro Comparison of Different Invisalign® and 3Shape® Attachment Shapes to Control Premolar Rotation. *Front Bioeng Biotechnol.* 2022;10.
25. Kravitz ND, Kusnoto B, Agran B, Viana G. Influence of Attachments and Interproximal Reduction on the Accuracy of Canine Rotation with Invisalign A Prospective Clinical Study. *Angle Orthodontist.* 2008;78:682.
26. Hahn W, Engelke B, Jung K, et al. Initial forces and moments delivered by removable thermoplastic appliances during rotation of an upper central incisor. *Angle Orthodontist.* 2010;80:239-246.
27. Cortona A, Rossini G, Parrini S, Deregibus A, Castroflorio T. Clear aligner orthodontic therapy of rotated mandibular round-shaped teeth: A finite element study. *Angle Orthodontist.* 2020;90:247-254.

TABELAS

Tabela 1. Distribuição demográfica da amostra

Características	Distribuição	
	n	%
Gênero		
Feminino	13	61.9
Masculino	8	38.1
Total	21	100
Idade		
12 a 17 anos	8	38.1
18 a 24 anos	5	23.8
25 a 30 anos	8	38.1
Total	21	100

Nota: n - número de participantes.

Tabela 2. Distribuição demográfica dos incisivos

Características	Distribuição	
	n	%
Maxila		
Incisivo central	10	24.4
Incisivo lateral	31	75.6
Total	41	100
Mandíbula		
Incisivo central	10	25
Incisivo lateral	30	75
Total	40	100

Nota: n - número de participantes.

Tabela 3. Comparação entre a rotação programada e alcançada nos incisivos, utilizando magnitudes de 1° e 2° com AIH

		Programado		Alcançado		Eficácia	Valor P		
		n	T0-AF	DP	T0-T1			DP	
Maxila	1 Grau	Incisivo central	7	6,53°	0,97°	2,89°	0,71°	44,2%	< 0,001
		Incisivo lateral	14	5,84°	0,62°	3,59°	1,35°	61,5%	< 0,001
	2 Graus	Incisivo central	3	12,11°	0,34°	2,95°	0,85°	24,4%	0,020
		Incisivo lateral	17	11,73°	0,85°	3,58°	1,29°	30,5%	< 0,001
Mandíbula	1 Grau	Incisivo central	4	6,37°	0,97°	3,14°	0,82°	49,3%	0,091
		Incisivo lateral	18	6,17°	0,84°	2,59°	1,36°	42%	< 0,001
	2 Graus	Incisivo central	6	13,31°	0,91°	7,24°	0,74°	54,4%	0,003
		Incisivo lateral	12	12,84°	0,94°	6,37°	1,23°	49,6%	< 0,001

Nota: n - tamanho amostral; DP - desvio padrão; T0 (Inicial); AF (Programado pelo ArchForm); T1 (Final).

FIGURAS

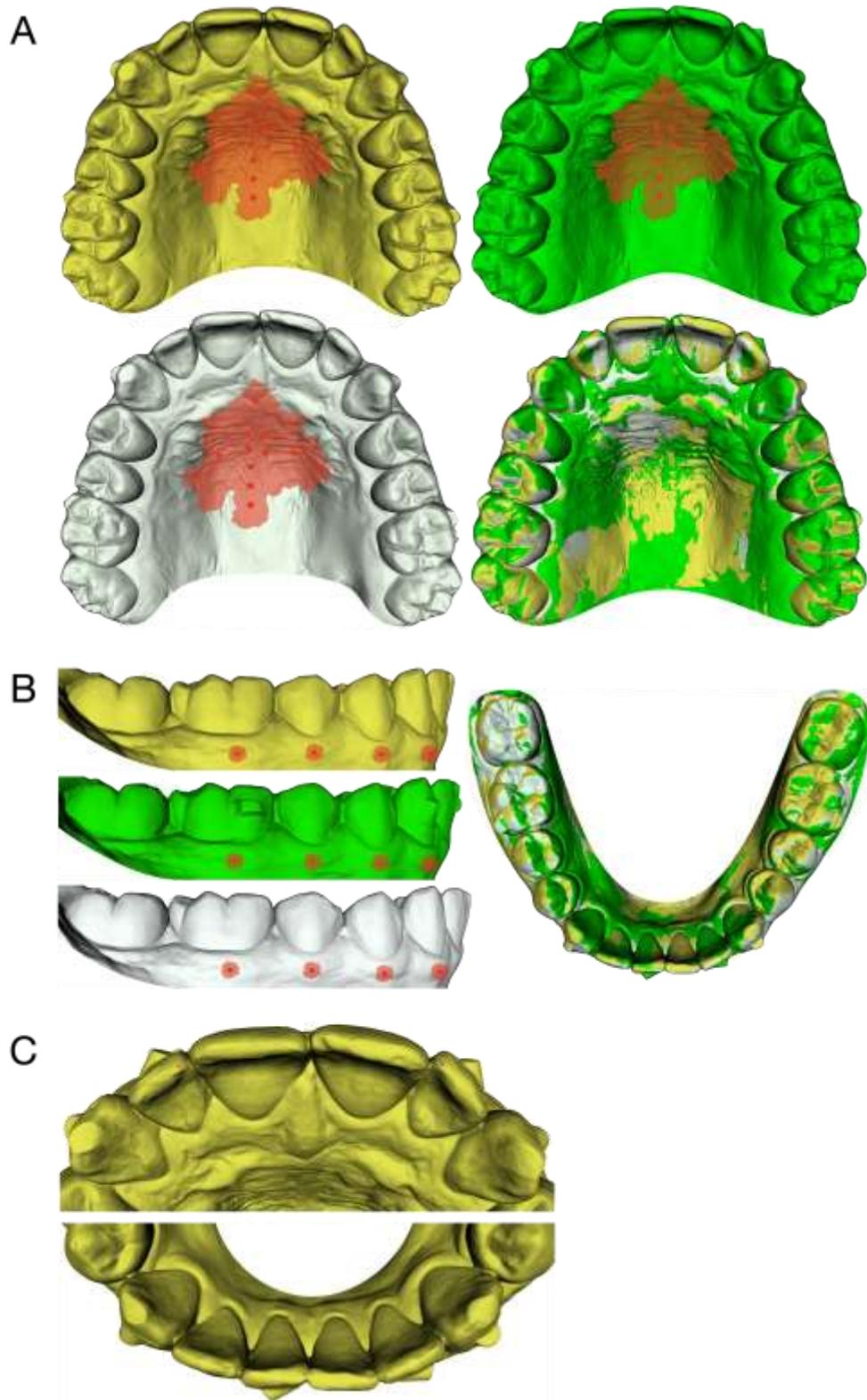


Figura 1. A) Área de registro e sobreposição dos modelos superiores; B) Área de registro e sobreposição dos modelos inferiores; C) Pontos de referência na avaliação da rotação dos incisivos

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A clínica de alinhadores *in-house* foi implementada na Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas) em 2023, permitindo aos alunos de mestrado e doutorado maior contato com essa técnica. Dessa forma, possibilitou novas linhas de pesquisa na área, promoveu a iniciação científica com a participação de um aluno de graduação da Universidade, além de facilitar o acesso dos pacientes a essa modalidade de tratamento.

Diversos trabalhos científicos foram apresentados em congressos, nos quais receberam premiações e menções honrosas, sendo liderados e impulsionados pelo contínuo incentivo do Prof. Dr. Bernardo Quiroga Souki. O suporte e o investimento da universidade possibilitaram a criação de um cronograma semanal. Nas manhãs de segunda-feira, ao longo de 24 meses, além dos atendimentos clínicos, foram realizadas reuniões com o intuito de aprimorar os conhecimentos sobre os alinhadores *in-house*, técnicas de impressão e a gestão dessa modalidade clínica.

Este estudo foi realizado graças ao incentivo da CAPES e da FIP PUC Minas, que concederam bolsas a dois alunos do doutorado e a um aluno da graduação. Destaca-se também, a generosa doação da empresa *ArchForm* do software para o planejamento dos casos, sem qualquer custo para a instituição. Os pesquisadores declaram não ter qualquer conflito de interesse com o uso dessa plataforma comercial, mas manifesta publicamente a gratidão pela concessão da licença de uso, sem ônus. Sem esse importante apoio e investimento, este estudo não poderia ter sido concretizado.

Neste contexto, os resultados da presente tese nos permitem concluir que:

- a) após a expansão das arcadas com os alinhadores *in-house*, observou-se maior eficácia na região dos primeiros e segundos pré-molares (59% e 46%, respectivamente) em comparação aos caninos (42%) e primeiros molares (31%). Os alinhadores apresentaram ótimo controle dos movimentos verticais e um bom controle de torque dos primeiros molares, no entanto, foi observado torque vestibular dos caninos. O *attachment Slice*, com sua base voltada para a incisal, apresentou melhor controle de torque nos caninos em comparação à base voltada para a porção gengival;
- b) após a rotação dos incisivos com os alinhadores *in-house*, observou-se uma eficácia média de 44,5%. No arco superior, houve maior eficácia da magnitude de ativação por alinhador de 1º (52,8%) em comparação com 2º (27,4%). Já no arco inferior,

verificou-se uma relativa semelhança na eficácia quando utilizados 2º (52%) em comparação com 1º (45,6%) por alinhador.

Os dados deste estudo indicam que os alinhadores ortodônticos *in-house* possuem potencial para promover a movimentação dentária de acordo com os objetivos terapêuticos planejados. No entanto, é fundamental que o ortodontista reconheça as limitações biomecânicas desse sistema e compreenda as diferenças em relação à terapia convencional com aparelhos fixos, a fim de otimizar os resultados clínicos. Recomenda-se a continuidade da investigação clínica, com uma amostra ampliada de pacientes, explorando diferentes tipos de laminados plásticos e formatos de *attachments* para aprimorar a eficácia e previsibilidade do tratamento.

REFERÊNCIAS

- AZARIPOUR, A. *et al.* Braces versus Invisalign®: Gingival parameters and patients' satisfaction during treatment: A cross-sectional study. **BMC Oral Health**, v. 15, p. 69, June 2015.
- BARREDA, G. *et al.* Surface wear of resin composites used for Invisalign® attachments. **Acta Odontológica Latinoamericana**, v. 30, n. 2, p. 90-95, Aug. 2017.
- BILELLO, G. *et al.* Accuracy evaluation of orthodontic movements with aligners: a prospective observational study. **Progress in Orthodontics**, v. 23, n. 1, p. 12, 2022.
- BRUCOLI, M. *et al.* The use of optical scanner for the fabrication of maxillary obturator prostheses. **Oral and Maxillofacial Surgery**, v. 24, n. 2, p. 157-161, June 2020.
- CAO, Y. *et al.* The effect of space arrangement between anterior teeth on their retraction with clear aligners in first premolar extraction treatment: a finite element study. **Progress in Orthodontics**, v. 24, n. 1, p. 39, Dec. 2023.
- CASTROFLORIO, T. *et al.* Predictability of orthodontic tooth movement with aligners: effect of treatment design. **Progress in Orthodontics**, v. 24, n. 1, p. 2, 2023.
- CENZATO, N.; NOBILI, A.; MASPERO, C. Prevalence of dental malocclusions in different geographical areas: Scoping review. **Dentistry Journal**, v. 9, n. 10, p. 117, 2021.
- CORTONA, A. *et al.* Clear aligner orthodontic therapy of rotated mandibular round-shaped teeth: A finite element study. **The Angle Orthodontist**, v. 90, n. 2, p. 247-254, 2020.
- DAHLBERG, G. **Statistical methods for medical and biological studies**. London: George Allen & Unwin, 1940.
- D'ANTÒ, V. *et al.* Predictability of tooth rotations in patients treated with clear aligners. **Scientific Reports**, v. 14, n. 1, 2024.
- ELKHOLY, F. *et al.* Forces and moments applied during derotation of a maxillary central incisor with thinner aligners: An in-vitro study. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 151, n. 2, p. 407-415, Feb. 2017.
- FERLIAS, N. *et al.* In vitro comparison of different invisalign® and 3shape® attachment shapes to control premolar rotation. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 10, p. 840622, 2022.
- FIORILLO, G. *et al.* Accuracy of clear aligners in the orthodontic rotational movement using different attachment configurations. **Orthodontics & Craniofacial Research**, v. 27, n. 6, p. 996-1003, Dec. 2024.
- FUJIYAMA, K. *et al.* Analysis of pain level in cases treated with Invisalign aligner: Comparison with fixed edgewise appliance therapy. **Progress in Orthodontics**, v. 15, n. 1, p. 64, Nov. 2014.

GALAN-LOPEZ, L.; BARCIA-GONZALEZ, J.; PLASENCIA, E. A systematic review of the accuracy and efficiency of dental movements with invisalign®. **Korean Journal of Orthodontics**, v. 49, n. 3, p. 140-149, 2019.

GALLUCCIO, G. *et al.* Efficacy and accuracy of maxillary arch expansion with clear aligner treatment. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 20, n. 5, p. 4634, 2023.

HAHN, W. *et al.* Initial forces and moments delivered by removable thermoplastic appliances during rotation of an upper central incisor. **The Angle Orthodontist**, v. 80, n. 2, p. 239-246, 2010.

HANSA, I. *et al.* Outcomes of clear aligner treatment with and without dental monitoring: A retrospective cohort study. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 160, n. 6, p. 765-773, 2021.

HASSAN, A. H.; AMIN, H. E. S. Association of orthodontic treatment needs and oral health-related quality of life in young adults. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 137, n. 1, p. 42-47, Jan. 2010.

IMBURGIA, M. *et al.* Accuracy of four intraoral scanners in oral implantology: A comparative in vitro study. **BMC Oral Health**, v. 17, n. 1, p. 92, June 2017.

IOSHIDA, M. *et al.* Accuracy and reliability of mandibular digital model registration with use of the mucogingival junction as the reference. **Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology and Oral Radiology**, v. 127, n. 4, p. 351-360, Apr. 2019.

JEREMIAH, H. G.; BISTER, D.; NEWTON, J. T. Social perceptions of adults wearing orthodontic appliances: A cross-sectional study. **European Journal of Orthodontics**, v. 33, n. 5, p. 476-482, Oct. 2011.

KESLING, H. D. The philosophy of the tooth positioning appliance. **American Journal of Orthodontic and Oral Surgery**, v. 31, n. 6, p. 297-304, 1945.

KRAVITZ, N. D. *et al.* Influence of attachments and interproximal reduction on the accuracy of canine rotation with Invisalign: A prospective clinical study. **The Angle Orthodontist**, v. 78, n. 4, p. 682, 2008.

LEVRINI, L. *et al.* Periodontal health status in patients treated with the Invisalign® system and fixed orthodontic appliances: A 3 months clinical and microbiological evaluation. **European Journal of Dentistry**, v. 9, n. 3, p. 404-410, 2015.

LOMBARDO, G. *et al.* Worldwide prevalence of malocclusion in the different stages of dentition: A systematic review and meta-analysis. **European Journal of Paediatric Dentistry**, v. 21, n. 2, p. 115-122, 2020.

LI, N. *et al.* The effect of increasing the gaps between the front teeth on torque and intrusion control of the incisors for anterior retraction with clear aligners: a prospective study. **BMC Oral Health**, v. 24, n. 1, p. 115, Dec. 2024.

LIU, Z.; MCGRATH, C.; HAGG, U. The impact of malocclusion/orthodontic treatment need on the quality of life a systematic review. **The Angle Orthodontist**, v. 79, n. 3, p. 585-591, May. 2009.

MARTINS, R.; GUEDES, F.; FURQUIM, B. **Alinhadores e Ortodontia digital**. Maringá: Dental Press, 2020.

MARTINS, R.; PARIZOTTO, J. Formato dos *attachments* e sua influência na movimentação com alinhadores: Parte I. **Revista Clínica de Ortodontia Dental Press**, v. 18, n. 6, p. 28-34, Dec. 2019.

MEDEIROS, R. B. *et al.* Accuracy of Invisalign® aligners in adult patients: a retrospective study of angular tooth movements. **Dental Press Journal of Orthodontics**, v. 29, n. 2, p. e2423237, 2024.

MORALES-BURRUEZO, I. *et al.* Arch expansion with the Invisalign system: Efficacy and predictability. **PLoS One**, v. 15, n. 12, p. e0242979, 2020.

MORRIS, J. W. *et al.* Prevalence of gingival recession after orthodontic tooth movements. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 151, n. 6, p. 851-859, 2017.

ROCHA, A. S. *et al.* Efficiency and predictability of coronal maxillary expansion repercussion with the aligners system: a retrospective study. **Dentistry Journal**, v. 11, n. 11, p. 258, Nov. 2023.

ROSSINI, G. *et al.* Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: A systematic review. **The Angle Orthodontist**, v. 85, n. 5, p. 881-889, Sept. 2015a.

ROSSINI, G. *et al.* Periodontal health during clear aligners treatment: A systematic review. **European Journal of Orthodontics**, v. 37, n. 5, p. 539-543, Oct. 2015b.

ROSVALL, M. D. *et al.* Attractiveness, acceptability, and value of orthodontic appliances. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, v. 135, n. 3, p. 276-277, Mar. 2009.

SCHULZ, K. F.; ALTMAN, D. G.; MOHER, D. CONSORT 2010 Statement: Updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. **BMJ (Online)**, v. 340, n. 7748, p. 698-702, Mar. 2010.

SIMON, M. *et al.* Treatment outcome and efficacy of an aligner technique - regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. **BMC Oral Health**, v. 14, p. 68, 2014.

SOUKI, B. *et al.* Entrevista com Bernardo Souki. **Revista Clínica de Ortodontia Dental Press**, v. 20, n. 4, p. 24-58, set. 2021.

SOUKI, B. *et al.* Guia prático de fabricação de alinhadores *in-house* – Parte 1: Introdução ao sistema. **Orthodontic Science and Practice**, v. 16, n. 61, p. 91-108, mar. 2023.

STUCKI, S.; GKANTIDIS, N. Assessment of techniques used for superimposition of maxillary and mandibular 3D surface models to evaluate tooth movement: A systematic review. **European Journal of Orthodontics**, v. 42, n. 5, p. 559-570, Nov. 2020.

SUESE, K. Progress in digital dentistry: The practical use of intraoral scanners. **Dental Materials Journal**, v. 39, n. 1, p. 52-56, 2020.

SULEWSKA, M. *et al.* Long-term assessment of periodontal tissues after corticotomy-assisted orthodontic arch expansion. **Journal of Clinical Medicine**, v. 10, n. 23, p. 5588, 2021.

TAI, S. **Técnicas de alinhadores invisíveis**. São Paulo: Napoleão, 2019.

UPADHYAY, M.; ARQUB, SA. Biomechanics of clear aligners: hidden truths & first principles. **Journal of the World Federation of Orthodontists**. v. 11, n. 1, p. 12-21, 2022.

YAO, S. *et al.* Improvements of tooth movement efficiency and torque control in expanding the arch with clear aligners: a finite element analysis. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 11, p. 1120535, 2023.

ZHANG, Y. *et al.* Effects of upper arch expansion using clear aligners on different stride and torque: a three-dimensional finite element analysis. **BMC Oral Health**, v. 23, n. 1, p. 891, 2023.

ANEXO A - Checklist CONSORT

Section/Topic	Item No	Checklist item	Reported on page No
Title and abstract			
	1a	Identification as a randomised trial in the title	1
	1b	Structured summary of trial design, methods, results, and conclusions (for specific guidance see CONSORT for abstracts)	2
Introduction			
Background and objectives	2a	Scientific background and explanation of rationale	8
	2b	Specific objectives or hypotheses	8
Methods			
Trial design	3a	Description of trial design (such as parallel, factorial) including allocation ratio	22
	3b	Important changes to methods after trial commencement (such as eligibility criteria), with reasons	22
Participants	4a	Eligibility criteria for participants	26
	4b	Settings and locations where the data were collected	22
Interventions	5	The interventions for each group with sufficient details to allow replication, including how and when they were actually administered	22
Outcomes	6a	Completely defined pre-specified primary and secondary outcome measures, including how and when they were assessed	29
	6b	Any changes to trial outcomes after the trial commenced, with reasons	NA
Sample size	7a	How sample size was determined	22
	7b	When applicable, explanation of any interim analyses and stopping guidelines	NA
Randomisation:			
Sequence generation	8a	Method used to generate the random allocation sequence	NA
	8b	Type of randomisation; details of any restriction (such as blocking and block size)	NA
Allocation concealment mechanism	9	Mechanism used to implement the random allocation sequence (such as sequentially numbered containers), describing any steps taken to conceal the sequence until interventions were assigned	NA
Implementation	10	Who generated the random allocation sequence, who enrolled participants, and who assigned participants to interventions	NA
Blinding	11a	If done, who was blinded after assignment to interventions (for example, participants, care providers, those assessing outcomes) and how	NA
	11b	If relevant, description of the similarity of interventions	NA
Statistical methods	12a	Statistical methods used to compare groups for primary and secondary outcomes	31
	12b	Methods for additional analyses, such as subgroup analyses and adjusted analyses	31
Results			
Participant flow (a diagram is strongly recommended)	13a	For each group, the numbers of participants who were randomly assigned, received intended treatment, and were analysed for the primary outcome	NA
	13b	For each group, losses and exclusions after randomisation, together with reasons	NA
Recruitment	14a	Dates defining the periods of recruitment and follow-up	24
	14b	Why the trial ended or was stopped	NA
Baseline data	15	A table showing baseline demographic and clinical characteristics for each group	22
Numbers analysed	16	For each group, number of participants (denominator) included in each analysis and whether the analysis was by original assigned groups	32
Outcomes and estimation	17a	For each primary and secondary outcome, results for each group, and the estimated effect size and its precision (such as 95% confidence interval)	32
	17b	For binary outcomes, presentation of both absolute and relative effect sizes is recommended	NA
Ancillary analyses	18	Results of any other analyses performed, including subgroup analyses and adjusted analyses, distinguishing pre-specified from exploratory	32
Harms	19	All important harms or unintended effects in each group (for specific guidance see CONSORT for harms)	NA
Discussion			
Limitations	20	Trial limitations, addressing sources of potential bias, imprecision, and, if relevant, multiplicity of analyses	NA
Generalisability	21	Generalisability (external validity, applicability) of the trial findings	NA
Interpretation	22	Interpretation consistent with results, balancing benefits and harms, and considering other relevant evidence	NA
Other information			
Registration	23	Registration number and name of trial registry	22
Protocol	24	Where the full trial protocol can be accessed, if available	42
Funding	25	Sources of funding and other support (such as supply of drugs), role of funders	NA

ANEXO B - Parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ASPECTOS BIOMECÂNICOS DOS ATTACHMENTS ORTODÔNTICOS EM ALINHADORES IN-HOUSE: um ensaio clínico randomizado

Pesquisador: GABRIEL MAIA AZEVEDO

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 71125723.5.0000.5137

Instituição Proponente: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - PUCMG

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.335.303

Apresentação do Projeto:

O uso de alinhadores para o tratamento das más oclusões tem ganhado interesse pelos ortodontistas e pacientes, principalmente devido a maior estética e conforto que são capazes de proporcionar. A terceirização da fabricação dos alinhadores foi o conceito proposto originalmente pela Align Technology, fabricante do Invisalign, pioneira no sistema comercial e líder de mercado. Na sequência, diversas outras empresas começaram a fabricar os alinhadores de forma industrial. No entanto, apesar de bem conveniente a terceirização da produção, os aspectos de alto custo e logística temporal continuam sendo fatores negativos. Diante das limitações do sistema terceirizado, foi criado um fluxo digital de fabricação in-house dos alinhadores pelos próprios ortodontistas. Uma técnica que possui inúmeras vantagens, mas ainda é pouco descrita na literatura. Dessa forma, o objetivo desse projeto de pesquisa será o desenvolvimento de um ensaio clínico randomizado com o intuito de avaliar os efeitos biomecânicos de diferentes attachments utilizados no tratamento com alinhadores in-house, em uma amostra de pacientes na fase da dentadura permanente que receberá tratamento ortodôntico na Clínica de Pós-graduação em Ortodontia da PUC Minas. Serão selecionados 30 pacientes dentro do Programa de Pós-graduação em Odontologia da PUC Minas que realizaram o tratamento preventivo na instituição e/ necessitam da fase ortodôntica corretiva para a finalização do caso. Após a documentação inicial (fotografias intra e extra-orais; telerradiografia lateral do crânio; radiografia panorâmica e modelos digitais), os pacientes serão escaneados com escaner intra-oral 3Shape (3Shape, Copenhagen, Dinamarca) e

Endereço: Av. Dom José Gaspar, nº 500 - Prédio 03, sala 228

Bairro: Coração Eucarístico

CEP: 30.535-901

UF: MG

Município: BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3319-4517

Fax: (31)3319-4517

E-mail: cep.proppg@pucminas.br



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE
CATÓLICA DE MINAS GERAIS -
PUCMG



Continuação do Parecer: 6.335.303

todo o seu planejamento inicial será realizado utilizando o software ArchForm® (San Mateo, California, Estados Unidos). Todos os pacientes serão atendidos pela mesma equipe de ortodontistas qualificados para realizarem o tratamento em dias e horários estabelecidos. Os dados serão coletados em dois momentos distintos, antes do tratamento (T0) e ao final do tratamento (T1). Logo após serão analisadas as alterações ortodônticas ocorridas.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

- Avaliar os efeitos biomecânicos dos diferentes tipos de attachments com a finalidade de aumentar a previsibilidade do tratamento ortodôntico com alinhadores in-house, auxiliando os ortodontistas nas tomadas de decisões relacionadas a qual attachment escolher e onde posicioná-lo.

Objetivos Secundários:

- Contrastar a eficácia da movimentação dentária alcançada com o movimento previsto pelo software de planejamento utilizando diferentes formatos de attachments.
- Avaliar a eficácia da movimentação dentária alcançada com o movimento previsto pelo software de planejamento utilizando os attachments em diferentes posições.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Os riscos e/ou desconfortos envolvidos nesse estudo são: possível desconforto causado pelos alinhadores ortodônticos (causado pelo aparecimento de possíveis aftas e pequenos ferimentos e leve pressão e dor nos dentes causados pela movimentação ortodôntica). Como forma de minimizar os riscos/desconfortos adotaremos as seguintes medidas: consultas periódicas de acompanhamento para ajustes nos aparelhos e esclarecimentos de possíveis dúvidas.

Benefícios: A ortodontia é muito importante para melhorar a saúde oral e alcançar o equilíbrio e harmonia entre dentes e face. As principais vantagens do tratamento com alinhadores são uma melhor estética, conforto para alimentação e higiene oral.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Atende aos requisitos éticos da pesquisa envolvendo seres humanos.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos de apresentação obrigatória foram anexados e estão de acordo com as normas

Endereço: Av. Dom José Gaspar, n° 500 - Prédio 03, sala 228

Bairro: Coração Eucarístico **CEP:** 30.535-901

UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE

Telefone: (31)3319-4517 **Fax:** (31)3319-4517 **E-mail:** cep.proppg@pucminas.br



Continuação do Parecer: 6.335.303

vigentes.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Diante do exposto e tendo em vista as Resoluções que norteiam a pesquisa envolvendo Seres Humanos consideramos o protocolo de pesquisa SEM PENDÊNCIAS, devendo o pesquisador acatar as orientações conforme o disposto no Parecer Consubstanciado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Diante do exposto, o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS n.º 466, de 2012, e na Norma Operacional n.º 001, de 2013, do CNS, manifesta-se pela aprovação do protocolo de pesquisa.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2173735.pdf	22/09/2023 00:16:00		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	22/09/2023 00:14:21	GABRIEL MAIA AZEVEDO	Aceito
Outros	CartaResposta.pdf	22/09/2023 00:10:19	GABRIEL MAIA AZEVEDO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE.pdf	22/09/2023 00:06:05	GABRIEL MAIA AZEVEDO	Aceito
Folha de Rosto	20230706_122759.pdf	06/07/2023 19:18:37	GABRIEL MAIA AZEVEDO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Comite_de_Etica.pdf	03/07/2023 16:35:45	GABRIEL MAIA AZEVEDO	Aceito
Outros	TCUD.pdf	03/07/2023 16:35:00	GABRIEL MAIA AZEVEDO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Endereço: Av. Dom José Gaspar, nº 500 - Prédio 03, sala 228
Bairro: Coração Eucarístico **CEP:** 30.535-901
UF: MG **Município:** BELO HORIZONTE
Telefone: (31)3319-4517 **Fax:** (31)3319-4517 **E-mail:** cep.proppg@pucminas.br

ANEXO C - ReBEC (Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos)

ReBEC
Registro Brasileiro de Ensaios Clínicos

Viewer Submission Summary

MELHORADO POR: Google

Summary Identification Attachments Sponsors Health conditions Intervention Recruitment Study type Outcomes Contacts Summary Results Data Sharing Plan

Title: O posicionamento e o design dos attachments afetam o movimento dentário no sistema de alinhadores in-house? Um ensaio clínico randomizado approved

Status: approved

Changes since last version

STEP	NAME	STATUS	UPDATED
1	Identification	Complete	
2	Attachments	Complete	
3	Sponsors	Complete	
4	Health Conditions	Complete	
5	Intervention	Complete	
6	Recruitment	Complete	
7	Study Type	Complete	
8	Outcomes	Complete	
9	Contacts	Complete	
10	Summary Results	Complete	
11	Data Sharing Plan	Complete	

Total de Ensaios Clínicos 15377.
Existem 7536 ensaios clínicos registrados.
Existem 4252 ensaios clínicos recrutando.
Existem 230 ensaios clínicos em análise.
Existem 5327 ensaios clínicos em rascunho.

cadastre um novo usuário
notícias
sobre

ajuda
contato
equipe
links úteis
glossário



ANEXO D - Termo de Assentimento Livre E Esclarecido - TALE

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS

Pró-Reitoria de Pesquisa e de Pós-graduação
Comitê de Ética em Pesquisa - CEP

N.º Registro CEP: CAAE 71125723.5.0000.5137

Título do Projeto: ASPECTOS BIOMECÂNICOS DOS ATTACHMENTS
ORTODÔNTICOS EM ALINHADORES *IN-HOUSE*: um ensaio clínico controlado de boca dividida

Meu nome é Gabriel Maia Azevedo e o meu trabalho é pesquisar os efeitos biomecânicos dos *attachments* em alinhadores *in-house*. Queremos saber se alterando o posicionamento e/ou utilizando diferentes tipos de *attachments* podemos otimizar a movimentação dentária e obter maior previsibilidade no tratamento ortodôntico com alinhadores *in-house*.

Eu vou te informar e convidar a participar desta pesquisa. Você pode escolher se aceita participar ou não. Já pedimos a autorização dos seus pais/responsáveis e eles sabem que também estamos pedindo o seu de acordo. Eles já concordaram com a sua participação, mas se você **não** desejar fazer parte da pesquisa, não é obrigado a participar. É você quem decide. Se decidir não participar da pesquisa, nada mudará em relação a seu tratamento de saúde. Até mesmo se disser “sim” agora, você poderá mudar de ideia depois, sem nenhum problema.

Neste documento ou durante a sua participação nesta pesquisa pode haver algumas palavras ou informações que você não entenda, ou coisas que você quer que eu explique mais detalhadamente; por favor, nos avise, pois podemos parar para explicar a qualquer momento.

Você foi escolhido(a) para participar desta pesquisa por apresentar a indicação para receber este tratamento, além de atender a outros critérios essenciais para a uniformidade da pesquisa. Se você decidir fazer parte da pesquisa, deverá participar dos seguintes procedimentos:

- 1) comparecer à clínica para fazer a documentação ortodôntica e o escaneamento intraoral;
- 2) comparecer à clínica para receber os alinhadores ortodônticos;
- 3) utilizar os alinhadores de acordo com as orientações do seu dentista e comparecer à clínica nos dias marcados para o devido acompanhamento.

Rubrica do Pesquisador:

Rubrica do Participante:

Av. Dom José Gaspar, 500 - Fone: 3319-4517 - Fax: 3319-4517
CEP 30535.610 - Belo Horizonte - Minas Gerais – Brasil
e-mail: cep.proppg@pucminas.br

**PUC Minas****PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS****Pró-Reitoria de Pesquisa e de Pós-graduação
Comitê de Ética em Pesquisa - CEP**

Todos os procedimentos que iremos fazer são seguros, no entanto pode ocorrer um possível desconforto causado pelos alinhadores ortodônticos (causado pelo aparecimento de possíveis aftas e leve dor nos dentes causados pela movimentação ortodôntica). Se qualquer coisa diferente acontecer em relação aos procedimentos da pesquisa, você deve se sentir à vontade para nos chamar a qualquer momento e falar sobre suas preocupações ou dúvidas. Você poderá se recusar a participar ou a responder as questões a qualquer momento, não havendo nenhum prejuízo pessoal se esta for a sua decisão.

Os resultados buscados por esta pesquisa não estão disponíveis no conhecimento atual e poderá auxiliar no melhor entendimento e compreensão para tratamentos futuros.

Você não precisará gastar nada para participar da pesquisa. Se você vive longe do local onde serão realizados os procedimentos, daremos para seus pais/responsáveis dinheiro suficiente para pagar o transporte.

Não falaremos para outras pessoas que você está participando desta pesquisa e também não daremos nenhuma informação sobre você para qualquer pessoa que não trabalhe nesta pesquisa. Qualquer informação sobre você terá um número ao invés do seu nome, impedindo a sua identificação.

Você receberá uma via deste documento com os dados de contato das pessoas responsáveis pela pesquisa, para tirar suas dúvidas agora e a qualquer momento.

Pesquisador responsável: Gabriel Maia Azevedo

Telefone: (37) 99909-8144

Email: gabrielmaiaodonto@gmail.com

Se você quiser falar sobre alguma coisa que está te incomodando com alguém diferente daquela pessoa que está realizando a pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, pelo telefone (31) 3319-4517 ou pelo e-mail cep.proppg@pucminas.br.

Este documento será assinado por você em 02 (duas) vias e uma ficará com você para que guarde os telefones de contato.

Rubrica do Pesquisador:

Rubrica do Participante:

Av. Dom José Gaspar, 500 - Fone: 3319-4517 - Fax: 3319-4517
CEP 30535.610 - Belo Horizonte - Minas Gerais – Brasil
e-mail: cep.proppg@pucminas.br

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
Pró-Reitoria de Pesquisa e de Pós-graduação
Comitê de Ética em Pesquisa - CEP

Belo Horizonte, _____

Eu entendi que a pesquisa é sobre alinhadores e concordo em participar da pesquisa, sabendo que a qualquer momento posso mudar de ideia, e que tudo continuará bem.

Nome da criança/adolescente (em letra de forma)

Eu, Gabriel Maia Azevedo, comprometo-me a cumprir todas as exigências e responsabilidades a mim conferidas neste termo e agradeço pela sua colaboração e sua confiança.

Assinatura do pesquisador

Data

ANEXO E - Termo de Compromisso de Utilização de Dados - TCUD



Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

Faculdade de Odontologia

TERMO DE COMPROMISSO DE UTILIZAÇÃO DE DADOS - TCUD

Nós, Gabriel Maia Azevedo, Raiane Machado Maia e Bernardo Quiroga Souki, abaixo assinado(s), pesquisador(es) envolvido(s) no projeto **Aspectos biomecânicos dos attachments ortodônticos em alinhadores in-house: um ensaio clínico randomizado**, nos comprometemos a manter a confidencialidade sobre os dados coletados nos arquivos de prontuários e documentações ortodônticas do departamento de Ortodontia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, bem como a privacidade de seus conteúdos, conforme preconizam as Resoluções CNS nº 466/12 e CNS nº 510/16, do Ministério da Saúde. Declaramos, ainda, conhecer e cumprir os requisitos da Lei Geral de Proteção de Dados (Lei Nº 13.709, de 14 de agosto de 2018) quanto ao tratamento de dados pessoais e dados pessoais sensíveis que serão utilizados para a execução do presente projeto de pesquisa, e que o tratamento dos dados deverá ocorrer de acordo com o descrito na versão do projeto aprovada pelo CEP PUC Minas.

Belo Horizonte, 03 de Julho de 2023.

<u>Gabriel Maia Azevedo</u>	<u>MG 16.801.792</u> RG	<u>Gabriel Maia Azevedo</u> Assinatura
<u>Raiane Machado Maia</u>	<u>MG 14.878.201</u> RG	<u>Raiane Machado Maia</u> Assinatura
<u>Bernardo Quiroga Souki</u>	<u>MG 1.654.298</u> RG	<u>Bernardo Quiroga L</u> Assinatura

ANEXO F - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para Responsáveis - TCLE

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Faculdade de Odontologia

Nº. Registro no CEP: CAAE 71125723.5.0000.5137

**Título do projeto: ASPECTOS BIOMECÂNICOS DOS ATTACHMENTS
ORTODÔNTICOS EM ALINHADORES *IN-HOUSE*: um ensaio clínico controlado de
boca dividida**

Prezado Senhor (a):

A criança/adolescente sob sua responsabilidade está sendo convidada(o) a participar de uma pesquisa que estudará os efeitos biomecânicos dos *attachments* em alinhadores *in-house*.

Este Termo de Consentimento pode conter palavras que você não entenda. Peça ao pesquisador que explique as palavras ou informações não compreendidas completamente.

1. Introdução

A criança/adolescente está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa que estudará os efeitos biomecânicos dos *attachments* em alinhadores *in-house*. Esta informação não está disponível no conhecimento atual e poderá auxiliar no melhor entendimento e compreensão para tratamentos futuros. A criança/adolescente foi selecionada(o) por apresentar a indicação para receber este tratamento, além de atender a outros critérios essenciais para a uniformidade da pesquisa.

2. Procedimentos do estudo

Para a participação da criança/adolescente neste estudo é necessária especial colaboração. Inicialmente será feita documentação ortodôntica e escaneamento intraoral para fins de diagnóstico e planejamento do paciente. Logo em seguida, serão entregues alinhadores ortodônticos para uso diário de acordo com as orientações do seu dentista.

3. Ortodontia e seus benefícios

A ortodontia é muito importante para melhorar a saúde oral e alcançar o equilíbrio e harmonia entre dentes e face. As principais vantagens do tratamento com alinhadores são uma melhor estética, conforto para alimentação e higiene oral.

4. Uso dos alinhadores

Os resultados do tratamento com alinhadores dependem muito da cooperação da criança/adolescente. É de grande importância que o paciente siga as recomendações dos profissionais quanto ao uso e cuidados com o aparelho. O não cumprimento das recomendações pode comprometer o resultado final do tratamento. Além disso, durante o período ativo do tratamento o paciente deverá evitar faltas, uma vez que as mesmas podem atrapalhar o andamento do tratamento.

5. Riscos e desconfortos

Os riscos e/ou desconfortos envolvidos nesse estudo são: possível desconforto causado pelos alinhadores ortodônticos (causado pelo aparecimento de possíveis aftas e pequenos ferimentos e leve pressão e dor nos dentes causados pela movimentação ortodôntica). Como forma de minimizar os riscos/desconfortos adotaremos as seguintes medidas: consultas periódicas de acompanhamento para ajustes nos aparelhos e esclarecimentos de possíveis dúvidas. Além disso, o tratamento da criança/adolescente será realizado sempre pela mesma equipe de dentistas, que irão acompanhá-la(o) a todo o momento.

6. Caráter Confidencial dos Registros

As informações obtidas nesse estudo serão confidenciais, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação em todas as fases da pesquisa, e quando da apresentação dos resultados em publicação científica ou educativa, uma vez que os resultados serão sempre apresentados como retrato de um grupo e não de uma pessoa. Você poderá recusar a participação da criança/adolescente ou a responder as questões a qualquer momento, não havendo nenhum prejuízo pessoal se esta for a sua decisão. Todo material coletado durante a pesquisa ficará arquivado pelo pesquisador principal no departamento de ortodontia da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

7. Participação

A participação da criança/adolescente neste estudo é muito importante e voluntária. Você tem o direito de não querer participar ou de sair deste estudo a qualquer momento, sem penalidades ou perda de qualquer benefício ou cuidados a que tenha direito nesta instituição. Em caso de você decidir retirar-se do estudo, favor notificar o profissional e/ou pesquisador que esteja atendendo a sua criança/adolescente.

Os resultados dessa pesquisa servirão para corrigir os dentes, deixando a oclusão (mordida) da sua criança/adolescente correta e estável ao longo dos anos. Além disso, poderão auxiliar no melhor entendimento e compreensão para tratamentos futuros.

Para todos os participantes, em caso de eventuais danos decorrentes da pesquisa, será observada, nos termos da lei, a responsabilidade civil.

Você receberá uma via deste termo onde constam os dados de contato do pesquisador responsável, podendo tirar suas dúvidas sobre o projeto e sua participação, agora ou a qualquer momento.

Os pesquisadores responsáveis pelo estudo poderão fornecer qualquer esclarecimento sobre o estudo, assim como tirar dúvidas, bastando entrar em contato no seguinte endereço e/ou telefone:

Nome do pesquisador: Gabriel Maia Azevedo

Endereço: Av. Dom José Gaspar, 500 - Coração Eucarístico. Telefone: (31) 3319-4456

Email: gabrielmaiaodonto@gmail.com

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, que poderá ser contatado em caso de questões éticas, pelo telefone (31)3319-4517 ou e-mail cep.proppg@pucminas.br.

O Comitê de Ética em Pesquisa é uma autoridade local e porta de entrada para os projetos de pesquisa que envolvem seres humanos, e tem como objetivo defender os direitos e interesses dos participantes em sua integridade e dignidade, contribuindo também para o desenvolvimento das pesquisas dentro dos padrões éticos.

Li ou alguém leu para mim as informações contidas neste documento antes de assinar este termo de consentimento. Declaro que toda a linguagem técnica utilizada na descrição deste estudo de pesquisa foi satisfatoriamente explicada e que recebi respostas para todas as minhas dúvidas. Confirmando também que recebi uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Compreendo que sou livre para retirar a minha criança/adolescente do estudo em qualquer momento, sem perda de benefícios ou qualquer outra penalidade.

O presente termo será assinado em 02 (duas) vias de igual teor.

Belo Horizonte, _____ de _____ de _____.

Nome do participante (em letra de forma)

Data

Assinatura do representante legal

Rubrica do Pesquisador: _____

Rubrica do Participante: _____

Eu, Gabriel Maia Azevedo, comprometo-me a cumprir todas as exigências e responsabilidades a mim conferidas neste termo e agradeço pela sua colaboração e sua confiança.

Assinatura do pesquisador

Data

ANEXO G - Produção intelectual durante o curso de Doutorado

- Apresentação SBPqO 2023 - **Título:** Avaliação da espessura óssea palatina em indivíduos com diferentes faixas etárias, padrões sagitais e verticais: um estudo transversal **Autores:** Gabriel Maia Azevedo, Amaro Ilídio Vespasiano Silva, Fernando Amaral Moreira Guimarães, Natália Couto Figueiredo, Bernardo Quiroga Souki, Ildeu Andrade Jr **Ano:** 2023.
- Apresentação Abor 2023 - **Título:** Avaliação da espessura óssea palatina em indivíduos com diferentes faixas etárias, padrões sagitais e verticais: um estudo transversal **Autores:** Gabriel Maia Azevedo, Fernando Amaral Moreira Guimarães, Natália Couto Figueiredo, Bernardo Quiroga Souki, Ildeu Andrade Jr **Ano:** 2023.
- 150 vídeos didáticos sobre alinhadores *in-house* em inglês, português e italiano - **Título:** Alinhadores *In-house*: de A a Z em 50 semanas **Autores:** Gabriel Maia Azevedo, Raiane Machado Maia, Lílian Dayse Fróes Tavares, Carlo Bosoni, Bernardo Quiroga Souki **Ano:** 2024 **Link** **Instagram** -
> https://www.instagram.com/inhouse.aligners?igsh=MTd0cndlM3AydmZnaw%3D%3D&utm_source=qr **Link Youtube** -> [UCTlqsqhKiq0LGoaWvQJRP8w](https://www.youtube.com/watch?v=UcTlqsqhKiq0LGoaWvQJRP8w)
- Gotas de Conhecimento - **Título:** Ortodontia digital: os avanços não param **Autores:** Gabriel Maia Azevedo, Raiane Machado Maia, Lílian Dayse Fróes Tavares, Carlo Bosoni, Bernardo Quiroga Souki **Ano:** 2024 **Link** -
> <https://youtu.be/xwuV1BQTDJM?si=Mwq-59wSVUQE5rqY>
- Gotas de Conhecimento - **Título:** Digital Orthodontics: fast moving advances **Autores:** Gabriel Maia Azevedo, Raiane Machado Maia, Lílian Dayse Fróes Tavares, Carlo Bosoni, Bernardo Quiroga Souki **Ano:** 2024 **Link** -
> https://youtu.be/q4HcdFlAe8c?si=Q9t6t3_Fx4IEDd3-
- Gotas de Conhecimento - **Título:** Ortodonzia digitale: tecnologia in rapida evoluzione **Autores:** Gabriel Maia Azevedo, Raiane Machado Maia, Lílian Dayse Fróes Tavares, Carlo Bosoni, Bernardo Quiroga Souki **Ano:** 2024 **Link** -
> <https://youtu.be/NjGTSKJA7UU?si=YgDIvXGFawx240iK>
- Gotas de Conhecimento - **Título:** Impressoras 3D na Ortodontia **Autores:** Gabriel Maia Azevedo, Raiane Machado Maia, Lílian Dayse Fróes Tavares, Carlo Bosoni, Bernardo Quiroga Souki **Ano:** 2024 **Link** -
> <https://youtu.be/sad5CDM1wII?si=bLcd5Bz5ZYUrIhD0>
- Gotas de Conhecimento - **Título:** 3D printers in Orthodontics **Autores:** Gabriel Maia Azevedo, Raiane Machado Maia, Lílian Dayse Fróes Tavares, Carlo Bosoni, Bernardo Quiroga Souki **Ano:** 2024 **Link** -> <https://youtu.be/ULaiNhxhQw8?si=VcQ-t8ItUMRkZjCn>
- Gotas de Conhecimento - **Título:** Stampanti 3D in Ortodonzia **Autores:** Gabriel Maia Azevedo, Raiane Machado Maia, Lílian Dayse Fróes Tavares, Carlo Bosoni, Bernardo Quiroga Souki **Ano:** 2024 **Link** -
> <https://youtu.be/3j3neBNA8z0?si=UJkIPS7sYvvMBkby>

- Apresentação na categoria Pôster no Encontro do Grupo Brasileiro de Professores de Ortodontia e Odontopediatria 2023 - **Título:** Reabsorção radicular severa do incisivo lateral superior associada a um canino ectópico: relato de caso **Autores:** Raiane Machado Maia, Gabriel Maia Azevedo, Lílian Dayse Fróes Tavares, Carlo Bosoni, Bernardo Quiroga Souki **Ano:** 2023.
- Apresentação na categoria Pôster no Encontro do Grupo Brasileiro de Professores de Ortodontia e Odontopediatria 2023 - **Título:** Attachments ortodônticos: reprodutibilidade no posicionamento e adaptação marginal dos alinhadores in-office **Autores:** Raiane Machado Maia, Gabriel Maia Azevedo, Lílian Dayse Fróes Tavares, Carlo Bosoni, Bernardo Quiroga Souki **Ano:** 2023.
- Apresentação na categoria Fórum Científico de Ortodontia no Encontro do Grupo Brasileiro de Professores de Ortodontia e Odontopediatria 2023 com prêmio de 3º lugar - **Título:** Avaliação da espessura óssea palatina em indivíduos com diferentes faixas etárias, padrões sagitais e verticais: um estudo transversal **Autores:** Gabriel Maia Azevedo, Fernando Amaral Moreira Guimarães, Natália Couto Figueiredo, Bernardo Quiroga Souki, Ildeu Andrade Jr **Ano:** 2023.
- Apresentação na categoria Pôster no Encontro do Grupo Brasileiro de Professores de Ortodontia e Odontopediatria 2024 com prêmio de 1º lugar - **Título:** Resistência à fratura de modelos de resina ortodôntica vazada: ensaios mecânicos **Autores:** Raiane Machado Maia, Gabriel Maia Azevedo, Ana Luiza Cabral, Bernardo Quiroga Souki **Ano:** 2024.
- Artigo publicado na Orthod. Sci. Pract. 16(61):91-108 - **Título:** Guia prático de fabricação de alinhadores *in-house* – Parte 1: Introdução ao sistema **Autores:** Bernardo Quiroga Souki, Gabriel Maia Azevedo, Raiane Machado Maia, Lílian Dayse Fróes Tavares, Carlo Bosoni **Ano:** 2023.
- Artigo publicado na Orthod. Sci. Pract. 16(62):119-130 - **Título:** Guia prático de fabricação de alinhadores *in-house* – Parte 2 : Planejamento e Estagiamento **Autores:** Bernardo Quiroga Souki, Gabriel Maia Azevedo, Raiane Machado Maia, Lílian Dayse Fróes Tavares, Carlo Bosoni **Ano:** 2023.
- Artigo publicado na Orthod. Sci. Pract. 16(63):115-133 - **Título:** Guia prático de fabricação de alinhadores *in-house* – Parte 3 : Impressão de modelos, pós-processamento, termoplastificação, acabamento e gestão clínica **Autores:** Bernardo Quiroga Souki, Gabriel Maia Azevedo, Raiane Machado Maia, Lílian Dayse Fróes Tavares, Carlo Bosoni **Ano:** 2023.
- Participação da Banca Examinadora do Projeto de Dissertação de Mestrado da aluna Jaqueline Cardoso Bella Rosa - **Título:** “O impacto da resolução dos modelos em resina na adaptabilidade dos alinhadores in-office de fabricação indireta” **Ano:** 2024.
- Participação da Banca Examinadora do Projeto de Dissertação de Mestrado da aluna Clara Sette Câmara Calixto - **Título:** “O impacto do resfriamento dos modelos 3d de resina na adaptabilidade dos alinhadores *in-office* de fabricação indireta” **Ano:** 2023.

- Artigo publicado na *Orthod. Sci. Pract.* 17(65):12-17 - **Título:** Miniplaca Palatina Versátil - Um leque de possibilidades **Autores:** Gabriel Maia Azevedo, Luiz Fernando Eto **Ano:** 2024.
- Participação da Dissertação de Mestrado da aluna Jaqueline Cardoso Bella Rosa - **Título:** “MOVIMENTOS IMPREVISTOS DOS INCISIVOS SUPERIORES DURANTE A EXPANSÃO DENTOALVEOLAR COM ALINHADORES *IN-HOUSE*: ensaio clínico randomizado” **Ano:** 2024
- Participação da Dissertação de Mestrado da aluna Clara Sette Câmara Calixto - **Título:** “PRESSÃO OU VÁCUO NA TERMOPLASTIFICAÇÃO DE CONTENÇÕES ORTODÔNTICAS: percepção dos pacientes em relação a adaptabilidade, conforto, retentividade e dor” **Ano:** 2024
- Participação da Dissertação de Mestrado da aluna Júlia Franzot Castilho - **Título:** “EFICÁCIA DA ROTAÇÃO ORTODÔNTICA DE PRÉ-MOLARES COM ALINHADORES *IN-HOUSE* EMPREGANDO *ATTACHMENTS* SIMPLES E BINÁRIOS: um ensaio clínico randomizado de boca dividida” **Ano:** 2024
- Participação da Dissertação de Mestrado do aluno Vítor Lopes Soares - **Título:** “EFICÁCIA DE DUAS CONFIGURAÇÕES *DE ATTACHMENTS* NA ANGULAÇÃO DE CANINOS COM ALINHADORES ORTODÔNTICOS *IN-HOUSE*: um ensaio clínico randomizado de boca dividida” **Ano:** 2024

Link para acessar os vídeos do *In-house Aligners* no Youtube: <https://www.youtube.com/@In-housealigners/featured>

Link para acessar os vídeos do *In-house Aligners* no Instagram: https://www.instagram.com/inhouse.aligners?igsh=MTd0cndlM3AydM3Znaw%3D%3D&utm_source=qr

Link para acessar os vídeos do Gotas de Conhecimento no Youtube: <https://www.youtube.com/@gotasdeconhecimentoemodont9680>