



**FACULDADE DE SETE LAGOAS – FACSETE**

**PAULA LOPES MAZZONI**

**PREVISIBILIDADE DA MOVIMENTAÇÃO ORTODÔNTICA COM ALINHADORES  
REMOVÍVEIS**

**BELO HORIZONTE**

**2023**

PAULA LOPES MAZZONI

**PREVISIBILIDADE DA MOVIMENTAÇÃO ORTODÔNTICA COM ALINHADORES  
REMOVÍVEIS**

Monografia apresentada ao curso de  
Especialização da Faculdade Facsete, como  
requisito parcial para a obtenção do título de  
especialista em Ortodontia  
Área de concentração: Ortodontia

ORIENTADORA: Janaina A. Lima Crespo

BELO HORIZONTE

2023

FACULDADE SETE LAGOAS – FACSETE

Monografia intitulado **“Previsibilidade da Movimentação Ortodôntica com Alinhadores Removíveis”** de autoria da aluna Paula Lopes Mazzoni, aprovado pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

---

Orientador Prof. MSc - FACSETE (Belo Horizonte)

---

Prof<sup>a</sup>. MSc.

Belo Horizonte, 2023

## RESUMO

A ortodontia com alinhadores impulsionada por uma maior demanda de pacientes adultos em busca de tratamento ortodôntico com maior estética e conforto, tem evoluído significativamente nas últimas décadas e cada vez tratamentos mais complexos têm sido realizados com esta tecnologia, mesmo não havendo um consenso baseado em evidências na literatura sobre a previsibilidade de diferentes movimentos dentários com alinhadores. O objetivo deste estudo foi elaborar uma revisão da literatura científica acerca da previsibilidade da movimentação com alinhadores transparentes em relação à rotação, extrusão e intrusão. Foram realizadas pesquisas de artigos publicados nos bancos de dados PubMed e BIREME. As listas de referência de todos os artigos elegíveis foram consultadas a fim de encontrar trabalhos adicionais. Pode-se concluir que o movimento de rotação, principalmente em caninos e pré-molares, mesmo que possa ser realizada com recursos auxiliares e outras estratégias, segue sendo parte dos movimentos menos previsíveis e desafiadores para se realizar com este sistema. A extrusão, em virtude da incorporação dos attachments otimizados, tem sido realizada com menor dificuldade. E a intrusão dentária permanece um movimento pouco previsível em dentes anteriores.

**Palavras-chave:** Aparelhos ortodônticos removíveis; Alinhadores estéticos; Movimentação dentária.

## ABSTRACT

Clear aligners treatment driven by a greater demand from adult patients in search of orthodontic treatment with greater aesthetics and comfort, has evolved significantly in recent decades and increasingly complex treatments have been performed with this technology, even though there is no consensus based on evidence in the literature on the predictability of different tooth movements with aligners. The objective of this study was to carry out a review of the scientific literature on the predictability of movement with clear aligners in relation to rotation, extrusion and intrusion. Articles published in the PubMed and BIREME databases were searched. The reference lists of all eligible articles were consulted in order to find additional papers. It can be concluded that the rotation movement, mainly in canines and premolars, even if it can be performed with auxiliary resources and other strategies, remains part of the less predictable and challenging movements to be performed with this system. Extrusion, due to the incorporation of optimized attachments, has been performed with less difficulty. And tooth intrusion remains a little predictable movement in anterior teeth.

**Keywords:** Removable, Orthodontic Appliances; Clear, Aligner Appliance; Tooth Movement.

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>               | <b>9</b>  |
| <b>2 PROPOSIÇÃO.....</b>               | <b>10</b> |
| <b>3 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>    | <b>11</b> |
| <b>4 DISCUSSÃO .....</b>               | <b>22</b> |
| <b>5 CONCLUSÃO.....</b>                | <b>25</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b> | <b>26</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O tratamento ortodôntico com alinhadores tem se tornado cada vez mais popular, o que se deve, em grande parte, a um aumento da demanda de pacientes adultos em busca de tratamentos com maior estética e conforto e que, por isto, relutam em utilizar aparelhos fixos convencionais (D'ANTÒ, *et al.*, 2022).

A possibilidade de se movimentar os dentes através da troca periódica de alinhadores removíveis surgiu inicialmente com Kesling, em 1946, com o objetivo inicial de se fazer pequenas correções, no entanto a técnica era realizada através de um setup manual e necessitava de diversas moldagens e etapas, o que dificultou a sua utilização. Algumas décadas depois, a Align Technology© (Santa Clara, CA, EUA) aplicou a tecnologia computadorizada 3D (CAD/CAM) para produção de alinhadores sequenciais tornando possível a utilização desta tecnologia em larga escala. A partir deste momento, vários outros sistemas de alinhadores foram criados por diferentes empresas se baseando neste mesmo princípio (ROSSINI *et al.*, 2015).

Embora esta tecnologia tenha evoluído e tratamentos mais complexos têm sido realizados utilizando-a, não há um consenso sólido baseado em evidências na literatura sobre a previsibilidade de diferentes movimentos dentários com alinhadores (ZHENG *et al.*, 2017), que têm sido utilizados sem que sejam consideradas suas indicações e limitações.

A precisão dos movimentos com alinhadores transparentes é relatada em média de 55% a 72% (GALAN-LOPEZ, BARCIA-GONZALEZ, PLASENCIA, 2019), sendo a extrusão, intrusão e as rotações dos dentes estão entre os movimentos mais difíceis de se alcançar (LOMBARDO *et al.*, 2017). A eficiência do movimento dentário é importante para definir as metas de tratamento, bem como para calcular seu tempo e custo.

Assim, este estudo realiza uma revisão de literatura dos alinhadores removíveis, com finalidade de discutir a previsibilidade da movimentação, principalmente nos movimentos de rotação, extrusão e intrusão.

## **2 PROPOSIÇÃO**

O objetivo deste estudo foi elaborar uma revisão da literatura científica acerca da previsibilidade da movimentação com alinhadores transparentes em relação à rotação, extrusão e intrusão.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

Simon *et al.* (2014) investigaram a eficácia do tratamento ortodôntico utilizando o sistema Invisalign® analisando os movimentos de torque dos incisivos, rotação de pré-molar e distalização do molar e a eficácia do estagiamento do tratamento. Foram avaliados 30 pacientes e em todos eles um dos seguintes movimentos dentários foi realizado: (1) Torque dos incisivos  $>10^\circ$ , (2) rotação de pré-molar  $>10^\circ$ , (3) Distalização de molar  $>1,5$  mm. Para analisar a eficácia clínica, modelos de gesso pré-tratamento e pós-tratamento foram escaneados a laser e os resultados obtidos foram comparados com a quantidade de movimento dentário prevista pelo ClinCheck®. A eficácia média global foi de 59% (DP = 0,2). A precisão média para o torque do incisivo superior foi de 42% (DP = 0,2). A rotação de pré-molares apresentou a menor previsibilidade com aproximadamente 40% (DP = 0,3). A distalização de molar superior foi o movimento mais eficaz, com eficácia de aproximadamente 87% (DP = 0,2). Os autores concluíram que o torque dos incisivos, a rotação dos pré-molares e a distalização dos molares podem ser realizados com os alinhadores Invisalign®, embora o torque e a rotação possam ser movimentos mais desafiadores e por isso deve ser levado em conta a sobrecorreção ou refinamentos. Além disso, consideraram que o estagiamento/quantidade total de movimento planejado têm um impacto significativo no tratamento.

Rossini *et al.*, através de uma revisão sistemática realizada em 2015, avaliaram as evidências científicas relacionadas à eficácia do tratamento com alinhadores no controle da movimentação ortodôntica. Para este trabalho foram utilizados artigos relevantes de 2000 a 2014. Onze artigos foram identificados, contando com uma amostra total de 480 pacientes, com idade variando entre 13 e 72 anos, e utilizando o alinhador Invisaling. Os movimentos avaliados foram: intrusão, extrusão e rotação. Em relação ao movimento de intrusão, foi alcançada maior precisão nos incisivos centrais superiores (45%) e inferiores (47%), enquanto a menor precisão foi alcançada pelos incisivos laterais superiores (33%). A quantidade média de tentativa de intrusão verdadeira foi de 0,72 mm. A extrusão foi o movimento com menor precisão alcançada, com 30% de previsibilidade, com menor precisão nos incisivos centrais superiores (18%) e nos inferiores (25%). A quantidade média de extrusão tentada foi de 0,56 mm. No movimento de rotação, os

incisivos atingiram 60% da rotação prevista, enquanto os caninos e pré-molares tiveram menor precisão (39%). Apesar dos resultados encontrados, concluiu-se que a maioria dos artigos apresentaram problemas metodológicos, não sendo suficientes para tirar conclusões baseadas em evidências e que o tratamento com alinhadores requer também o uso de auxiliares, como attachments, elásticos interarcos e desgaste interproximal (IPR) para melhorar a previsibilidade do tratamento ortodôntico.

Grunheid, Loh, Larson (2017) estudaram a precisão do Invisalign na obtenção de posições dentárias previstas no Setup virtual em relação ao grupo de dentes e direção dos movimentos: méso-distal, vestibulo-lingual e oclusal-gengival, inclinação, torque, e rotação. Os modelos digitais (movimentação prevista e pós-tratamento) de 30 pacientes foram sobrepostos virtualmente. Foi possível encontrar diferenças estatisticamente significativas ( $P < 0,05$ ) entre os resultados previstos e alcançados na maior parte dos movimentos analisados. Os dentes anteriores tiveram mais extrusão do que o previsto, a rotação dos dentes arredondados foi incompleta e o movimento dos dentes posteriores em todas as direções não foi totalmente alcançado. No entanto, exceto pelo excesso de torque vestibular da coroa dos segundos molares superiores, estas diferenças não foram grandes o suficiente para serem clinicamente relevantes. Os autores concluíram que em geral, o Invisalign é capaz de atingir as posições planejadas com alta precisão em casos sem extração, embora alguns resultados reais possam diferir do previsto.

Zheng *et al.* (2017) realizaram uma revisão sistemática à respeito da eficiência, eficácia e estabilidade do tratamento com alinhadores transparentes em comparação com braquetes convencionais. A busca eletrônica ocorreu em outubro de 2014, além de consulta às listas de referências dos artigos selecionados. Quatro ensaios clínicos controlados, que incluíram um total de 252 participantes, corresponderam aos critérios de inclusão. Segundo os autores os alinhadores transparentes parecem ter uma vantagem significativa em relação ao tempo de cadeira e duração do tratamento em pacientes com maloclusões leves a moderadas. Não foi encontrada diferença em relação à estabilidade e características oclusais após o tratamento em relação aos dois sistemas.

Lombardo *et al.* (2017) fizeram um estudo retrospectivo em que foram incluídos 16 pacientes adultos, com idade média de 28 anos e 7 meses e um total de 345 dentes que foram analisados por grupos (incisivos superiores e inferiores

direitos e esquerdos, caninos, pré molares e molares) em relação aos movimentos de rotação, inclinação mesio-distal e inclinação vestibulo-lingual. A inclinação mesiodistal foi o movimento mais previsível, atingindo uma acurácia média de 82,5%; a inclinação vestibulo-lingual e a rotação atingiram 72,9 e 66,8% do movimento prescrito, respectivamente. O movimento menos previsível foi a rotação dos caninos inferiores (54,2%), enquanto os movimentos mais previsíveis foram a inclinação mesiodistal dos molares superiores e pré-molares inferiores (respectivamente 93,4 e 96,7%). Foi notado que sem o uso de auxiliares, os alinhadores ortodônticos não conseguem realizar movimentos programados com 100% de previsibilidade. Em particular, embora os movimentos de inclinação tenham sido realizados de forma eficaz, especialmente nos molares e pré-molares, a rotação dos caninos inferiores foi um movimento extremamente imprevisível.

Charalampakis *et al.* (2018) investigaram a precisão de movimentos com invisalign em uma amostra de 20 pacientes adultos Classe I tratados com Invisalign. Os modelos digitais iniciais com a movimentação prevista foram obtidos por meio do ClinCheck inicial. Posteriormente estes modelos foram sobrepostos com o modelo obtido ao final do tratamento por meio do software Slicer CMF. Ao todo foram incluídos 398 dentes, e considerados os movimentos verticais, horizontais, e de rotação. Não foram detectadas diferenças significativas entre o previsto e alcançado nos movimentos horizontais dos dentes (diferença 0,20 – 0,25mm ou insignificante). Em relação aos movimentos verticais foi encontrada a maior diferença na intrusão dos incisivos (1,5mm). Quanto a extrusão não houve diferença significativa (diferença 0,25 - 0,30mm). As rotações alcançadas foram significativamente menores do que as previstas em todos os dentes, com o caninos superiores exibindo a maior diferença de 3,05 ( $P < 0,001$ ). Os autores concluíram que os movimentos mais imprecisos identificados neste estudo foram intrusão dos incisivos e rotação dos caninos e sugeriram que a sobrecorreção desses movimentos pode diminuir a necessidade de refinamento.

Tepedino *et al.* (2018) estudaram a previsibilidade dos alinhadores Nuvola® em alcançar movimentos de torque dos dentes anteriores. Trinta e nove pacientes adultos foram selecionados retrospectivamente e os modelos digitais de pré-tratamento, pós-tratamento e os modelos de setup digital foram coletados. Apenas a primeira fase de tratamento composta por 12 alinhadores foi considerada para este estudo. O torque dos dentes anteriores nestes 3 modelos foi medido como

inclinação vestibulo-lingual usando o software VAM e não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre o previsto e o alcançado nos movimentos de torque. Sendo assim os autores consideraram que este sistema foi capaz de produzir resultados clínicos comparáveis ao planejamento digital neste tipo de movimento.

Papadimitriou *et al.* (2018) avaliaram as evidências disponíveis sobre a eficácia clínica do sistema invisalign por meio de revisão sistemática. Foram realizadas buscas eletrônicas em banco de dados de literatura publicada e não publicada. Foram incluídos 22 estudos, entre eles 3 ensaios clínicos randomizados, 8 estudos prospectivos e 11 retrospectivos. De forma geral, o nível de evidência alcançado foi moderado e o risco de viés variou de baixo e alto, sendo baixo nos ensaios clínicos randomizados e moderado (n=13) a alto (n=6) nos demais. Os autores consideraram que a falta de protocolos padronizados e a grande heterogeneidade clínica e metodológica entre os estudos impediram uma interpretação válida dos resultados reais por meio de uma meta-análise. Apesar disto, houve consistência substancial entre os estudos de que o sistema Invisalign® é uma alternativa viável à terapia ortodôntica convencional na correção de más oclusões leves a moderadas em pacientes sem crescimento que não necessitam de extração. Além disso, os alinhadores Invisalign® podem nivelar, inclinar e rotacionar os dentes de forma previsível (exceto caninos e pré-molares). Por outro lado, foi identificada eficácia limitada na expansão do arco através do movimento de corpo do dente, fechamento do espaço de extração, correções de contatos oclusais e grandes discrepâncias anteroposteriores e verticais. Por meio desta revisão chegou-se a conclusão que embora tenham sido incluídos um número considerável de estudos, salvo o tratamento sem extrações de más oclusões leves a moderadas em pacientes sem crescimento, não podem ser feitas outras recomendações clínicas claras, baseadas em evidências científicas sólidas.

Galan-Lopez, Barcia-Gonzalez, Plasencia (2019) através de uma revisão sistemática avaliaram a precisão e eficiência do sistema Invisalign®. Foram incluídos artigos publicados entre agosto de 2007 e agosto de 2017, e listados nas seguintes bases de dados: MEDLINE, Embase, Biblioteca Cochrane, Web of Knowledge, Google Scholar e LILACS. Adicionalmente, foi realizada uma busca manual de ensaios clínicos em revistas científicas. Ao todo foram selecionados 20 artigos. Foi encontrado que os movimentos transversais (aumento da largura intercaninos,

interpremolares e intermolares) é mais efetivo com invisalign quando comparado com braquetes convencionais e menos efetivo quando comparado com braquetes autoligados. Os movimentos menos previsíveis são os verticais e de rotação. Para movimentos rotacionais, IPR e não mais que 1,5° de rotação por alinhador são recomendadas e técnicas adicionais devem ser consideradas quando a rotação ultrapassar 15°. Para os movimentos verticais recomenda-se a incorporação de attachments para melhorar os resultados. Chegou-se a conclusão que a precisão do movimento tem melhorado exponencialmente nos últimos anos, embora a expressão do movimento programado não seja totalmente alcançada com Invisalign®.

Ke, Zhu, Zhu (2019) compararam a eficácia do tratamento com alinhadores aos aparelhos fixos convencionais. Foi realizada uma revisão sistemática e a busca dos artigos se deu por meio de plataformas eletrônicas. Após a triagem e seleção dos artigos, oito foram incluídos neste estudo, totalizando uma amostra de 353 participantes tratados com alinhadores e 353 tratados com aparelho fixo. O sistema de classificação objetivo (OGS) foi utilizado para avaliar sistematicamente a eficácia do tratamento. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa entre os dois grupos na pontuação OGS (WMD = 8.38, 95% CI [- 0.17, 16.93]; P = 0.05), mostrando que ambos aparelhos podem ser eficazes. Os alinhadores estéticos tiveram vantagem em relação à estética, higiene oral, conforto dos pacientes, possibilidade de segmentação do movimento dos dentes, menor duração do tratamento, mas, por outro lado, apresentaram algumas deficiências no controle do movimento dentário, principalmente em relação ao torque, obtenção de contatos oclusais adequados, expansão indesejada no arco, além de maior recidiva após o tratamento. Os autores concluíram que os dois aparelhos são eficazes no tratamento da má oclusão, apresentando cada um vantagens e desvantagens, cabendo ao clínico considerar as características do aparelhos para definir o melhor plano de tratamento.

Pithon *et al.* (2019) buscaram evidências científicas que sustentasse a eficácia dos alinhadores invisíveis em comparação com o aparelho fixo. Foi realizada uma busca eletrônica e, por fim, 4 artigos foram incluídos (3 estudos controlados não randomizados e 1 controlado randomizado). Todos estudos utilizaram o sistema invisalign e as amostras variaram de 86 a 182 participantes. No que diz respeito aos resultados obtidos, observou-se que ambos são capazes de tratar a má oclusão de classe I, no entanto os alinhadores parecem ter mais um

movimento de coroa do que de raiz, podendo afetar a estabilidade a longo prazo. Além disso, a rotação dos caninos e pré-molares se mostrou muitas vezes ineficiente, sendo necessárias correções ou finalização com aparelho fixo, o uso de attachments, IPR e sobrecorreção, além de outras terapias auxiliares, quando necessário realizar o movimento de rotação. Também foi observado menor sucesso na oclusão dentária final, maior inclinação vestibular dos dentes e maior dificuldade para a intrusão e extrusão quando utilizado os alinhadores. Os autores concluíram que os alinhadores são eficazes na correção do apinhamento dentário, mas existem limitações dos alinhadores em relação a intrusão, extrusão e contato oclusal adequado ao final do tratamento e que com o sistema invisalign é maior a recidiva do apinhamento dentário quando comparado aos aparelhos fixos.

Papageorgiou *et al.* (2019) por meio de uma revisão sistemática compararam a eficácia de alinhadores aos aparelhos fixos. Oito bases de dados eletrônicas foram pesquisadas sistematicamente até 25 de abril de 2019, sendo incluídos 11 estudos (4 randomizados e 7 retrospectivos não randomizados), totalizando 446 pacientes tratados com alinhadores e 443 com aparelhos fixos, com média de idade de 28 anos. O tratamento com alinhadores ortodônticos está associado com pior resultado oclusal e mais pacientes com resultados inaceitáveis de acordo com o American Board of Orthodontics Objective Grading System (MD = 9,9; IC 95% = 3,6-16,2 e RR = 1,6; IC 95% = 1,2-2,0, respectivamente). Diferenças insignificantes foram observadas em relação ao tempo de tratamento. A conclusão foi de que o tratamento ortodôntico com alinhadores está associado a piores resultados em comparação com aparelhos fixos em pacientes adultos. A evidência atual não suporta o uso clínico de alinhadores como modalidade de tratamento igualmente eficaz ao padrão ouro dos aparelhos.

Dai, Xu, Shu (2019), compararam os movimentos previstos e alcançados dos incisivos centrais e molares em casos tratados com extração do primeiro pré-molar utilizando o alinhador Invisalign. Foram incluídos 30 pacientes e os modelos digitais obtidos foram sobrepostos. Os primeiros molares obtiveram maior inclinação mesial, maior translação mesial e maior intrusão do que previsto (5,86 graus, 2,26 mm e 0,61mm respectivamente). Os incisivos centrais obtiveram menor retração (2,12 mm) e maior torque lingual (5,16 graus) e maior extrusão da coroa do que o previsto. Os autores concluíram que o controle da ancoragem do primeiro molar e a retração do incisivo central não foram totalmente alcançados como previsto no tratamento de

extração do primeiro pré-molar com Invisalign e que dispositivos de ancoragem auxiliar, Power ridges e attachments, e a sobrecorreção deve ser considerada para ajudar a alcançar os objetivos previstos.

Haouili *et al.* (2020), desenvolveram um estudo clínico prospectivo para avaliar a precisão atual do movimento dentário com Invisalign. Foram incluídos 38 pacientes com média de idade de 36 anos, totalizando 899 dentes avaliados. Todos os movimentos foram quantificados em modelos digitais criados a partir de escaneamento intraoral e os valores de movimentação previstos foram determinados por sobreposição dos modelos ClinCheck inicial e final, e os valores alcançados ao final do tratamento foram determinados pela sobreposição do ClinCheck inicial e escaneamento intrabucal após a finalização. Os movimentos dentários estudados foram: inclinação mesiodistal, inclinação vestibulo-lingual, extrusão, intrusão e rotação mesiodistal. A precisão média do Invisalign para todos os movimentos dentários foi 50%. A maior precisão geral foi alcançada na inclinação vestibulo-lingual (56%), enquanto a menor precisão geral foi na rotação (46%). A extrusão de incisivos, extrusão de molares e intrusão de molares correspondem a 55%, 40% e 51%, respectivamente. A precisão da rotação mesial do primeiro molar inferior (28%), rotação distal do canino superior (37%) e intrusão dos incisivos inferiores (35%) foi particularmente baixa. Além disso, a direção da rotação influenciou a previsibilidade da rotação dos caninos, com a rotação para a distal apresentando menor acurácia (37%) do que para a mesial (52%). No geral, houve pouca diferença entre a previsibilidade encontrada no arco superior e inferior. Os autores concluíram que houve uma melhora acentuada na precisão geral da movimentação dentária em comparação com estudos realizados em anos anteriores; No entanto, os pontos fortes e fracos do movimento dentário com Invisalign permaneceram relativamente os mesmos, a extrusão do incisivo superior melhorou, mas a intrusão permaneceu um desafio. E embora tenha ocorrido uma melhora geral na precisão dos movimentos, ainda há bastante dificuldade em alguns movimentos específicos.

Mortazavi *et al.* (2020) revisaram sistematicamente a literatura e forneceram atualizações sobre a eficácia e efetividade da terapia ortodôntica usando alinhadores. Foram consultadas as bases de dados PubMed, Web of Science e Cochrane Oral Health Group's Trials. A busca foi restrita ao período de 2014 a 2020, 18 estudos foram incluídos, representando um total de 637 pacientes que foram tratados com alinhadores transparentes. Para avaliar o risco de viés nos estudos

incluídos utilizou-se dos critérios do índice metodológico para estudos não randomizados (MINORS) e a escala de Jadad para estudos controlados randomizados. A rotação dos dentes redondos (como caninos e pré-molares inferiores), a intrusão dos incisivos e a correção do torque molar estavam entre os movimentos dentários menos previsíveis. No entanto, houve uma forte consistência entre os estudos incluídos em relação à eficiência da terapia com alinhadores para o alinhamento dos dentes anteriores e, de modo geral, resultados próximos da taxa de movimentação planejada nos resultados pós-tratamento. Os autores concluíram que terapia com alinhadores deve ser considerada como uma alternativa viável aos aparelhos fixos convencionais para pacientes com más oclusões leves a moderadas, mas que os resultados devem ser interpretados com cautela devido à alta heterogeneidade dos estudos incluídos e que mais estudos bem desenhados, principalmente os clínicos randomizados, são cruciais para justificar recomendações clínicas mais precisas.

Zhou e Guo (2020) analisaram a eficiência da expansão do arco superior com o sistema Invisalign. O objetivo principal deste estudo foi quantificar a expansão do arco usando o sistema Invisalign, comparando o movimento de expansão real de coroa e raiz com o planejado virtualmente no software ClinCheck, bem como avaliar se houve movimento de corpo e torque dos molares. Vinte pacientes adultos foram incluídos neste estudo. Foram realizados registros pré-tratamento e imediatamente após completar a fase de expansão, incluindo modelos digitais e tomografia computadorizada Cone Beam. Os softwares Dolphin 3D, Geomagic Studio 12.0 e Measure foram empregados para medir dados e calcular diferenças entre os resultados esperados e reais. Houve diferenças significativas entre os valores de calculados ( $P, 0,05$ ). As médias das eficiências de expansão da coroa do canino superior, do primeiro pré-molar, do segundo pré-molar e do primeiro molar foram  $79,75 \pm 15,23\%$ ,  $76,1 \pm 18,32\%$ ,  $73,27 \pm 19,91\%$  e  $68,31 \pm 24,41\%$ , respectivamente. A eficiência média do movimento de expansão corporal para o primeiro molar superior foi de  $36,35 \pm 29,32\%$ . Foi encontrada uma relação negativa entre a quantidade de expansão e a eficiência do movimento de expansão corporal ( $P 0,05$ ). Os autores concluíram que os alinhadores podem aumentar a largura do arco, mas a expansão foi alcançada através de inclinação e sugeriram, quando necessário, incluir torque lingual de coroa no Clincheck digital para evitar excessiva inclinação vestibular.

Burruezo et al. (2020) examinaram a expansão dentoalveolar com o sistema invisaling. Uma amostra de 114 pacientes com mordida cruzada posterior foi tratada utilizando este sistema. A previsibilidade do software Clincheck foi avaliada comparando a distância intercaninos, inter pré-molares e inter molares com as medidas reais alcançadas ao final da primeira fase de tratamento. Essas medidas resultaram em três conjuntos de dados: T1 - medidas iniciais no início de tratamento; T2 - medidas previstas pelo Clincheck no final da primeira fase de tratamento; T3 - medidas tomadas no início da segunda fase de tratamento. As distâncias sofreram aumento significativo como resultado do tratamento. Para todas as distâncias, no planejamento virtual foi obtido prognósticos de expansão maior do que realmente alcançado: Todas as estimativas do plano de tratamento, com exceção do segundo molar, foram significativamente maiores do que os resultados reais. Os alinhadores são uma ferramenta eficaz para produzir expansão do arco, sendo mais eficazes na região de pré-molares e menos eficazes na região de caninos e segundos molares. A previsibilidade foi razoável para o movimento de expansão. A sobrecorreção deve ser considerada na fase de planejamento virtual em para obter os resultados esperados.

Koletsis, Iliade e Eliades (2021) avaliaram a previsibilidade do movimento de rotação com alinhadores através de uma revisão de literatura. A busca eletrônica incluiu artigos publicados até agosto de 2020. Sete artigos foram incluídos. Em geral, foi observado que a precisão do movimento de rotação foi baixa, principalmente em caninos e pré-molares, e que isto pode ser atribuído à anatomia da coroa destes dentes. Outros fatores que poderiam contribuir para esta menor previsibilidade seriam os contatos interproximais, sendo assim recomendado IPR, embora ainda utilizando-se destes recursos, bem como dos attachments, a previsibilidade alcançada ainda não foi satisfatória. Os caninos superiores demonstraram a menor previsibilidade (47,9%) e os incisivos inferiores apresentaram a maior previsibilidade (70,7%). Também foi encontrado que a direção do movimento de rotação dos caninos influenciaria os resultados, sendo o movimento para a distal mais impreciso. Os autores concluíram que o movimento de rotação continua sendo um desafio.

Al-balaa *et al.* (2021), compararam as medidas de intrusão previstas no Clincheck e medidas reais clinicamente alcançadas de dentes anteriores em tomografias computadorizadas com feixe cônico, com o objetivo de compreender a

precisão do software e ajudar profissionais a preverem a necessidade de sobrecorreção. Vinte e dois pacientes, com idade média de 23,74 anos, foram submetidos ao tratamento com alinhadores transparentes Invisalign, o longo eixo do movimento de intrusão do dente anterior foi medido em 142 dentes. Foram utilizados *pressure points* para auxiliar a movimentação. O estudo se concentrou apenas na série inicial de alinhadores, nenhum refinamento foi incluído. As tomografias computadorizadas de feixe cônico pré-tratamento e pós-tratamento foram adquiridas por um único ortodontista e as medições do ClinCheck foram registradas com a Align Technology. Foi encontrada uma diferença estatisticamente significativa entre as medidas analisadas: os incisivos laterais superiores apresentaram as maiores taxas de intrusão (58,12%) e os incisivos inferiores as menores (44,71%). A intrusão verdadeira alcançada foi de até 0,90mm. Os autores concluíram que a precisão média da intrusão com alinhadores transparentes Invisalign foi de 48,81% e uso de outros métodos complementares de intrusão, como os Precision Bite Ramps, podem ser úteis para reduzir a taxa de correções e refinamentos durante o tratamento.

D'Antò *et al.* (2022) realizaram um estudo utilizando o sistema de alinhadores Airnivol® em que comparam a movimentação ortodôntica no planejamento virtual com os resultados clínicos alcançados até o estágio 15, comumente o primeiro estágio do refinamento. Para isto, 238 dentes maxilares de 17 pacientes com idade média de 28,3 anos, com apinhamento e diastemas de até 7 mm por arco e ausência de rotação dentária superior a 35°, foram avaliados considerando torque, inclinação e rotação. Os dados foram analisados por meio do teste t de Student com nível de significância fixada em  $p < 0,05$ . Os maiores desvios foram na correção do torque de segundos molares ( $+2,3^\circ \pm 3,1^\circ$ ) e na correção inclinação dos primeiros molares ( $-2,3^\circ \pm 3,3^\circ$ ). A rotação dos pré-molares e segundos molares também apresentaram baixa previsibilidade, sendo os primeiros possivelmente pela anatomia de sua coroa e os segundos por se encontrarem nas extremidades. Os autores concluíram que uma vez que foi encontrada uma diferença significativa entre o previsto e o alcançado em alguns movimentos, uma reavaliação após do 15º alinhador é sugerida para individualizar os movimentos que não seguiram o set-up digital.

Bilello *et al.* (2022) examinaram os seguintes movimentos dentários: intrusão, inclinação da coroa vestibulo/lingual e rotação. Foi realizado o tratamento de 10 pacientes, média de idade de  $34,8 \pm 14$ , sem rotações acima de 40° e sem correção

sagital maior que 4mm, sem apinhamento e diastema maior que 5 mm, quando necessário foram utilizados recursos auxiliares como attachments, bite ramp, elásticos, power ridges, ipr, com o mesmo sistema ortodôntico invisível (Invisalign, Align Technology), totalizando uma amostra composta por 215 dentes (105 maxilares e 110 mandibulares), que foram analisados pela sobreposição de três modelos digitais (pré tratamento, pós-tratamento real e pós tratamento ideal). A inclinação vestibulo-lingual foi o movimento mais previsível, atingindo uma precisão de 95,9% para o arco inferior e 94,6% para o arco superior. As intrusões atingiram acurácia média de 92,2% e 94,3% na arcada inferior e superior, respectivamente. As rotações atingiram uma precisão média de 86,0%. O movimento menos previsível foi a rotação dos pré-molares, caninos e incisivos laterais: o canino superior teve uma precisão média de 81,0%, o incisivo lateral 80,9%, o segundo pré-molar superior 80,7%, o primeiro pré-molar inferior 70,4%. Não houve significância estatística entre a diferença dos movimentos dentários, exceto a rotação dos incisivos laterais superiores e inferiores, caninos e pré-molares. A intrusão foi altamente previsível até 2 mm, acima do qual a previsibilidade do movimento foi reduzida. Os autores concluíram que o presente estudo sugere que todos os movimentos examinados podem ser realizados com alta precisão, juntamente com o uso de recursos auxiliares e refinamentos, os resultados planejados podem ser alcançados com sucesso clínico.

## 4 DISCUSSÃO

O movimento de rotação com os alinhadores parece estar entre os movimentos menos previsíveis de se alcançar com este sistema, principalmente entre caninos e pré-molares (ROSSINI *et al.*, 2015; GRUNHEID, LOH, LARSON, 2017; GALAN-LOPEZ, BARCIA-GONZALEZ, PLASENCIA, 2017; LOMBARDO *et al.*, 2017; CHARALAMPAKIS *et al.*, 2018; PAPADIMITRIOU *et al.*, 2018; PITHON *et al.*, 2019; HAOUILI *et al.*, 2020; MORTAZAVI *et al.*, 2020; BILELLO *et al.*, 2022). Argumenta-se que isto se deve a anatomia e a forma da coroa destes dentes que minimizam o contato do alinhador prejudicando o seu potencial de transmissão de forças (KOLETSI, ILIADE, ELIADES, 2021). Simon *et al.* (2014) encontraram uma média de 40% de previsibilidade na rotação. Diversos autores corroboraram com esses dados posteriormente (ROSSINI *et al.*, 2015; GRUNHEID, LOH, LARSON, 2017; GALAN-LOPEZ, BARCIA-GONZALEZ, PLASENCIA, 2017; LOMBARDO *et al.*, 2017; CHARALAMPAKIS *et al.*, 2018; PAPADIMITRIOU *et al.*, 2018; PITHON *et al.*, 2019; HAOUILI *et al.*, 2020; MORTAZAVI *et al.*, 2020; BILELLO *et al.*, 2022) Haouli *et al.* (2020), além de encontrarem pouca precisão para a execução deste movimento em relação aos outros (média de previsibilidade da rotação 46%), ainda encontraram uma menor taxa de movimentação quando o giro se dava para a distal (37% para a distal e 52% mesial). Ainda Simon *et al.* (2014), embora tenham considerado a rotação um movimento desafiador, ressaltaram que ele pode ser alcançado, desde que se leve em conta sobrecorreções, refinamentos e estagiamento com no máximo 1,5° de rotação por alinhador. Galan-Lopez, Barcia-Gonzalez, Plasencia (2019), além de reforçar esses achados, acrescentam que é recomendado sempre utilizar técnicas adicionais quando a rotação ultrapassar 15°. Rossini *et al.* (2015) e Pithon *et al.* (2019), que também encontraram que o movimento de rotação, principalmente em caninos e pré-molares, é um dos menos previsíveis, sugerem o uso de attachments e IPR para aumentar a previsibilidade. Em revisão de literatura realizada posteriormente, Koletisi, Iliadi e Eliades (2021) citaram que os contatos interproximais podem contribuir para a eficácia diminuída da rotação em caninos, e por isso é recomendado IPR, além disso, justificaram que a direção da rotação parece desempenhar um papel no resultado final, com o movimento para distal sendo menos preciso do que o movimento para a mesial, isso

se deve a maior área de contato entre canino e pré-molar, ou ainda maior dificuldade mecânica de realizar IPR nesta região. Bilello *et al.* (2022), mesmo que tenham encontrado o movimento de rotação como um dos menos previsíveis, obtiveram melhores resultados que os relatados anteriormente, obtendo uma precisão média de 86%, sendo a menor no primeiro pré-molar inferior (70,4%). Os autores afirmam a necessidade de se utilizar recursos auxiliares para se atingir os objetivos estabelecidos no planejamento e também atribuem a melhora nos resultados ao uso de refinamentos quando a primeira sequência de alinhadores não trouxe resultados satisfatórios. Estes autores acreditam que os refinamentos são eventos comuns durante o tratamento ortodôntico com alinhadores e que, por tanto, devem ser incluídos na avaliação da previsibilidade dos movimentos. E, por fim, concluem que utilizando recursos auxiliares, e considerando a etapa de refinamentos, os resultados planejados podem ser alcançados com sucesso clínico. Melhores resultados ao longo dos anos também poderiam ser reflexo de melhoras significativas em tecnologia, software e materiais, bem como maior experiência por parte dos dentistas.

Em relação ao movimento de extrusão, Rossini *et al.* (2015) encontraram que este seria o movimento mais impreciso de se realizar com alinhadores, com uma média de 30% de previsibilidade, sendo a menor precisão nos incisivos centrais superiores (18%) e inferiores (25%). Segundo estes autores esta falta de eficiência se deve à dificuldade do aparelho em desenvolver força suficiente para extrair os dentes de forma significativa. No entanto, em estudo posterior realizado por Charalampakis *et al.* (2018) não foram encontradas diferenças significativas entre o planejado e alcançado clinicamente no movimento de extrusão. Haouli *et al.* (2020) também encontraram melhores resultados para este movimento (média de 55% para incisivos e 46% nos molares) e atribuem isso ao uso de attachments otimizados. Igualmente, Galan-Lopez, Barcia-Gonzalez, Plasencia (2019) recomendaram o uso de attachments para melhorar os resultados em movimentos verticais.

Rossini *et al.* (2015) avaliaram o movimento de intrusão que variou de 33 a 47%, sendo a menor precisão alcançada nos incisivos laterais superiores e a maior nos centrais superiores e inferiores, considerando uma margem de intrusão de até 0,72mm. Charalampakis *et al.* (2018) também identificaram baixa previsibilidade no movimento de intrusão dos incisivos (1,5mm de diferença entre o alcançado e planejado) e sugeriram que uma sobrecorreção pode diminuir a necessidade de

refinamento. A incorporação de attachments também foi sugerida para a melhora dos resultados (GALAN-LOPEZ, BARCIA-GONZALEZ, PLASENCIA, 2019). Outros autores também consideraram este um movimento de baixa previsibilidade (PITHON *et al.*, 2019; MORTAZAVI *et al.*, 2020). Haouli *et al.* (2020), que encontraram uma taxa de intrusão dos incisivos inferiores de 35%, consideraram que mesmo com a evolução dos alinhadores esse movimento permaneceu um desafio, e que uma explicação para a baixa previsibilidade da intrusão em dentes anteriores seria a falta de ancoragem posterior. Já os molares obtiveram uma previsibilidade de intrusão de 51%, que os autores consideraram relativamente alta. Al-balaa *et al.* (2021), consideraram que o uso de métodos complementares de intrusão dos dentes anteriores pode aumentar a previsibilidade deste movimento (pressure points e precision bite ramps). Bilello *et al.* (2022) relataram que a intrusão foi altamente previsível até 2mm (92,2 e 94,2% para mandíbula e maxila, respectivamente) acima do qual a previsibilidade do movimento foi reduzida.

## 5 CONCLUSÃO

Ao revisar a literatura sobre a previsibilidade da movimentação dentária com os alinhadores transparentes pode-se concluir que:

A rotação, principalmente em caninos e pré-molares, mesmo que possa ser realizada com recursos auxiliares e outras estratégias segue sendo parte dos movimentos menos previsíveis e desafiadores para se realizar com este sistema.

A extrusão, em virtude da incorporação dos attachments otimizados, tem sido realizada com menor dificuldade.

A intrusão dentária permanece um movimento pouco previsível em dentes anteriores.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-BALAA, M.; HANYUE, L.I.; ABDELRAHMAN, M.A.; MOHAMED, B.; XIA, L.; LIU, W.; CHEN, Y.; OMRAN, T.; LI, S.; HUAA, X. Predicted and actual outcome of anterior intrusion with Invisalign assessed with cone-beam computed tomography. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 159, n. 3, p. 275-280, mar. 2021.

BILELLO, G.; FAZIO, M.; AMATO, E.; CRIVELLO, L.; GALVANO, A.; CURRÒ, G. Accuracy evaluation of orthodontic movements with aligners: a prospective observational study. **Progress in Orthodontic**, v. 23, n. 12, abr. 2022.

BURRUEZO, L.; MORALES-BURRUEZO, I.; GANDIA-FRANCO, J.L.; COBO, J.; VELA-HERNÁNDEZ, A.; BELLOT-ARCÍS, C. Arch expansion with the Invisalign system: Efficacy and predictability. **Plos One**, San Francisco, v. 15, n. 12, dez. 2020.

CHARALAMPAKIS, O.; ILIADI, A.; UENO, H.; OLIVER, D.; KI BEOM, K. Accuracy of clear aligners: A retrospective study of patients who needed refinement. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 154, n. 1, p. 47-54, jul. 2018.

DAI, F. F.; XU, T.M.; SHU, G. Comparison of achieved and predicted tooth movement of maxillary first molars and central incisors: First premolar extraction treatment with Invisalign. **The Angle Orthodontist**, Appleton, v. 80, n. 5, p. 679-687, Jan. 2019.

D'ANTÒ, V.; BUCCI, R.; DE SIMONE, V.; HUANCA GHISLANZONI, L.; MICHELOTTI, A.; RONGO, R. Evaluation of Tooth Movement Accuracy with Aligners: A Prospective Study. **Materials**, Basel, v. 15, n. 7, p. 26-46, abr. 2022.

HAOUILI, N.; KRAVITZ, N.; VAID, N.; FERGUSON, D.; MAKKI, L. Has Invisalign improved? A prospective follow-up study on the efficacy of tooth movement with Invisalign. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v. 158, n. 3, p. 420-425, set. 2020.

MORTAZAVI, M.; NAEIM, M.; BADRI, A.; SHARIFI, R.; HASHEMINASAB, M. An updated systematic review on the effectivity of clear aligner therapy: A Review. **J Craniomax Res**, Iran, v. 7, n. 4, p. 165-177, out. 2020.

KE, Y.; ZHU, Y.; ZHU, M. A comparison of treatment effectiveness between clear aligner and fixed appliance therapies. **BMC Oral Health**, London, v. 19, n. 24, Jan. 2019.

KOLETSI, D.; ILIADE, A.; ELIADES, T. Predictability of rotational tooth movement with orthodontic aligners comparing software-based and achieved data: A systematic review and meta-analysis of observational studies. **Journal of Orthodontics**, v. 48, n. 3, p. 277-287, Jan. 2021.

LOMBARDO, L.; ARREGHINI, A.; RAMINA, F.; GHISLANZONI, L.; SICILIANI, G. Predictability of orthodontic movement with orthodontic aligners: a retrospective study. **Progress in Orthodontics**, v. 18, n. 35, nov. 2017.

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

GRUNHEID, T.; LOH, C.; LARSON, B.E. How accurate is Invisalign in nonextraction cases? Are predicted tooth positions achieved? **Angle Orthodontist**, Appleton, v. 87, n. 6, jul. 2017.

PAPAGEORGIU, S.; KOLETZI, D.; ILIADI, A.; PELTOMAKI, T.; ELIADES, T. Treatment outcome with orthodontic aligners and fixed appliances: a systematic review with meta-analyses. **European Journal of Orthodontics**, Oxford, v. 1, n. 13, Jan. 2019.

PAPADIMITRIOU, A. MOUSOULEA, S.; GKANTIDIS, N.; KLOUKOS, D. Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review. **Prog. Orthod**, v. 1, n. 1, p. 19-37, set. 2018.

PITHON, M.M.; BAIÃO, F.; SANT' ANNA, L.; PARANHOS, L.R.; MAIA, L. Assessment of the effectiveness of invisible aligners compared with conventional appliance in aesthetic and functional orthodontic treatment: A systematic review. **J Invest Clin Dent**, v. 1, n. 1, set. 2019.

ROSSINI, G.; PARRINI, S.; CASTROFLORIO, T.; DEREGIBUS, A.; DEBERNARDI, L. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: A systematic review. **Angle Orthod**, Appleton, v. 85, n.15, p. 881-889, nov. 2015.

SIMON, M. KEILIG, L.; SCHWARZE, J.; JUNG, A.; BOURAUDEL, C. Treatment outcome and efficacy of an aligner technique – regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. **BMC Oral Health**, London, v. 14, n. 68, jun. 2014.

TEPEDINO, M.; PAOLONI, V.; COZZA, P.; CHIMENTI, C. Movement of anterior teeth using clear aligners: a three-dimensional, retrospective evaluation. **Progress in Orthodontics**, v.18, n. 9, Jan. 2018.

ZHENG, M.; LIU, R.; NI, Z.; YU, Z. Efficiency, effectiveness and treatment stability of clear aligners: A systematic review and meta-analysis. **Orthod Craniofac Res**, Oxford, v. 20, n. 1, p. 127-133, Jan. 2017.

ZHOU, N.; GOU, J. Efficiency of upper arch expansion with the Invisalign system. **Angle Orthod**, Appleton, v. 90, n. 1, p. 23-30, Jan. 2020.