

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

ALINHADORES : QUAIS AS LIMITAÇÕES – UMA REVISÃO NARRATIVA.

Trabalho submetido por
Louis Erwan Quivoron
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

julho de 2024

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

ALINHADORES : QUAIS AS LIMITAÇÕES – UMA REVISÃO NARRATIVA.

Trabalho submetido por
Louis Erwan Quivoron
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalhado orientado por
Prof. Doutora Teresa Sobral Costa

julho de 2024

AGRADECIMENTOS

Antes de mais, um imenso obrigado à minha orientadora de tese, Prof. Doutora Teresa Sobral Costa. A sua orientação, os seus preciosos conselhos e o seu apoio infalível ao longo deste percurso foram inestimáveis. Soube incentivar-me e motivar-me a dar o meu melhor, e por isso estou-lhe extremamente agradecido.

Quero também agradecer a todos os professores e aos colaboradores da Universidade Egas Moniz. O vosso empenho e dedicação ao ensino e à investigação criaram um ambiente propício à aprendizagem e ao desenvolvimento pessoal e profissional. Desempenharam um papel essencial no meu percurso académico e na realização desta tese.

Aos meus amigos, obrigado pelo vosso apoio constante, pelos vossos encorajamentos e pelos momentos de partilha que me permitiram manter a motivação e o equilíbrio ao longo desta aventura.

Um agradecimento especial aos meus colegas de casa, Hugo e Capucine, pela vossa amizade, compreensão e apoio diário. Os vossos sorrisos e boa disposição tornaram este período muito mais agradável.

Ao meu companheiro de clínica, Alexandre, obrigado pela tua preciosa ajuda, pela cooperação e pela amizade. Juntos, superámos muitos desafios e estou grato por todos os momentos que partilhámos.

Não posso agradecer o suficiente aos meus pais, sem os quais a realização do meu sonho de me tornar dentista não teria sido possível. O vosso amor, os vossos sacrifícios e o vosso apoio incondicional sustentaram-me ao longo deste percurso. Devo-vos tudo e dedico-vos este sucesso.

Finalmente, à minha namorada Salomé, pela tua paciência e pelo teu apoio infalível. A tua presença ao meu lado trouxe-me a força e a serenidade necessárias para superar os momentos difíceis. Foste a minha fonte de motivação e conforto, e estou-te infinitamente grato.

RESUMO

A Ortodontia como disciplina da Medicina Dentária, percorreu um longo caminho desde o seu início, evoluindo constantemente para satisfazer as necessidades crescentes dos pacientes que procuram um sorriso esteticamente agradável e uma função oclusal ideal.

Os tratamentos ortodônticos tradicionais, com os aparelhos fixos foram durante muito tempo o padrão de eleição para a correção de más oclusões dento-alveolares e problemas de alinhamento. No entanto, tentam-se desenvolver abordagens em que a estética fosse mais apelativa (tal como os aparelhos fixos cerâmicos), bem como o conforto e a higiene fossem mais fáceis de manter .

Os alinhadores transparentes Invisalign®, introduzidos no mercado pela empresa “Align Technology” em 1997 nos Estados Unidos revolucionaram o campo da ortodontia. Este sistema tornou-se cada vez mais popular nas últimas duas décadas (15.7 milhões pacientes tratados), devido à sua discrição, eficácia e conforto. No entanto, encontramos limitações clínicas bem como limitações nos movimentos dentários e a cooperação de cada paciente, tal como descrito por Phan X, 2007.

O objetivo desta revisão narrativa, através de uma pesquisa bibliográfica aprofundada de novos estudos, é evidenciar as limitações do tratamento com alinhadores transparentes. Para isso, foram utilizados artigos publicados entre 1997 e 2024, e a pesquisa foi realizada nos motores de busca PubMed®, b-On®, MEDLINE®, Scopus®, Science Direct®, Cochrane Library®, e embase®. As palavras-chave utilizadas na pesquisa estão descritas a seguir.

Palavras-chave: Alinhador transparente, Limitações, Eficiência, Tratamento Ortodôntico.

ABSTRACT

Orthodontics, as a discipline of Dentistry, has come a long way since its inception, constantly evolving to meet the growing needs of patients seeking an aesthetically pleasing smile and ideal occlusal function.

Traditional orthodontic treatments, with fixed appliances, have long been the standard choice for correcting dento-alveolar malocclusions and alignment problems. However, attempts have been made to develop approaches where aesthetics are more appealing (such as ceramic fixed appliances), as well as making comfort and hygiene easier to maintain.

The clear aligners Invisalign®, introduced to the market by the company "Align Technology" in 1997 in the United States, revolutionised the field of orthodontics. This system has become increasingly popular over the past two decades (15.7 million patients treated), due to its discretion, efficacy, and comfort. However, clinical limitations are found, as well as limitations in tooth movements and patient cooperation, as described by Phan X, 2007.

The aim of this narrative review, through in-depth bibliographic research of recent studies, is to highlight these challenges, utilising articles from 1997 to 2024, with the research conducted on the search engines PubMed®, b-On®, MEDLINE®, Scopus®, Science Direct®, Cochrane Library®, Embase® and using the keywords referred below.

Keywords: Clear Aligner, limitation, effectiveness, orthodontic treatment.

Índice

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Contextualização.....	13
1.2	Objetivo	14
1.3	Metodologia.....	14
2	DESENVOLVIMENTO.....	17
2.1	Alinhadores transparentes.....	17
2.1.1	História	17
2.1.2	Sistema Invisalign®	19
2.1.3	Funcionamento	20
2.1.3.1	Registos clínicos	21
2.1.3.2	Diagnóstico & Plano de tratamento.....	22
2.1.3.3	Produção	23
2.1.3.4	Entrega ao paciente.....	23
2.1.4	Características.....	24
2.1.4.1	Composições de material dos alinhadores.....	24
2.1.4.2	Margem gengival.....	26
2.1.4.3	Espessura do material	26
2.1.5	Especificidades destinadas a melhorar da técnica	27
2.1.5.1	Attachments	27
2.1.5.2	Inter Proximal Reduction.....	29
2.1.5.3	Elásticos.....	29
2.1.5.4	Power Ridges & ponto de pressão.....	30
2.1.5.5	Bite ramps.....	30
2.1.6	Movimentos e biomecânica dos alinhadores com os attachments convencional.....	31
2.1.6.1	Extrusão	32
2.1.6.2	Intrusão	33
2.1.6.3	Rotação	33
2.1.6.4	Translação.....	34
2.1.6.5	Torque.....	34
2.1.6.6	Paralelismo das raízes.....	35
2.1.7	Correção de maloclusões: a abordagem dos alinhadores	36
2.1.8	Vantagens & Desvantagens	37
2.1.9	Indicações & Contraindicações	39
2.2	Limitações dos alinhadores ao longo do tempo.....	41

2.2.1	1998 – 2010	41
2.2.1.1	Limitações	41
2.2.1.2	Interpretação	43
2.2.2	2011 – 2020	45
2.2.2.1	Limitações	45
2.2.3	Limitações de 2020 até dias de hoje	48
2.2.3.1	Discussão	53
3	CONCLUSÃO.....	63
4	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Alinhador transparente superior.	19
Figura 2- Envio de Impressões em polivinil de siloxano para o laboratório.....	21
Figura 3 – Clincheck software. (imagem cedida pela Professora Doutora Teresa Sobral Costa).....	22
Figura 4 - Um alinhador transparente feito de material PETG.	25
Figura 5 - <i>Desenho da margem gengival dos alinhadores: (a) festonado, (b) corte reto ao nível do zénite gengival, (c) corte reto 2 mm acima do zénite gengival. (adaptado de (Kundal & Shokeen, 2020))</i>	26
Figura 6 - Comparação entre um modelo dentário com desalinhamento (à esquerda) e um modelo dentário após o tratamento ortodôntico com alinhadores (à direita).	27
Figura 7 - Exemplos de attachments otimizados em pré-molares e incisivos.....	28
Figura 8- Exemplo de instrumentos necessário a realização do IPR.....	29
Figura 9 - Ramps de mordida colocados na face palatina dos 4 incisivos superiores. (Adaptado de Invisalign, Academy, 2018).	31
Figura 10- A pressão exercida pelo alinhador nas superfícies dentárias e nos attachments é destacada, ilustrando como a força é distribuída para deslocar os dentes de maneira controlada. (Upadhyay & Arqub, 2022)	32
Figura 11- Rotação com extrusão e rotação com intrusão	32
Figura 12 - Representações esquemáticas de um único attachment de precisão elipsoidal usado para realizar um movimento de rotação sobre uma canina. (adaptado de (Hennessy & Al-Awadhi, 2016a)).....	34
Figura 13- Attachments elipsoides de movimento radicular emparelhado (adaptado de (Hennessy & Al-Awadhi, 2016a).....	35
Figura 14 - a) mostra o controlo do movimento das raízes durante o fechamento do espaço, com attachments para aplicar um MoC na segunda ordem e (b) um controlo do terceiro ordem realizado com a ajuda dos "Power Ridges». (adaptado de (Upadhyay & Arqub, 2022)).	36
Figura 15- Eficácia dos alinhadores (%) para diferentes tipos de movimento dentário. Este gráfico foi construído para aproximar o consenso da literatura disponível sobre a eficácia dos alinhadores na movimentação dos dentes. (Upadhyay & Arqub, 2022)	54
Figura 16- Tratamento Híbrido com um sistema fixo de arco completo mandibular e alinhador transparente maxilar. (Kravitz et al., 2023).....	61

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1- Tipos de Attachments e suas Funções nos Alinhadores Transparentes (adaptado de (Nucera et al., 2022)).	28
Tabela 2- Indicações e contraindicações dos alinhadores transparentes em 2017 (Adaptado de (Srivastava et al., 2017)).	40
Tabela 3- Limitações de 1998 até 2010.....	41
Tabela 4- Limitações de 2011 até 2019.....	45
Tabela 5- Limitações de 2020 até dias de hoje.....	48

LISTA DE ABREVIATURAS

ABO-MGS: American Board of Orthodontics Model Grading System

CAD: Computer Aided Design

CAM: Computer Aided Manufacturing

CAT: Clear Aligner Therapy

IPR: Interproximal Reduction

MoC: Moment of Couple

MoF: Moment of Force

OGS: Objective Grading System

PAR: Peer Assessment Rating index

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A Ortodontia é uma especialidade da Medicina Dentária que se concentra no diagnóstico, prevenção e tratamento das malposições dentárias. O termo "ortodontia" deriva do grego antigo "ortho" que significa "direito" e "odontos" que quer dizer "dente". O seu objetivo principal é melhorar a função e a aparência do sorriso do paciente, sendo a componente estética um fator considerável para a autoestima, a qualidade de vida e o sucesso social da população (Kaur et al., 2018; Rinchuse & Miles, 2007).

O sistema fixo convencional de ortodontia utiliza brackets metálicos cimentados aos dentes e ligados por fios metálicos, permitindo mover os dentes progressivamente para a sua posição ideal. Este tipo de tratamento oferece um controlo preciso dos movimentos dentários, inclusive dos mais complexos. Apesar de ser um meio de tratamento eficaz, algumas desvantagens são descritas na literatura. Para além disso, os brackets fixos podem comprometer a higiene oral dos pacientes, aumentando o risco de colonização bacteriana, desmineralização do esmalte e acumulação de placa bacteriana (Duš-Ilnicka et al., 2024).

Na sociedade atual, que valoriza cada vez mais o aspeto físico, os pacientes procuram um tratamento que seja mais confortável e estético. Os estudos conduzidos por Ziuchkovski em 2008 e Rosvall em 2009 sobre a aceitação estética dos aparelhos ortodônticos, relatam que os adultos recusam em 33 a 66% dos casos, um tratamento com um aparelho visível. Estes estudos hierarquizam os níveis de aceitação estética na seguinte ordem decrescente: alinhadores e aparelhos linguais, brackets cerâmicos, cerâmica autoligável, aparelhos híbridos e metálicos. Estes últimos foram considerados inaceitáveis por mais de 42% dos pacientes (Rosvall et al., 2009; Ziuchkovski et al., 2008).

Em 2010, Walton concluiu que a aceitação e a atratividade dos aparelhos são diferentes entre adolescentes e adultos. A tendência de preferir um aparelho estético aumenta com a idade, com uma escolha exclusiva por aparelhos linguais entre os adultos,

enquanto os alinhadores transparentes são amplamente preferidos em todas as idades (Walton et al., 2010).

Ao longo da última década, os alinhadores transparentes têm conhecido um crescimento exponencial em popularidade. Estes dispositivos discretos e removíveis, como os propostos pela Invisalign® e outras marcas similares, transformaram a forma como os ortodontistas abordam os tratamentos ortodônticos, oferecendo novas possibilidades e ampliando a gama terapêutica disponível para os ortodontistas. Ao contrário dos aparelhos fixos convencionais, os alinhadores transparentes oferecem uma estética superior e um conforto acrescido para o paciente. Estes são mais estéticos o que permite aos pacientes continuarem a sua vida quotidiana sem o embaraço frequentemente associado aos aparelhos metálicos tradicionais (Alami et al., 2022; Kau et al., 2023).

Os alinhadores transparentes permitem uma melhor higiene oral, pois são removíveis, o que facilita a escovagem e o uso do fio dentário. Além disso, os pacientes frequentemente relatam menos dor e desconforto com os alinhadores em comparação com os aparelhos fixos. Apesar disso, estes dispositivos não estão isentos de desafios. As limitações dos alinhadores transparentes incluem dificuldades para realizar certos movimentos dentários, a necessidade de cooperação por parte dos pacientes, assim como a experiência do médico (Caruso et al., 2024; Joffe, 2003).

1.2 Objetivo

O objetivo desta revisão narrativa, é destacar as limitações do tratamento com alinhadores transparentes desde a sua introdução em 1997 até os dias de hoje, focando apenas as limitações no movimento dentário.

1.3 Metodologia

A pesquisa foi conduzida utilizando PubMed®, b-On®, MEDLINE®, Scopus®, Science Direct®, Cochrane Library®, Embase® em artigos em inglês, francês e português de 2000 a 2024. Os critérios de inclusão foram: pacientes com mais de 15 anos, tratamento ortodôntico com alinhadores. Tendo sido utilizadas as seguintes palavras-

chave: “Limitation”, “effectiveness”, “orthodontic treatment”, “Clear aligners”, “Invisalign”. Os critérios de exclusão foram: estudos que não abordavam a eficácia clínica do tratamento com alinhadores transparentes, estudos com pacientes com doenças periodontais ou genéticas ou estudos com pacientes submetidos a cirurgia ortognática. Ainda foram excluídos artigos que não foram acessíveis na sua totalidade.

Alinhadores: quais as limitações – uma revisão narrativa.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Alinhadores transparentes

2.1.1 História

O tratamento com alinhadores registou um aumento do número de utilizadores, tendo-se generalizado muito nos últimos 10 anos. No entanto, os primeiros indícios deste conceito remontam ao início do século XX (Bichu et al., 2022).

Inicialmente em 1925, Orrin Remensnyder desenvolveu um aparelho dentário denominado "Flex-O-Tite", que estimulava a gengiva marginal (aparelho massajado da gengiva), permitindo o tratamento da periodontite. Mais tarde, verificou pequenas movimentações dentárias devido a este aparelho (Remensnyder, 1928).

Em 1945, Harold Kesling, um precursor nesta área, apresentou o primeiro alinhador dentário, o "tooth positionning appliance". Este aparelho em borracha flexível de uma peça única, destinava-se ao acabamento ortodôntico dos sistemas convencionais. Após a remoção dos brackets, foram tiradas impressões dentárias do doente e foram moldados dois modelos de gesso onde era realizado um "Set-up". O primeiro molde serviu de modelo de controlo, enquanto o segundo foi utilizado como preparação. Neste último, os dentes incorretamente posicionados foram cortados individualmente e depois reposicionados na postura desejada. Foi durante esta fase que o posicionador foi fabricado. O aparelho foi confeccionado com um objetivo de conservação do alinhamento com a possibilidade de integrar alguns pequenos movimentos dentários. No entanto, Kesling levantou a hipótese de que uma série de alinhadores poderia ser usada para realizar movimentos dentários maiores, embora isso fosse impossível na época. Esta ideia tornar-se-ia o conceito fundamental do tratamento com alinhadores transparentes (Elsasser, 1950).

Em 1959, Nahoum, inspirado pela ideia de Kesling de usar uma série de alinhadores para movimentos dentários, introduziu o primeiro dispositivo termoplástico transparente documentado. Esse dispositivo era moldado a vácuo e adaptava-se firmemente à modelagem do paciente. Além da sua função principal, esse aparelho podia

ser utilizado como retentor, splint, suporte para packs cirúrgicos, suporte para medicamentos, entre outras aplicações. Nahoum também criou elementos adicionais, como botões de acrílico para elásticos interarcos, um conceito que se assemelha ao uso de attachments e auxiliares na prática atual do tratamento com alinhadores transparentes, sugerindo uma possível origem na mecânica de tratamento desenvolvida por Nahoum (Kau et al., 2023).

O primeiro alinhador termoformado por pressão foi introduzido por McNamara, em 1985. Inspirou-se no trabalho de Ponitz, que desenvolveu o "retentor invisível" em 1971, e estendeu as suas indicações a pequenos reposicionamentos dos dentes (Ponitz, 1971). Tal como os seus antecessores, McNamara utilizou a técnica de "set-up" para fabricar o seu alinhador. No entanto, a sua abordagem terapêutica era diferente, uma vez que preconizava a movimentação de apenas um dente por quadrante (Phulari, 2013).

Em 1993, J. Sheridan desenvolveu uma técnica que envolvia o stripping interproximal e o alinhamento progressivo com aparelhos transparentes como o Essix®. No entanto, tal como as anteriores, essa técnica tinha a desvantagem de fazer novo "set-up" e impressões na maioria das consultas, o que prolongava o tratamento e tornava mais desconfortável (Phan, 2007).

Em 1997, dois estudantes de MBA, fundaram a Align Technology Inc. O sistema Invisalign® que desenvolveram baseava-se na utilização combinada de duas etapas:

- CAD-CAM (Computer-Aided Design and Computer-Aided Manufacturing) para obter uma configuração em 3D e, assim, visualizar virtualmente todo o tratamento, passo a passo.

- Estereolitografia (impressora 3D) de resina líquida para uso industrial, que utiliza o desenho assistido por computador para fabricar uma série de alinhadores a partir das suas imagens 3D.

Foi com a combinação destas duas técnicas que nasceu Invisalign®, que envolve a tecnologia de design assistido por computador, combinada com técnicas de laboratório, para o fabrico de um conjunto de alinhadores que possibilitam aos dentes de efetuar pequenos movimentos de 0.25mm a 0.3mm por aparelho, revolucionando o tratamento com alinhadores e abrindo novas possibilidades ortodônticas (Wong, 2002; Bouchez, 2019b).



Figura 1- Alinhador transparente superior.

O interesse por esta nova alternativa terapêutica aos brackets e arcos tem crescido exponencialmente. Surgiram inúmeras outras empresas, cada uma com as suas particularidades e características, incluindo o tipo de materiais utilizados, o desenho das margens gengivais, etc... (Putrino et al., 2021).

Existem atualmente vários sistemas comerciais de alinhadores dentários, os quais não serão promovidos neste trabalho. Optámos por abordar mais profundamente o sistema INVISALIGN® porque é o mais antigo e o mais difundido, contando com numerosos estudos e uma vasta documentação disponível nas bases de dados de pesquisa.

2.1.2 Sistema Invisalign®

Desde a sua criação em 1997 por dois licenciados da Stanford Business School, os alinhadores Invisalign®, da Align Technology, situada na Califórnia, EUA, tornaram-se o padrão para o alinhamento dentário estético. Kesley Wirth e Zia Chisti, depois de receberem do seu ortodontista as placas Dentsply Essix para pequenas correções, inspiraram-se para desenvolver alinhadores transparentes para um tratamento ortodôntico completo, substituindo os tradicionais brackets (Piedade, 2016).

Com a colaboração do Dr. Robert Boyd, Presidente do Departamento de Ortodontia da Universidade do Pacífico, a ideia ganhou forma. Depois de receberem a

aprovação da Food and Drug Administration em 1998, os alinhadores começaram a ser comercializados nos Estados Unidos em 1999 e na Europa em 2000. Inicialmente, eram necessárias impressões de polivinilsiloxano para fabricar os aparelhos (Bouchez, 2019).

Em 2011, a empresa deu um grande passo em frente ao adquirir a empresa que fabrica os scanners intra-orais iTero. Sob o nome Align Technology, a empresa continuou a aperfeiçoar o seu produto, atingindo em 2024 mais de 16.4 milhões de casos (*Align Technology, 2024*).

Um estudo conduzido por Baxmann e al. em 2022 indica que os CAT (Clear Aligner Therapy) constituem entre 30 e 45% do total de casos em clínicas de ortodontia. Observa-se também uma mudança nas tendências demográficas em relação às preferências e ao nível de informação dos pacientes sobre os CAT (Baxmann et al., 2022).

Um estudo de 2023 efetuado no Canadá e nos Estados Unidos, revelou que 65% dos ortodontistas utilizam o tratamento com alinhadores transparentes na sua prática diária. O sistema mais popular é o sistema Invisalign em 81,25% dos casos (Abu-Arquib et al., 2023).

A Align Technology continua a ser o líder mundial da ortodontia plástica. Embora tenham surgido outros concorrentes igualmente eficazes, como o Smilers (Biodentaltech) ou o Clear Correct (Straumann) , entre outros (Putrino et al., 2021).

2.1.3 Funcionamento

Os alinhadores transparentes, como os utilizados nos tratamentos Invisalign®, realizam movimentos dentários de forma progressiva e controlada. Cada alinhador é desenhado para mover os dentes 0,25 mm durante o seu período de utilização, que é variável, sendo usado quase constantemente, exceto durante as refeições e a escovagem dos dentes (Bouchez, 2019).

Trata-se de um processo em três fases: digitalização da impressão do paciente, preparação de um plano de tratamento e, em seguida, fabrico dos alinhadores.

2.1.3.1 Registos clínicos

Inicialmente, o profissional tem a opção de fazer uma impressão tradicional utilizando polivinil siloxano (PVS) ou uma impressão digital utilizando um scanner intraoral iTero. A abordagem digital permite uma transmissão mais rápida para o fabricante e reduz a necessidade de armazenar fisicamente modelos de gesso na clínica. O ficheiro do paciente, que inclui a impressão, bem como fotografias, uma radiografia panorâmica e uma telerradiografia é enviado para a Align Technology (Bouchez, 2019).



Figura 2- Envio de Impressões em polivinil de siloxano para o laboratório.

(fonte: www.invisalign.com).

Se forem utilizadas impressões em PVS, estas são primeiro convertidas em modelos de gesso e depois recobertas com uma mistura de epóxi e uretano. Estes modelos são digitalizados utilizando o software FlashCT (HYPTEC Inc, Los Alamos, Novo México) para criar um modelo 3D completo. O FlashCT é um sistema avançado de tomografia computadorizada industrial para a obtenção rápida de imagens 3D, que reúne digitalmente as informações para produzir uma representação tridimensional dos modelos (Bouchez, 2019).

2.1.3.2 Diagnóstico & Plano de tratamento

Em seguida, o médico preenche uma prescrição no site da Invisalign®, para indicar aos técnicos o plano de tratamento previsto para o paciente, e é assim que se inicia o procedimento de criação do ClinCheck®. Um ClinCheck® é uma representação tridimensional das informações fornecidas pelo clínico, que pode ser visualizada e modificada quando necessário. O técnico Invisalign® utiliza um software para cortar os modelos virtuais e separar os dentes, o que permite que sejam movidos individualmente. A gengiva virtual é colocada ao longo da margem gengival da coroa clínica, para atuar como uma margem na fabricação dos alinhadores (Ghislanzoni et al., 2018).

O número de alinhadores necessários depende da quantidade e da complexidade dos movimentos a efetuar. O VOT (Virtual Orthodontic Technician) envia depois os dados ao médico através do Clincheck®. Os técnicos da Align Technology desenham de seguida, virtualmente, uma série de modelos que conduzem à oclusão final desejada pelo médico (Bouchez, 2019).

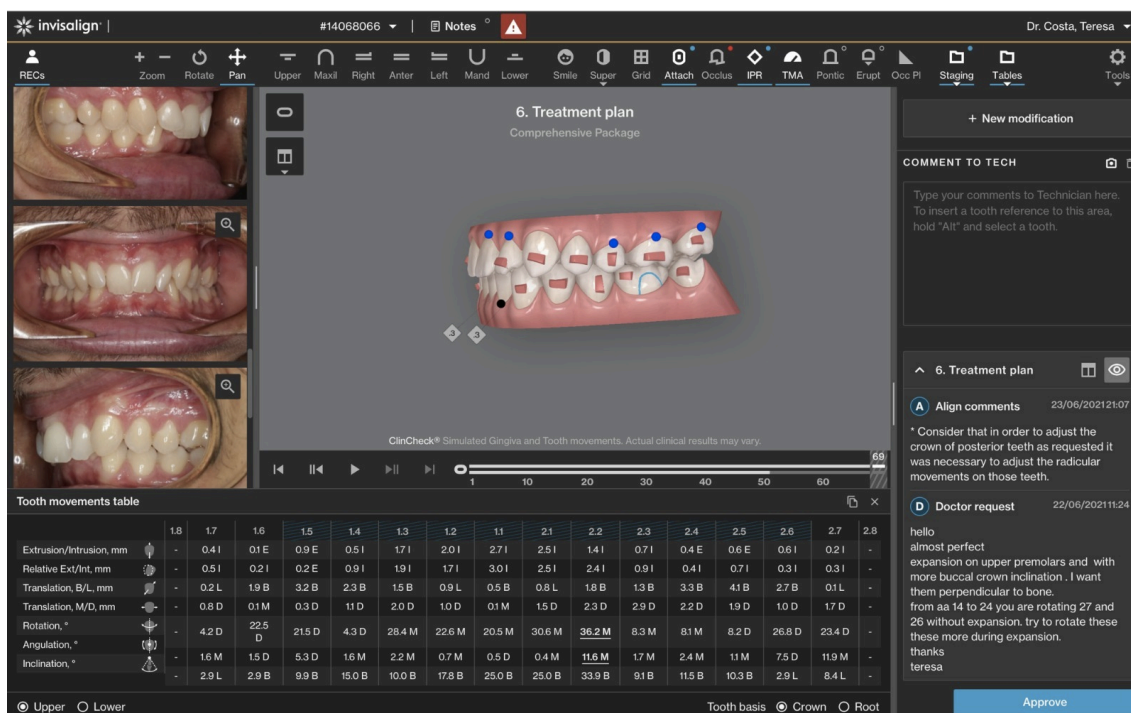


Figura 3 – Clincheck software. (imagem cedida pela Professora Doutora Teresa Sobral Costa)

O mais recente software Clincheck Pro 6.0, disponível desde 2020, permite ao clínico rever os modelos virtuais e, se necessário, ajustar a posição dos próprios dentes e

modificar o seu torque, extrusão, intrusão e angulação méso-distal. Também com o apoio de um Computorizada Tomografia (CT), gera automaticamente um modelo tridimensional, incluindo raízes, coroas e osso. É possível incorporar aberturas nos alinhadores para a utilização de elásticos inter-arcos e para modificar ou acrescentar attachments (*ClinCheck 6.0 | Invisalign Provider, 2020*).

2.1.3.3 Produção

Atualmente, um avanço no fabrico de produtos dentários tornou possível transformar imagens digitais em protótipos físicos através de um processo conhecido como estereolitografia. Esta técnica de ponta utiliza um laser para solidificar, camada a camada, um polímero líquido fotossensível, criando um modelo preciso em resina acrílica. Os modelos assim formados servem de base para a produção por medida dos alinhadores dentários, que são fabricados a partir de folhas de resina de poliuretano. Através de uma técnica de termoformagem a vácuo em equipamentos de moldagem por pressão, como a máquina Biostar, consegue-se uma adaptação perfeita às especificações individuais de cada paciente (Bichu et al., 2022; Narongdej et al., 2024).

Os alinhadores são talhados e gravados a laser com as iniciais do paciente, o número de série do aparelho e a designação da arcada correspondente. Após esta personalização, os alinhadores são submetidos a um rigoroso processo de desinfeção antes de serem cuidadosamente embalados. Finalmente, são enviados em caixas individuais, preparadas para cada paciente, a fim de garantir uma higiene ótima e uma identificação fácil (Bouchez, 2019b).

2.1.3.4 Entrega ao paciente

No momento da colocação dos alinhadores em boca, o médico dentista deve verificar se estes se ajustam perfeitamente aos dentes e não apresentam qualquer risco de danos para os tecidos orais. Normalmente, os pacientes mudam os alinhadores num intervalo de 7 a 15 dias, segundo Bouchez e Al. No entanto, podem ser necessários ajustes durante o tratamento por várias razões, tais como o facto de o paciente não cumprir os tempos de utilização recomendados, movimentos dentários inesperados ou se o médico

considerar necessárias alterações ao plano de tratamento. Nestes casos, são produzidos novos alinhadores para retificar a trajetória do movimento dentário e assegurar a continuidade efetiva do tratamento ortodôntico (Bouchez, 2019; D’Antò et al., 2022).

No final da primeira série de alinhadores, o profissional efetua uma avaliação para verificar se os resultados previstos foram atingidos. Se as correções dentárias não tiverem sido totalmente realizadas com a primeira série, o sistema Invisalign® disponibiliza várias etapas de alinhadores adicionais. Esta fase envolve o fabrico de uma nova série de alinhadores feitos à medida do tratamento, destinados a finalizar os restantes ajustes dentários. A Align Technology estima que esta reavaliação é necessária em 20-30% dos casos. No entanto, os ortodontistas indicam uma necessidade de alinhadores adicionais em 70-80% dos tratamentos, acentuando a importância da avaliação personalizada e do potencial ajustamento no planeamento ortodôntico (Kravitz et al., 2009; Oliveira et al., 2022).

No fim do tratamento, a Invisalign® disponibiliza um aparelho de contenção designado por Vivera (Bouchez, 2019b).

2.1.4 Características

2.1.4.1 Composições de material dos alinhadores

Nas últimas duas décadas, a composição dos alinhadores ortodônticos evoluiu significativamente para atender a exigências clínicas específicas. Originalmente, os dispositivos eram feitos de uma mistura de polímeros conhecida como Proceed30, que acabaram por não satisfazer completamente os requisitos físicos, químicos e clínicos para o desempenho ótimo dos alinhadores. Em setembro de 2001, a composição foi alterada para o Exceed30, um polímero monocamada composto por diisocianato de difenilmetano de poliuretano e 1,6-hexanodiol. Essa mudança melhorou a facilidade de inserção e remoção dos alinhadores pelos pacientes, simplificando o uso diário (Bichu et al., 2022).

Em 2013, um material foi introduzido sob o nome de SmartTrack®, sendo este composto por poliuretano e co-polímero termoplástico aromático multicamadas. Este avanço permitiu uma melhor performance em termos de consistência na aplicação de

forças ortodônticas, uma elasticidade superior, estabilidade química aprimorada e um maior conforto para o paciente (AlMogbel, 2023).

Os alinhadores atuais são produzidos a partir de materiais termoplásticos como poliuretano, poliéster e PETG (polietileno tereftalato glycol). Estes materiais são selecionados pela sua transparência no espectro de luz visível, resistência ao impacto e alta ductilidade, o que os torna muito apropriados para uso em alinhadores dentários. Além disso, o PETG pode ser facilmente Termo formado e reciclado, sendo igualmente ideal para impressão 3D (Bichu et al., 2022).

Os avanços na composição dos alinhadores refletem a evolução das necessidades em ortodontia e a constante busca por materiais que possam oferecer resultados previsíveis e confortáveis para os pacientes. Estes materiais não só devem ser biocompatíveis e resistir ao ambiente intraoral, mas também manter as suas propriedades mecânicas ao longo do tempo, apesar do envelhecimento físico e químico, para garantir uma entrega de força adequada e uma eficácia de tratamento sem comprometer o conforto do paciente (Kau et al., 2023; Narongdej et al., 2024).



Figura 4 - Um alinhador transparente feito de material PETG.

(fonte: <https://www.made-in-china.com/showroom/acc22caa3aa5c5a9/product-detailFwkniyMcSIVI/China-PETG-Sheet-for-vacuum-Forming-of-Clear-Aligner-Dental-Trays.html>.)

2.1.4.2 Margem gengival

O design da margem gengival dos alinhadores tem evoluído para melhorar a sua eficácia. Na literatura, encontramos três tipos de bordo gengival dos alinhadores: festonado, que reproduz a gengiva, reto ao nível do zénite gengival e também direito 2mm acima do zénite gengival. Com o avanço do design, as margens gengivais dos alinhadores são agora mais retas e estendem-se além do ápice da gengiva (2mm acima do zénite gengival), o que aumenta a aderência do alinhador aos dentes. Esta mudança reduz a necessidade de elementos de retenção, simplifica o design dos alinhadores e pode contribuir para uma experiência melhor para o paciente, oferecendo um tratamento menos invasivo e esteticamente mais agradável (Lyu et al., 2023; Putrino et al., 2021).



Figura 5 - *Desenho da margem gengival dos alinhadores: (a) festonado, (b) corte reto ao nível do zénite gengival, (c) corte reto 2 mm acima do zénite gengival. (adaptado de (Kundal & Shokeen, 2020))*

2.1.4.3 Espessura do material

Diferentes estudos foram realizados sobre a influência da espessura do alinhador. Para resumir: independentemente do material utilizado, a espessura influencia o valor das forças aplicadas ao dente. Quanto maior a espessura do alinhador, maiores serão as forças transmitidas (Averlant-Dubois, 2009; Kwon et al., 2008).

Os alinhadores transparentes têm espessuras variadas, de 0,50 a 1,5 mm, o que pode influenciar suas características e eficácia na movimentação dos dentes. A espessura desses alinhadores pode ser pré-determinada pelo fabricante ou ajustada de acordo com as necessidades específicas do tratamento. Materiais mais finos geralmente são adequados para aplicar forças leves, ideais para movimentos de inclinação, enquanto a movimentação da raiz ou a translação completa do dente podem exigir um material mais espesso (Bichu et al., 2022).

Geralmente, são utilizadas 3 espessuras na prática clínica, incluindo 0,5 mm, 0,625 mm e 0,75 mm (Putrino et al., 2021).

2.1.5 Especificidades destinadas a melhorar da técnica

Os movimentos realizados pelos alinhadores deviam-se exclusivamente ao «Shape Molding Effect», inicialmente. Esta característica define-se pela capacidade dos alinhadores de induzir movimentos através da aplicação de uma força suave e constante na superfície dos dentes, o seja, a capacitância dos alinhadores a movimentar os dentes e dada por a pressão exercido por o material sobre a superfície dentária (Putrino et al., 2021).

Posteriormente, surgiram elementos auxiliares com o objetivo de aumentar a eficácia e a diversidade dos movimentos possíveis com os alinhadores transparentes (Abu-Arquib et al., 2023).

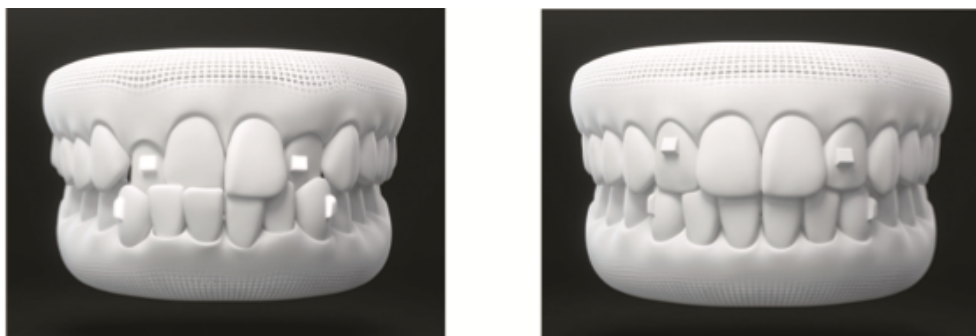


Figura 6 - Comparação entre um modelo dentário com desalinhamento (à esquerda) e um modelo dentário após o tratamento ortodôntico com alinhadores (à direita).

(fonte: <https://www.invisalign.com/the-invisalign-difference/smartforce-attachments>).

2.1.5.1 Attachments

Os attachments são "botões" de compósito colocados nas superfícies vestibular e palatolinguar dos dentes. Eles são uma das chaves do tratamento com alinhadores transparentes e têm duas funções principais: melhoram a retenção do aparelho em boca e desempenham um papel importante na biomecânica desta terapia, facilitando os vários movimentos dentários (Weir, 2017).

Os attachments podem ser passivos, destinados à ancoragem e retenção dos alinhadores, ou ativos, participando diretamente na biomecânica dos alinhadores. Existem dois tipos de attachments: os convencionais e otimizados (Nucera et al., 2022).

Tabela 1- Tipos de Attachments e suas Funções nos Alinhadores Transparentes (adaptado de (Nucera et al., 2022)).

Tipo de attachment	Formas e tamanhos	Função	Uso
Convencionais (standard)	Padronizadas	Fornecer aderência adicional em dentes específicos, ajustando em movimentos como rotações ou translações	Movimentos gerais na biomecânica dos alinhadores
Otimizados	Personalizadas para o caso individual	Produzir forças específicas para movimentos complexos como intrusão, extrusão ou rotações significativas	Movimentos dentários precisos e complexos

Vários artigos na literatura mostram que a combinação da disposição, tamanho, localização, forma e número de encaixes pode aumentar consideravelmente a eficácia dos alinhadores transparentes, tal como descrito por (Karras et al., 2021).

SmartForce Features and Attachments



Visual	Feature	Available on	Movement	Threshold for placement	Maximum Velocity
	Optimized Rotation Attachment	Upper and lower canines & bicuspids	Rotation	5° of rotation	2° / stage
	Optimized Extrusion Attachment	Upper and lower incisors and canines.	Individual extrusion	0.5mm of extrusion	0.25mm / stage

Figura 7 - Exemplos de attachments otimizados em pré-molares e incisivos.

(Fonte: www.invisalign.com)

2.1.5.2 Inter Proximal Reduction

Um passo importante do tratamento é a utilização da redução interproximal (Inter Proximal Reduction - IPR). Esta técnica pode ser integrada ao tratamento para facilitar o movimento dos dentes em casos de contactos demasiado apertados, sobreposição dentária, desequilíbrio no tamanho dos dentes (Índice de Bolton), ou na presença de triângulos negros entre os dentes. Quando é necessária uma redução de menos de 0.3mm, recomenda-se o uso de lixas abrasivas. Para reduções mais substanciais, recorre-se a discos abrasivos ou brocas diamantadas (Meade & Weir, 2023).

Durante o processo de IPR, deve-se fazer um controle constante com chaves de medição interproximais. Ao longo do tratamento, também é fundamental monitorizar os contactos entre os dentes para assegurar que não estão excessivamente apertados, procedendo ao alívio desses contactos quando necessário para permitir o movimento dentário; isto deve ser feito mesmo que o stripping inicialmente não tenha sido prescrito (Meade & Weir, 2023).



Figura 8- Exemplo de instrumentos necessário a realização do IPR

(Fonte: www.invisalign.com)

2.1.5.3 Elásticos

Os elásticos intermaxilares são utilizados em complemento aos alinhadores transparentes, visando ajustar a relação entre as arcadas dentárias no sentido anterior-posterior e como método de controle de ancoragem. Fixados através de botões colocados

tanto nos dentes quanto nos próprios alinhadores, estes elásticos também podem ser ancorados em mini-implantes para otimizar a correção até que a relação dentária ideal seja atingida (Putrino et al., 2021).

2.1.5.4 Power Ridges & ponto de pressão

Pequenas elevações de plástico, chamadas de "power ridges", podem também ser adicionadas aos aparelhos durante a fabricação. Elas permitem aplicar uma força diretamente num dente, a fim de produzir, por exemplo, um torque lingual da raiz nos dentes anteriores. Podem também ajudar na retração dos incisivos (Rossini et al., 2014).

A adição de pontos de pressão permite aplicar uma força no dente com o objetivo de realizar um movimento particular, controlando-o ao mesmo tempo (Rossini et al., 2014).

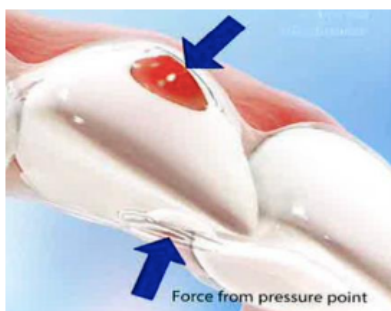


Figura 9 - Ponto de pressão na face palatina e attachment na face vestibular (modificado de Invisalign, Académie, 2018).

2.1.5.5 Bite ramps

Os "Bite Ramps" são apoios verticais de plástico incorporados nas faces palatinas dos incisivos superiores. Esta ferramenta auxiliar permite influenciar o fechamento vertical, sendo útil na correção de um sobremordida (Greco & Rombolà, 2021).

	<p>Precision Bite Ramps* <small>(*are not SmartForce features per se, but can be prescribed by the Provider, and are placed depending on compatibility with other features)</small></p>	<p>Upper incisors</p>	<p>Disocclude the posterior teeth Assist lower incisor intrusion</p>	<p>N/A Can be prescribed for automatic placement if lower incisors intrude > 1.5mm and there is at least 4mm of overbite</p>	<p>NA</p>
---	---	-----------------------	---	--	-----------

Figura 9 - Ramps de mordida colocados na face palatina dos 4 incisivos superiores. (Adaptado de Invisalign, Academy, 2018).

2.1.6 Movimentos e biomecânica dos alinhadores com os attachments convencional

A biomecânica ortodôntica corresponde ao estudo do sistema periodontal em resposta às forças que lhe são aplicadas. Estas forças interferem na resposta periodontal de acordo com:

- A direção
- O grau
- A distribuição
- A duração

A resultante destas forças provoca então movimentos dentários, alguns desejados, outros indesejáveis. Tal como resumo por Yina Li, o movimento ortodôntico dos dentes resulta de uma interação entre fenómenos físicos, baseados nas leis de Newton, e a remodelação biológica dos tecidos, que ativam recetores e cadeias de sinalização que conduzem a remodelação óssea (Li et al., 2018).

A superfície do alinhador cobre quase a totalidade da coroa dentária e com contactos íntimos, o que permite que este aparelho removível optimize o movimento. Este contacto perfeito permite uma transmissão das forças por uma ação direcionada e programável. Um novo alinhador posicionado na boca vai desenvolver uma força quase contínua cuja intensidade decresce rapidamente. Cada alinhador será usado 22 horas por dia, descontando as refeições e a escovagem dos dentes (Virdi, 2012).

Ao contrário dos aparelhos fixos, que utilizam fios e brackets para puxar os dentes para a sua nova posição, os alinhadores exercem uma pressão direta sobre os dentes para os "empurrar" na direção desejada. Tal como descrito por Putrino "The ability of an

invisible aligners to move teeth is given by the pressure exerted by the material on tooth” (Putrino et al., 2021).

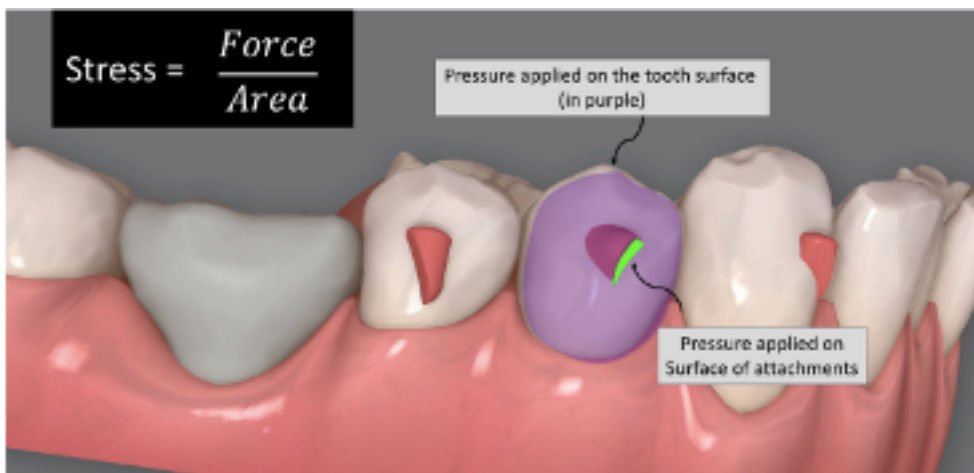


Figura 10- A pressão exercida pelo alinhador nas superfícies dentárias e nos attachments é destacada, ilustrando como a força é distribuída para deslocar os dentes de maneira controlada. (Upadhyay & Arqub, 2022)

2.1.6.1 Extrusão

O movimento de extrusão em ortodontia, é o processo pelo qual um dente se move verticalmente para fora do osso alveolar (Virdi, 2012).

Para a realização desses movimentos com CAT, utilizam-se frequentemente os attachments ovais horizontais para o movimento de egressão, pois são mais discretos do que os attachments retangulares horizontais, que também podem ser usados. Estes podem ser colocados nos incisivos para corrigir uma abertura anterior (Jedliński et al., 2023).



Figura 11- Rotação com extrusão e rotação com intrusão

(fonte: www.invisalign.com).

2.1.6.2 Intrusão

O de intrusão em ortodontia, refere-se ao deslocamento vertical de um dente para dentro do osso alveolar (Virdi, 2012).

O movimento é particularmente complexo porque contraria os processos fisiológicos naturais. No caso do alinhador, dispositivos auxiliares como mini implante e tração elástica podem ser usados antecipadamente.

Uma revisão sistemática da literatura conduzida por Maciej Jeldiński em 2023 mostra que as attachments horizontais retangulares ou chanfradas são eficazes para induzir o movimento de intrusão. No entanto, attachments de retenção são colocados nos dentes adjacentes àquela(s) que necessita(m) do movimento de intrusão, a fim de prevenir a deslocação do alinhador. Embora estes elementos de ancoragem sejam úteis para a intrusão, a sua visibilidade na face vestibular dos insíscivos pode afetar a estética e causar desconforto ao paciente, o qual deve ser previamente informado sobre esta possibilidade antes de iniciar o tratamento (Jedliński et al., 2023).

2.1.6.3 Rotação

Um movimento de rotação em ortodontia é o processo pelo qual um dente é rodado ou articulado em torno do seu eixo longitudinal para corrigir a sua orientação na arcada dentária (Al-Nadawi et al., 2021).

Normalmente, recorre-se as attachments verticais retangulares para efetuar o movimento rotacional. Esses attachments são essenciais para corrigir as rotações de dentes com forma anatomicamente arredondada, como os caninos e pré-molares. Trata-se de um movimento complexo, e o uso de dispositivos auxiliares, tais como elásticos intermaxilares ou correntes elastoméricas, pode ser necessário para iniciar o processo de derrotação (Nucera et al., 2022).

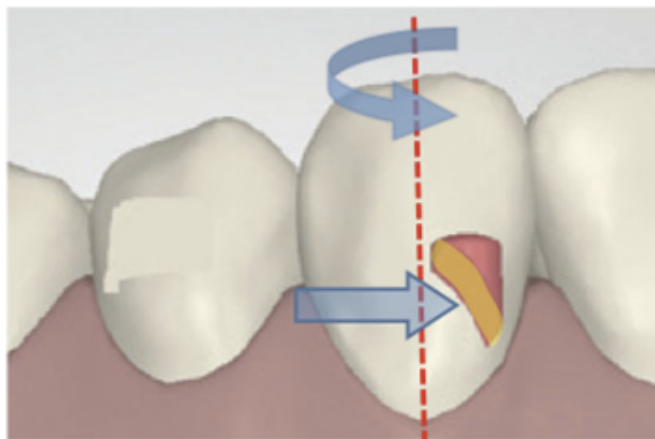


Figura 12 - Representações esquemáticas de um único attachment de precisão elipsoidal usado para realizar um movimento de rotação sobre uma canina. (adaptado de (Hennessy & Al-Awadhi, 2016a))

2.1.6.4 Translação

A translação em ortodontia é um tipo de movimento dentário onde um dente é deslocado de forma reta, mantendo a orientação ao longo do movimento. (Viridi, 2012)

Para realizar movimentos de translação com CAT, como no caso de fechar espaços após extrações, podem-se utilizar attachments retangulares verticais. É importante que a força ortodôntica seja aplicada o mais próximo possível do centro de resistência do dente ou que seja acompanhada por um momento de contra força, para evitar a inclinação dentária. Auxiliares como mini parafusos são estratégicos porque se aproximam do centro de resistência dos dentes e permitem a aplicação de forças com elásticos. Isso ajuda a controlar a inclinação da raiz durante o movimento, mantendo o paralelismo das raízes e evitando inclinações indesejadas (Hennessy & Al-Awadhi, 2016).

2.1.6.5 Torque

No tratamento com alinhadores transparentes, 'exercer um movimento de torque' em um dente é deslocá-lo no sentido vestibulo-lingual em torno do ponto central, de modo que a coroa e a raiz se movam em direções opostas (Hennessy & Al-Awadhi, 2016).

Para ajustar o torque dos incisivos, além de attachments otimizados, também se pode recorrer aos Power Ridges® da Invisalign®, que são reforços impressos nos alinhadores termoformados (Bouchez, 2019c).

Os alinhadores transparentes partilham o mesmo princípio biomecânico de movimento dentário que os outros aparelhos ortodônticos, mas devido à natureza elástica da sua margem gengival, podem ter dificuldades em controlar o movimento das raízes, o que pode ser atenuado pela utilização de "power ridges" (Jiang et al., 2021).

2.1.6.6 Paralelismo das raízes

O paralelismo das raízes é crucial em ortodontia para assegurar a estabilidade e a integridade estrutural dos dentes após o tratamento. Ajuda a prevenir a recidiva de mal posições dentárias e minimiza os riscos de danos aos tecidos de suporte, como a reabsorção óssea e a perda de ligação. Um alinhamento adequado das raízes também promove uma melhor distribuição das forças mastigatórias, contribuindo assim para a saúde global da articulação temporo-mandibular e dos dentes a longo prazo (Breckon, 2017).

Os attachments retangulares verticais e otimizados serão úteis para correções de angulação. Por exemplo: extração não compensada com méso-inclinação, visando a preparação para um local de implante ou prótese (Nanda et al., 2021).

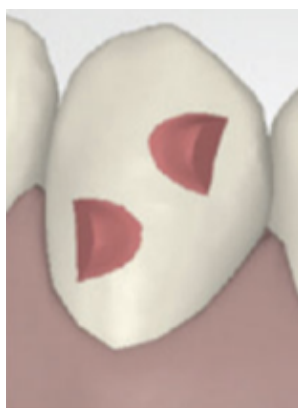


Figura 13- Attachments elipsoides de movimento radicular emparelhado (adaptado de (Hennessy & Al-Awadhi, 2016a))

2.1.7 Correção de maloclusões: a abordagem dos alinhadores

Segundo o artigo escrito por Upadhyay e al., em 2022, os alinhadores transparentes são utilizados para tratar várias maloclusões através de vários mecanismos. Para as mordidas profundas são usados três métodos principais: o efeito "watermelon seed effect", o alinhador pode induzir múltiplas forças de compressão na coroa dentária, causando a intrusão do dente; os "bite ramps", que incentivam a extrusão dos dentes posteriores; e o efeito "drawbridge effect", que corrige a sobremordida através da inclinação simples dos dentes anteriores. Para as mordidas abertas, os princípios são inversos, com a extrusão dos dentes anteriores e a intrusão dos dentes posteriores. O fechamento de espaços é feito principalmente através da inclinação dos dentes, facilitada pelos alinhadores. Finalmente, o controlo do torque das raízes e o fechamento de espaços necessitam de forças específicas e da utilização de attachments e "power ridges". No entanto, o movimento das raízes continua a ser difícil de realizar com os alinhadores devido às propriedades do material (Upadhyay & Arqub, 2022).

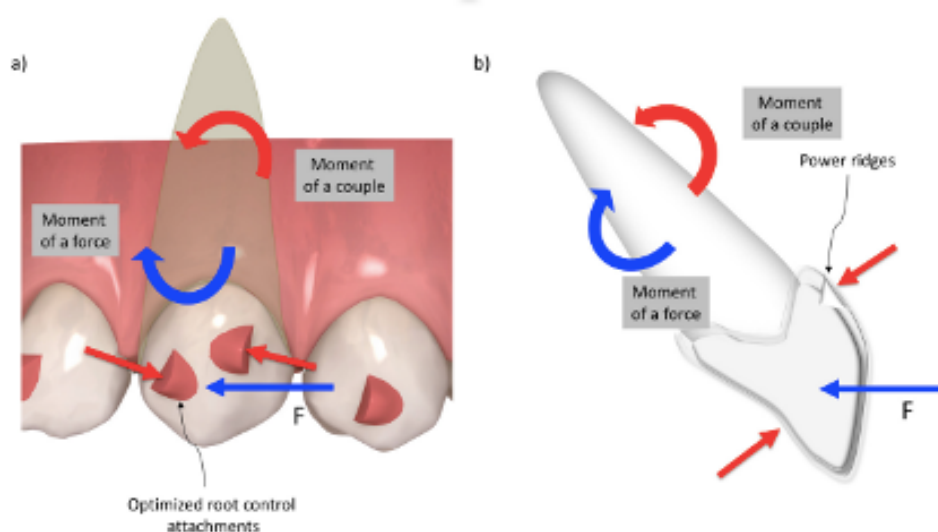


Figura 14 - a) mostra o controlo do movimento das raízes durante o fechamento do espaço, com attachments para aplicar um MoC na segunda ordem e (b) um controlo do terceiro ordem realizado com a ajuda dos "Power Ridges". (adaptado de (Upadhyay & Arqub, 2022)).

No que diz respeito ao apinhamento, Caruso e al. no seu estudo publicado em 2024, indicam que a melhor forma de resolver este problema é uma combinação de expansão e redução interproximal (IPR) para diminuir a pro inclinação incisiva. Baseiam-se no estudo de Duncan, publicado em 2016, que mostrou que o apinhamento dos dentes

do maxilar necessita, na maioria dos casos, de uma redução interproximal, enquanto para a mandíbula, 30% dos casos necessitam apenas de redução, 40% necessitam de protrusão dos incisivos e IPR, e 18% dos casos necessitam apenas de protrusão dos incisivos (Caruso et al., 2024; Duncan et al., 2016).

2.1.8 Vantagens & Desvantagens

Os alinhadores transparentes oferecem uma série de vantagens em relação aos aparelhos ortodônticos tradicionais, como mencionado em vários artigos científicos e livros: (Abu-Arquib et al., 2023; Bouchez, 2019)

- Estéticos devido à sua transparência.
- Confortáveis. (Azaripour et al., 2015)
- Melhor higiene oral. (Miethke & Brauner, 2007)
- Menos número de urgências
- Reduzem o tempo na cadeira do dentista.
- Melhoram a comunicação, o software ClinCheck® permite visualizar o resultado final do tratamento, o que motiva o paciente, como descrito por Chung How Kau em 2023.(Kau et al., 2023)
- Protegem contra o desgaste dentário em pessoas que sofrem de bruxismo.
- Permitem a utilização de produtos de branqueamento dentário, tal como descrito por Proffit no livro “Contemporary Orthodontics”. O uso de produtos de branqueamento é possível durante o tratamento, embora o movimento dos dentes provoque uma inflamação dos tecidos. A combinação desta inflamação com os produtos de branqueamento pode levar a um aumento da sensibilidade dentária. É por isso que se aconselha a realização do branqueamento dentário no aparelho de contenção uma vez que os movimentos dentários tenham sido realizados (Proffit et al., 2019).

Este novo sistema terapêutico também tem os seus inconvenientes. A fronteira entre limitação e desvantagem pode parecer estreita. O objetivo desta tese é realçar as limitações da movimentação dentária com alinhadores transparentes. Através da nossa pesquisa na literatura, identificámos outras limitações ou desvantagens:

- Custos de laboratório significativos (Zheng et al., 2017).

- Dependência do software e da experiência do médico:

A experiência do médico influencia diretamente a qualidade do planejamento do tratamento, a gestão das expectativas e a capacidade de realizar ajustes precisos, o que é crucial para o sucesso do tratamento com alinhadores transparentes (Nanda et al., 2021).

- Dependente da morfologia dentária:

A morfologia dentária pode limitar a eficácia de alinhadores transparentes, porque dentes curtos, de forma atípica ou com restaurações podem reduzir a aderência e a aplicação correta das forças necessárias para mover os dentes (Srivastava et al., 2017).

- Oclusão final posterior:

Bowman e Al, num estudo realizado em 2023, descreveram a mordida aberta oclusal posterior como uma complicação frequentemente relatada no tratamento com CAT, muitas vezes devido à espessura dos alinhadores que impede o desenvolvimento ideal do contato oclusal. Outros fatores podem também ser responsáveis tais como a abertura subótima da mordida, perda de torque dos incisivos ou perda de torque radicular bucal associada à expansão transversal. Soluções como o recurso a alinhadores adicionais, o uso de auxiliares, a sobre correção ou a integração de um contato oclusal forte no plano de tratamento digital são sugeridas para resolver o problema (Bowman et al., 2023).

- Colaboração do paciente:

A colaboração do paciente é essencial quando usa alinhadores, uma vez que o aparelho é removível e o paciente pode não cumprir com o seu uso, ao contrário do que acontece com um aparelho fixo. A motivação do paciente deve ser avaliada antes de iniciar este tipo de tratamento e a sua cooperação deve ser mantida durante todo o tratamento. Se o alinhador não for usado permanentemente (o seja 22h/24h), as forças intermitentes não serão tão eficazes como as forças contínuas, especialmente na presença de interferências oclusais. Num estudo de coorte retrospectivo conduzido em

2021, Timm e al, testaram a colaboração de 2644 doentes utilizando um questionário. Apenas 36% dos participantes testados (953/2544) apresentaram uma colaboração ótima (Timm et al., 2021).

2.1.9 Indicações & Contraindicações

Na literatura, não existe consenso sobre as indicações da tecnologia Invisalign®. De facto, Lagravère e al., em 2005, realizaram uma revisão sistemática da literatura para conhecer os efeitos dos tratamentos realizados com Invisalign®. A conclusão deles enfatizava a falta de provas científicas para estabelecer as indicações e limitações de tal técnica (Lagravère & Flores-Mir, 2005).

Joffe e al., no seu estudo de 2003, recomendam o uso de Invisalign® para o tratamento de maloclusões leves, incluindo sobreposições dentárias ou espaçamentos de maloclusões 1 a 5 mm, supra oclusões, bem como arcadas dentárias estreitas que não requerem expansão palatina rápida, e de retratamento ortodôntico (Joffe, 2003).

Proffit acrescenta que a intrusão de um ou dois dentes, o caso de extração de incisivo inferior e a perda de ancoragem das molares mandibulares também são aspetos a considerar (*Contemporary Orthodontics - 6th Edition, 2019.*).

Em 2007, Phan X indicou que o fechamento dos espaços resultantes de extrações seria particularmente difícil de realizar e ocorreriam inclinações mésio-distais nos pré-molares e caninos (Phan, 2007).

Em 2017, Srivastava e al. publicaram um artigo que resume as possibilidades e as diferentes características do tratamento com alinhadores transparentes. Eles definiram as indicações e contraindicações da seguinte forma (Srivastava et al., 2017).

Tabela 2- Indicações e contraindicações dos alinhadores transparentes em 2017 (Adaptado de (Srivastava et al., 2017)).

Indicações	Contraindicações
1. Problemas de ligeiro apinhamento e mau alinhamento (<5mm). Tratamento possível através de ligeira expansão lateral e/ou antero-posterior, com uma diminuição interproximal dos dentes, ou por extração de um incisivo inferior.	1. Dentes com apinhamento ou espaçamento de mais de 5mm.
2. Diastemas (<5mm)	2. Discrepâncias esqueléticas ântero-posteriores de mais de 2mm (medidas pelas relações dos caninos).
3. Sobremordida profunda (mal oclusões de Classe II divisão 2) que podem ser reduzidos por intrusão e avanço dos incisivos.	3. Discrepâncias entre a relação cêntrica e a oclusão cêntrica.
4. Arcadas estreitas que podem ser expandidas sem inclinar excessivamente os dentes.	4. Dentes fortemente rodados (mais de 20 graus).
5. Recidiva após terapia com aparelho	5. Mordidas abertas (anteriores e posteriores) que necessitam ser fechadas).
6. Rotações menores	6. Extrusão dos dentes.

Em 2018, Proffit e al., no seu livro "Contemporary Orthodontics", referiram que as extrusões dos incisivos, as rotações dos incisivos e caninos, e as translações dos molares são possíveis com o uso de attachments. Além disso, o fechamento do espaço resultante da extração de pré-molares, as correções das relações molares, bem como o tratamento de mordidas profundas e mordidas abertas podem ser realizados com modificações nos alinhadores e o uso de attachments. As principais contraindicações incluem tratamentos prolongados em crianças, rotações severas e caninos em posição elevada (Proffit et al., 2019).

2.2 Limitações dos alinhadores ao longo do tempo

O objetivo desta revisão da literatura é conhecer os principais movimentos realizados ou dificilmente realizados por alinhadores transparentes.

2.2.1 1998 – 2010

Os estudos conduzidos neste intervalo podem parecer pouco relevantes para uma análise atual, no entanto, são úteis para destacar a evolução da eficácia dos movimentos.

2.2.1.1 Limitações

Tabela 3- Limitações de 1998 até 2010.

Data Autor	Título Material e metodo	Resumo
2004	A retrospective evaluation of the effectiveness of the Invisalign® appliance using the PAR and irregularity indices.	- O índice PAR diminui de 0 a 30 antes do tratamento para 0 a 5 após. - Há uma diferença significativa para os problemas de overjet e de alinhamento anterior, mas nenhuma diferença significativa para correções nos planos vertical, ântero-posterior e transversal.
(Kamatovic, 2004)	- Estudo retrospectivo sobre 44 casos de má oclusão leve a moderada de Classe I, entre 2001 e 2002. - Os modelos foram avaliados antes e após o tratamento utilizando o Índice PAR. Os parâmetros medidos incluíram os movimentos dos setores anteriores maxilar e mandibular, as relações oclusais entre os setores, bem como a sobremordida, o recobrimento e a linha inter-incisiva. O índice de irregularidade de Little e as larguras inter-caninas e inter-molares também foram analisados.	-O Invisalign® corrige eficazmente o apinhamento leve a moderado, o overjet e o alinhamento anterior em Classe I, melhorando assim os problemas gerais (Medidos através do PAR). - Contudo, o aparelho é ineficaz para corrigir a mordida profunda e as anomalias oclusais nos planos ântero-posterior e transversal -O invisalign® aumenta as larguras intermolares e inter-caninas, o que pode comprometer a estabilidade do tratamento.
2005	Outcome assessment of Invisalign and traditional orthodontic treatment compared with the American Board of Orthodontics objective grading system	- O grupo Invisalign® perdeu 13 pontos OGS e tem uma pontuação 27% mais baixa que o tratamento fixo. - O score também foi inferior ao do tratamento fixo para as relações ântero-posteriores, o overjet, o torque e os contatos oclusais.
(Djeu et al., 2005)	- Estudo de coorte retrospectivo - Comparação de dois grupos de 48 pacientes (Invisalign® vs FA) através	

	da aplicação do OGS (Sistema de Classificação Objetiva) conduzido pelo American Board of Orthodontic.	- As forças do tratamento por alinhadores transparentes são: a capacidade de fechar diastemas, a correção das rotações anteriores e a altura das cristas marginais.
2005	The treatment effects of Invisalign orthodontic aligners	- Os autores concluíram que não é possível estabelecer conclusões definitivas sobre os efeitos do tratamento com Invisalign®.
(Lagravère & Flores-Mir, 2005)	- Revisão sistemática da literatura - Duas estudos foram selecionados para o análise, uma incluindo uma amostra de 38 pacientes e o outro uma amostra de 51.	
2008	Influence of attachments and interproximal reduction on the accuracy of canine rotation with Invisalign. A prospective clinical study	- Percentagem de correção da rotação canina de 35,8%. - Não há diferenças significativas entre o grupo com apenas attachments, com apenas stripping e o grupo sem attachment nem stripping para a correção da rotação canina. - Há uma melhor correção para o grupo apenas com stripping. - O attachment mais frequentemente utilizado é o "elipsoide vertical" (70,5%).
(Kravitz et al., 2008)	- Estudo clínico prospetivo - Os modelos virtuais TREAT de 53 caninos (33 maxilares e 20 mandibulares) de 31 participantes tratados com Invisalign® anterior foram analisados. Os modelos virtuais pré-tratamento da posição final prevista dos dentes foram sobrepostos aos modelos virtuais pós-tratamento usando o ToothMeasure®, o software de medição proprietário da Invisalign®. Uma ANOVA unidirecional comparou três modalidades de tratamento (Só attachments, só IPR, nenhum), e testes t de Student avaliaram a precisão média da rotação dos caninos entre as arcadas.	
2009	How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign.	- Média de 41% de precisão do movimento previsto. - O movimento mais preciso foi o movimento de constrição lingual (47,1%) (caninos mandibulares (59,3%) e incisivos laterais (54,8%)) assim como a rotação dos incisivos centrais maxilares (54,2%) (mas rotação dos caninos maxilares: 32,2%). - O movimento menos preciso foi a extrusão (29,6%) (incisivos centrais mandibulares (24,5%) e maxilares (18,3%)) assim como a versão méso-distal dos caninos mandibulares (26,9%). - A versão lingual dos dentes revelou-se mais precisa que a versão vestibular,
(Kravitz et al., 2009)	- Estudo prospetivo sobre 37 casos (401 dentes) com um apinhamento anterior inferior a 5mm, entre 2005 e 2006. - A quantidade de movimento prevista foi comparada com a quantidade de movimento obtido com o ToothMeasure® (propriedade da Invisalign®) através dos movimentos vestibulares, linguais, de intrusão, extrusão, versão méso-distal, versão vestibulo-lingual e rotação. - Os modelos previstos-obtidos foram superpostos sobre os seus dentes posteriores pré-molares e molares que	

	<p>não foram deslocados. A percentagem de precisão dos movimentos dentários foi calculada segundo a fórmula: $\% \text{ de precisão} = 100\% - (2 \text{ resultados previstos} - \text{resultados obtidos}) \times 100\% / \text{resultados previstos}$</p>	<p>especialmente para os incisivos (centrais maxilares e laterais).</p> <ul style="list-style-type: none"> - A rotação canina (30%) (o canino mandibular é o dente mais difícil de controlar) foi significativamente inferior à rotação dos outros dentes (com exceção dos incisivos laterais maxilares). A rotação do canino maxilar é reduzida para metade a partir de uma rotação $>15^\circ$. - Kravitz recomenda uma sobre-correção superior a 10% para a rotação dos caninos e pré-molares. - Invisalign® não é recomendado para a correção de sobremordida importantes. - Parece que a severidade da overjet anterior influencia o resultado. <p>Limitações: nenhuma sobre-correção foi realizada, nenhum auxiliar foi colocado e apenas 10 alinhadores foram usados durante o tratamento.</p>
--	---	---

2.2.1.2 Interpretação

Um dos primeiros trabalhos sobre o sistema Invisalign® é o artigo de Joffe e al., publicado em 2003. Baseando-se na sua experiência pessoal de 60 casos, o autor identifica três principais limitações deste método, das quais duas estão especificamente relacionadas com os movimentos dentários. Primeiramente, destaca-se uma limitação no controlo dos movimentos radiculares, incluindo o paralelismo das raízes, as rotações severas e a extrusão dos dentes. Em segundo lugar, aponta as limitações das correções intermaxilares, observando que as discrepâncias esqueléticas severas não podem ser corrigidas sem uma intervenção cirúrgica e/ou uma fase preparatória (Joffe, 2003).

Kamatovic em 2004 adicionou que o Invisalign® provou ser eficaz na correção de problemas leves a moderados de apinhamento, overjet e alinhamento anterior em casos de Classe I, refletindo uma melhoria geral nos problemas ortodônticos medidos pelo índice PAR. No entanto, o aparelho não foi eficaz para tratar mordida profunda e anomalias oclusais nos planos ântero-posterior e transversal (Kamatovic, 2004).

O artigo "The treatment effects of Invisalign orthodontic aligners: A systematic review" por Lagravere e Al, é uma revisão sistemática que analisou vários artigos

publicados antes de 2005. Os autores constataram que nenhuma conclusão definitiva poderia ser feita quanto aos efeitos do tratamento com os alinhadores ortodônticos Invisalign®. Os autores sugerem então a realização de futuros ensaios clínicos randomizados para justificar as afirmações sobre o tratamento com Invisalign® (Lagravère & Flores-Mir, 2005).

Em 2007, o Dr. Phan X publicou um artigo que sintetizava as pesquisas existentes sobre alinhadores transparentes. O artigo destacava as limitações dos alinhadores na correção de mal oclusões, provavelmente devido à ausência de mecanismos intermaxilares eficazes. O Dr. Phan X também mencionou os estudos de Womack e al., bem como de Boyd e al., que observaram uma intrusão dos dentes posteriores variando entre 0.25 mm e 0.5 mm no final do tratamento, um fenômeno atribuído à espessura do material dos alinhadores. Estes estudos sublinham os desafios específicos apresentados pelo uso de alinhadores transparentes em tratamentos ortodônticos complexos (Phan, 2007; Womack et al., 2002).

Em 2009, Kravitz realizou um estudo prospectivo para quantificar pela primeira vez a precisão dos movimentos dentários obtidos através de alinhadores transparentes. Concluiu que, em média, apenas 41% dos movimentos dentários planejados foram realizados com sucesso. Os movimentos mais facilmente alcançados foram a versão lingual e a rotação dos incisivos centrais maxilares. Por outro lado, os movimentos mais difíceis foram a extrusão e também a rotação dos caninos.

Durante a sua primeira década de uso, o tratamento com alinhadores transparentes revelou limitações significativas nos movimentos dentários, especialmente nas correções intermaxilares, nos planos vertical, ântero-posterior e transversal. As limitações mais notáveis estavam relacionadas aos movimentos radiculares, como rotações severas ou movimento de extrusão (Joffe, 2003; Kravitz et al., 2009).

Uma melhor compreensão dos mecanismos de tratamento e a otimização do uso de attachments poderiam ser aprimoradas. (Kravitz et al., 2008) O uso da terapia com alinhadores transparentes geralmente era recomendado para casos ortodônticos leves a moderados, envolvendo problemas de apinhamento, overjet, alinhamento anterior na Classe I, correção de Classe II div.2 quando a sobremordida pode ser reduzida pela

intrusão ou avanço dos incisivos (Kamatovic, 2004) (Phan, 2007). No entanto, devido à confiabilidade limitada dos estudos e à evolução contínua do sistema, recomenda-se a realização de novas pesquisas randomizadas (Lagravère & Flores-Mir, 2005).

2.2.2 2011 – 2020

2.2.2.1 Limitações

Tabela 4- Limitações de 2011 até 2019.

Data	Título	Resumo
Autor	Materiais e método	
2011	Accuracy of invisalign® treatments in the anterior tooth region	- O estudo foca-se na medição do overbite, do overjet e na localização da linha inter-incisiva.
(Krieger et al., 2011)	- Estudo de coorte retrospectivo de 35 pacientes. - Comparação com o software Toothmeasure® dos moldes pré- e pós-tratamento assim como os modelos ClinChecks® iniciais e finais.	- Desvios mínimos durante a transferência e conversão das mal oclusões dentárias para o Clincheck. - As correções dentárias no plano vertical são mais difíceis de obter em comparação com o overjet e a linha inter-incisiva.
2011	Self-ligating versus Invisalign: analysis of dento-alveolar effects	- O tratamento com Invisalign® realiza um alinhamento eficaz através do nivelamento das arcadas e da derrotação dos dentes.
(Pavoni et al., 2011)	- Estudo de coorte prospetivo - Este estudo comparou as mudanças na dimensão transversal e no perímetro da arcada maxilar entre brackets autoligáveis de baixa fricção e a técnica Invisalign® em 20 sujeitos com mal oclusão de Classe I e ligeiro apinhamento, avaliados no início (T0) e no final do tratamento (T1).	- No entanto, o Invisalign® pode inclinar as coroas, mas não é capaz de inclinar as raízes, o que resulta numa limitação das possibilidades de movimento dentário.
2012	Invisalign® treatment in the anterior region	- Os objetivos de alinhamento do setor anterior foram alcançados, mesmo nos casos de apinhamento severo.
(Krieger et al., 2012)	- Estudo de coorte retrospectivo de 50 pacientes. - Comparação dos moldes pré- e pós-tratamento assim como os modelos ClinChecks® iniciais e finais.	- Não foi revelada nenhuma diferença significativa entre os movimentos previstos e os realizados, exceto no caso da sobre mordida. - Krieger concluiu que os movimentos verticais são mais difíceis de realizar, necessitando do uso de meios auxiliares para os concretizar, como attachments, elásticos e sobre correções.

<p>2013</p>	<p>Assessment of Invisalign treatment outcomes using the ABO Model Grading System</p>	<p>- Houve uma melhoria significativa no escore total do MGS, no alinhamento e na inclinação vestibulo-lingual, mas não houve melhorias nos contatos oclusais posteriores e nas relações oclusais.</p>
<p>(Kassas et al., 2013)</p>	<p>- Foram identificados 425 casos tratados com Invisalign®, dos quais 119 preenchiam os critérios de inclusão com uma dentição permanente completa e uma pontuação DI entre 10 e 20, tratados integralmente sem extrações; desses, 31 possuíam registros completos pré e pós-tratamento avaliados através do MGS do American Board of Orthodontics, com comparação dos escores MGS pré e pós-tratamento usando o teste de Wilcoxon.</p>	<p>- A melhoria geral nos escores MGS sugere que os aparelhos Invisalign® são eficazes no tratamento de mal oclusões de leves a moderadas.</p>
<p>2014</p>	<p>Variables affecting orthodontic tooth movement with clear aligners</p>	<p>- 57% do movimento dentário planejado foi alcançado em 8 semanas.</p>
<p>(Chisari et al., 2014)</p>	<p>- Estudo de coorte prospectivo de 82 pacientes.</p> <p>- Foram utilizados alinhadores transparentes programados para deslocar um incisivo central em 1 mm ao longo de oito semanas. Trinta sujeitos, com idades entre 19 e 64 anos, foram incluídos no estudo, e as medições do movimento dentário alcançado foram feitas usando modelos digitais.</p>	<p>- Embora nenhuma correlação clara tenha sido estabelecida entre as variáveis examinadas</p> <p>- Foi encontrada uma correlação negativa significativa entre a eficácia do movimento dentário e a distância entre o ápice e o centro de rotação. Isso significa que quanto maior essa distância, menos eficaz é o movimento do dente.</p> <p>- A maior parte do movimento ocorre durante a primeira semana.</p>
<p>2014</p>	<p>Treatment outcome and efficacy of an aligner technique – regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization</p>	<p>- A eficácia média global do estudo foi avaliada em 59%, com a distalização da molar maxilar alcançando a maior precisão (88,4%), seguida do torque dos incisivos (50%) e da rotação dos pré-molares (42%).</p>
<p>(Simon et al., 2014)</p>	<p>- Este estudo retrospectivo examinou os movimentos dentários de 30 pacientes consecutivos tratados com Invisalign®, envolvendo torque de incisivos, derrotação de pré-molares e distalização de molares, com ou sem o uso de auxiliares, e comparou os movimentos dentários alcançados, medidos através de digitalização a laser dos modelos de gesso, com as previsões do ClinCheck®.</p>	<p>- Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos realizados com ou sem attachments: o uso de attachments para a distalização e de Power Ridge para o torque oferece ligeiras vantagens, mas não são estatisticamente significativas. O estudo também destaca a importância do staging no tratamento: a precisão diminui significativamente com um staging superior a 1,5° por alinhador ou além de 15° de rotação prevista, recomendando-se fortemente uma sobre correção para correções maiores.</p> <p>- Este estudo é limitado pelo seu foco em três tipos de movimentos num conjunto médio de 18 alinhadores. Tipicamente, um</p>

		número maior de alinhadores é usado, o que poderia aumentar a eficácia global ao distribuir melhor os movimentos ao longo do tratamento. Além disso, os pacientes deste estudo começaram o seu tratamento antes de 2013, usando o material Exceed30 (EX30), que é menos eficaz do que o material SmartTrack® (LD30) introduzido posteriormente.
2014	Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: A systematic review	- Os alinhadores são eficazes para corrigir intrusão anteriores, mas não são adequados para extrusão anteriores nem para rotações, especialmente aquelas de dentes de forma arredondada (pré-molar e canino). Assim, são apropriados para tratar leves supraoclusões, mas ineficazes para tratar mordida aberta anterior.
(Rossini et al., 2014)	- Revisão sistemática da literatura sobre 11 estudos entre 2000 e 2014.	- Permitem um controle eficaz da distalização de molares maxilares de pelo menos 1,5 mm e do torque posterior, mas não do torque anterior. - De acordo com os estudos analisados, o uso de todos os attachments, mesmo não otimizados, contribuiu para melhorar os movimentos dentários. - Os alinhadores não são eficazes por si só e requerem o uso de dispositivos auxiliares, tais como attachments, elásticos, modificações no alinhador, etc., para melhorar o seu desempenho. - Os estudos apresentam uma qualidade insuficiente e um risco de viés.
2017	Predictability of orthodontic movement with orthodontic aligners: a retrospective study	- Entre os três tipos de movimentos estudados, o movimento méso-distal foi o mais preciso com uma taxa de 82,5%, seguido pelo movimento vestibulo-lingual com 72,9% e a rotação com 66,8%. A precisão média geral calculada para todos os movimentos de todos os dentes foi de 73,6%.
(Lombardo et al., 2017)	- Neste estudo, 16 adultos foram selecionados e 345 dentes analisados através do software VAM para comparar os modelos pré-tratamento, ideais e reais. O estudo avaliou a rotação, a inclinação méso-distal e vestibulo-lingual de cada dente, analisando o erro médio e a precisão dos movimentos por tipo de dente.	- Em termos de tipos de dentes, a rotação das caninas mandibulares apresentou a menor precisão com 54,2%, enquanto o tip méso-distal das molares maxilares e dos pré-molares mandibulares foi o mais preciso, alcançando, respetivamente, 93,4% e 96,7%.
2018	Accuracy of clear aligners: A retrospective study of patients who needed refinement	- Não foram detetadas diferenças significativas entre os movimentos horizontais previstos e realizados dos dentes.

(Charalampakis et al., 2018)	<p>- O estudo incluiu 20 pacientes adultos de Classe I tratados com Invisalign® que completaram a sua primeira série de alinhadores e necessitaram de uma série de "refinamento". Os modelos iniciais e previstos foram obtidos através do ClinCheck® inicial, e os modelos realizados foram criados a partir do ponto de partida do ClinCheck® de refinamento, com sobreposição dos modelos previstos e realizados sobre os dentes posteriores usando o software de análise de imagem 3D de código aberto, Slicer CMF.</p> <p>- 398 dentes foram medidos para movimentos verticais, horizontais, rotacionais e larguras transversais, comparando a quantidade de movimento dentário prevista com a realizada.</p>	<p>-No entanto, as rotações efetuadas e os movimentos verticais mostraram-se significativamente diferentes do previsto.</p> <p>- As rotações dos caninos e as intrusões dos incisivos foram os movimentos com menor precisão, sugerindo que uma sobre correção desses movimentos poderia diminuir a necessidade de séries de refinamento subsequentes.</p>
2019	A Prospective Comparative Study between the Software Models and Clinical Models of Clear Aligner Treatment	<p>- A precisão média alcançada foi de 78%.</p> <p>- Os modelos de software (planeamento digital) sobrestimaram o alinhamento e a resolução do apinhamento em comparação com os atuais modelos (em boca do paciente).</p>
(Izhar et al., 2019)	<p>- A amostra do estudo incluiu 10 casos de ligeiro apinhamento anterior tratados com terapia de alinhadores. O modelo virtual da posição dentária prevista foi sobreposto ao modelo virtual da posição dentária alcançada em várias etapas do tratamento, utilizando o software MeshLab®, focando-se nos dentes posteriores fixos. A quantidade de movimento dentário prevista foi comparada com a quantidade de movimento dentário efetivamente realizada.</p>	<p>-Assim sendo há uma necessidade de sobre correção (hipercorreção) a ser contruído no planeamento do tratamento em si</p>

2.2.3 Limitações de 2020 até dias de hoje

Tabela 5- Limitações de 2020 até dias de hoje

Data	Título	Resumo
Autor	Materiais & método	
2020	Has Invisalign improved? A prospective follow-up study on the efficacy of tooth movement with Invisalign	- A precisão média geral para todos os movimentos foi de 50%, com a maior média para a inclinação vestibulo-lingual (56%) e a

(Haouili et al, 2020)	<p>- Este estudo clínico prospectivo incluiu 38 pacientes tratados com Invisalign Full ou Invisalign® Teen, onde todos os dentes, do incisivo central até ao segundo molar, foram medidos em modelos digitais criados a partir de digitalizações intraorais. Os valores previstos e alcançados foram determinados superpondo os modelos ClinCheck® iniciais e finais, e os modelos digitais pós-tratamento, com uma análise de melhor ajuste e medidos usando o software compare (versão 8.1; GeoDigm, Falcon Heights, Minn), estudando vários movimentos dentários como a inclinação méso-distal, vestibulo-lingual, extrusão, intrusão, e rotação méso-distal.</p>	<p>menor para a rotação (46%) (movimento sempre difícil para dentes redondos)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Baixa eficácia para a rotação distal do canino (37%), a intrusão das incisivas centrais maxilares e mandibulares (33 e 34%) e a rotação mesial da 1ª molar mandibular (28%). - O movimento mais preciso é o movimento lingual das incisivas laterais maxilares com 70% do resultado previsto realizado. - A extrusão das incisivas e a intrusão das molares são melhoradas, mas a intrusão das incisivas e a extrusão das molares continuam difíceis. Isso sugere que o Invisalign® seria mais eficaz no fechamento de diastemas do que no tratamento de supra oclusões. - Apesar de uma clara melhoria na eficácia desde estudos antigos (cf. Kravitz 2009), as forças e fraquezas da técnica permanecem mais ou menos as mesmas. - O método de medição utilizado poderia subestimar a eficácia, portanto, uma média de 50% seria um mínimo.
2021	Effect of clear aligner wear protocol on the efficacy of tooth movement: A randomized clinical trial.	<ul style="list-style-type: none"> - O estudo revelou que os três grupos alcançaram resultados clínicos semelhantes. - Diferenças foram observadas apenas em alguns movimentos posteriores, como a intrusão do maxilar superior, a inclinação distal da coroa e o torque lingual.
(Al-Nadawi et al., 2021)	<p>- 80 pacientes foram divididos aleatoriamente em três grupos para comparar os efeitos das frequências de troca de alinhadores: 7, 10 e 14 dias. As digitalizações pós-tratamento e as simulações de tratamento finais foram comparadas, analisando discrepâncias em seis dimensões angulares e seis lineares. Diferenças superiores a 0,5 mm e 0,28 graus foram consideradas clinicamente significativas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Dentistas podem considerar um protocolo de tratamento de 14 dias para realizar movimentos posteriores.
2021	A cone-beam computed tomographic study evaluating the efficacy of incisor movement with clear aligners: Assessment of incisor pure tipping, controlled tipping, translation, and torque	<ul style="list-style-type: none"> - A precisão média dos movimentos dos incisivos no plano sagital era de 55,8%. - O movimento mais preciso foi o tipping puro com 72,48% e o menos preciso foi o Torque com 35,1%.
(Jiang et al., 2021)	<p>- Este estudo clínica retrospectiva avaliou a eficácia dos movimentos dos incisivos em 69 pacientes (231 incisivas) usando alinhadores transparentes, analisando</p>	<ul style="list-style-type: none"> - O movimento lingual das raízes é significativamente mais complexo do que o vestibular.

	<p>movimentos como inclinação, translação e torque. Foram realizados scans de CBCT antes e depois do tratamento para obter uma indicação realista da posição das raízes. Os movimentos foram comparados através da sobreposição dos dois modelos e analisados com testes estatísticos como Kruskal-Wallis e Shapiro-Wilk.</p>	<p>- O movimento vestibular das raízes foi mais significativo nos dentes mandibulares do que nos maxilares.</p>
2022	<p>Accuracy evaluation of orthodontic movements with aligners: a prospective observational study</p>	<p>- Neste estudo, a análise revelou que a versão vestibulo-lingual é o movimento mais previsível, alcançando uma precisão de 95.25%.</p>
(Bilello et al., 2022)	<p>- Este estudo observacional prospectivo envolveu 10 pacientes tratados com o sistema ortodôntico invisível Invisalign®, avaliando 215 dentes através da análise de modelos digitais desde o pré-tratamento até ao pós-tratamento real e ideal.</p> <p>- O tratamento incluiu attachments otimizados e técnicas como redução interproximal, além do uso de auxiliares como rampas de mordida e elásticos, adaptados às necessidades individuais de cada caso. Após a conclusão do primeiro conjunto de alinhadores, cada caso clínico foi reavaliado e, se necessário, ajustes foram feitos usando uma nova simulação ClinCheck® e alinhadores de "refinamento" adicionais para atingir os objetivos do tratamento.</p>	<p>- A intrusão segue com uma precisão média de 93.25%, enquanto a rotação regista uma pontuação média de 86%.</p> <p>- Entre os movimentos analisados, a rotação de pré-molares, caninos e incisivos laterais mostrou-se a menos realizável, com a primeira pré-molar mandibular apresentando o percentual mais baixo de 70.4%.</p> <p>- Nota-se que a intrusão é muito precisa até um limite de 2mm, após o qual a precisão diminui significativamente. Este fenómeno pode explicar a taxa de sucesso muito alto, visto que a maioria das intrusões realizadas não ultrapassa esse limite.</p> <p>- Os resultados deste estudo superam em muito os de estudos anteriores, principalmente devido à implementação de uma fase de correção ou refinamento, com uma média de 25 alinhadores de refinamento, correspondendo a 175 dias de tratamento adicional.</p> <p>- No entanto, o autor identifica que as principais limitações deste estudo residem no seu pequeno tamanho de amostra, limitado a 10 pacientes, e na exclusão de casos complexos, especialmente aqueles que envolvem movimentos complexos de dentes posteriores.</p>
2022	<p>Evaluation of Tooth Movement Accuracy with Aligners: A Prospective Study</p>	<p>- Inclinação do segundo molar: Este movimento apresenta a maior incerteza, com apenas 55,1% dos movimentos previstos efetivamente concluídos.</p>
(D'Antò et al., 2022)	<p>- Neste estudo prospectivo, dezassete pacientes, com uma idade média de 28,3 anos, participaram no estudo, que analisou movimentos de torque, inclinação e rotação em 238 dentes</p>	<p>- Rotação do incisivo central: Este movimento destaca-se pela sua precisão, sendo o mais preciso entre os movimentos estudados.</p>

	<p>maxilares. Estes movimentos foram avaliados usando modelos digitais em três fases: pré-tratamento (T0), após 15 fases de tratamento (T15) e na fase 15 planejada virtualmente (T15i). O estudo comparou os movimentos dentários prescritos com os resultados clínicos reais, e os valores de desempenho foram calculados. A comparação entre as posições planejadas e alcançadas foi realizada usando o teste t de Student, com um nível de significância estabelecido em $p < 0,05$.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Torque e rotação: Estes movimentos mostram uma taxa elevada de desvios em relação às previsões iniciais. - Anatomia dentária: A precisão dos movimentos ortodônticos é significativamente influenciada pela anatomia específica dos dentes. - Este estudo destaca as variações possíveis entre as previsões do Clincheck® e os resultados clínicos observados no estágio 15 do tratamento com alinhadores transparentes. Estas divergências sublinham a importância de um refinamento do diagnóstico, exigindo um acompanhamento preciso dos pacientes e a experiência do praticante. Uma monitorização atenta e uma experiência acrescida são essenciais para otimizar os resultados clínicos e satisfazer as expectativas dos pacientes.
2023	Effectiveness and predictability of treatment with clear orthodontic aligners: A scoping review	- A inclinação bucolingual é o movimento mais preciso, provavelmente devido à direção da força lingual exercida pelos alinhadores transparentes.
(Muro et al., 2023a)	- A revisão sistemática da literatura permitiu selecionar e incluir 33 estudos relevantes de um total inicial de 1 553 artigos. Os estudos incluídos estão divididos em cinco categorias principais: eficácia, previsibilidade dos movimentos individuais, expansão, correção da sobre mordida e tratamento ortodôntico geral com alinhadores transparentes. A maioria dos estudos era observacional, e uma parte significativa utilizava o sistema Invisalign®.	<ul style="list-style-type: none"> - As rotações méso-distais, especialmente nos dentes redondos e curtos, bem como a extrusão e a intrusão, são os movimentos menos previsíveis. - A expansão transversal aumentou ao longo dos anos, embora isso se deva principalmente a uma predominância da inclinação das coroas. - A correção da sobre mordida é proporcional à severidade da má oclusão inicial, embora ainda pareça limitada. - O tratamento com alinhadores transparentes é eficaz para resolver problemas de alinhamento ligeiros a moderados. - Nenhum consenso pode ser estabelecido atualmente, sublinhando a necessidade de realizar mais estudos rigorosos.
2023	Predictability of orthodontic tooth movement with aligners: effect of treatment design	- A quantidade de sobre correção para casos leves a moderados foi identificada.
(Castroflorio et al., 2023)	- Estudo prospetivo com uma amostra de 79 pacientes, com dentição permanente completa (exceto o 3º molar) e mal oclusões de Classe 1 ou 2 leves, sem necessidade de cirurgia. Os	<ul style="list-style-type: none"> - A versão méso-distal e a rotação dos dentes arredondados são insatisfatórias; são necessárias mais pesquisas em biomecânica sobre esta área. - Os movimentos verticais para os molares ainda são limitados.

	<p>pacientes receberam tratamento com Invisalign®. Os modelos virtuais e clínicos foram comparados utilizando o software Geomagic Qualify, seguido de uma análise estatística dos resultados.</p> <p>- Os três objetivos do estudo são os seguintes: 1 - Identificar os movimentos menos previsíveis. 2 - Avaliar a eficácia dos attachments. 3 - Analisar a influência dos dados demográficos.</p>	<p>- Novos attachments devem ser definidos para melhorar a rotação e os movimentos verticais de certos dentes.</p> <p>- A perda de informação do alinhador aumenta nas partes distais.</p> <p>- Os movimentos do segundo molar são frequentemente insatisfatórios; são necessárias pesquisas sobre o termoplástico utilizado.</p> <p>- Um protocolo de 7 dias é suficiente para movimentos simples, enquanto um uso de 14 dias é necessário para movimentos mais complexos.</p> <p>- Apesar de algumas limitações, os resultados clínicos do tratamento com alinhadores transparentes são satisfatórios. Não existe um tratamento ortodôntico perfeito.</p>
<p>2024</p>	<p>An evaluation of the Invisalign® Aligner Technique and consideration of the force system: a systematic review</p>	<p>- A eficácia média do tratamento com alinhadores transparentes aumentou de 41% para 50% entre 2009 e 2020, graças ao aparecimento das tecnologias SmartTrack e dos attachments otimizados.</p>
<p>(Caruso et al., 2024)</p>	<p>Uma revisão sistemática da literatura foi realizada entre 2011 e 2023, utilizando as bases de dados MEDLINE, Embase, Cochrane Library e CENTRAL. Entre os 2 384 estudos identificados, 24 foram selecionados.</p>	<p>- O movimento mais preciso é a constrição lingual, devido à maior superfície de contacto das faces vestibulares e linguais.</p> <p>- Dificuldades são frequentemente encontradas ao nível do segundo molar, devido ao tamanho da coroa e à posição terminal do dente no alinhador.</p> <p>- As rotações dos dentes arredondados melhoraram, mas ainda apresentam limitações.</p> <p>- A rotação mesial é mais eficaz do que a rotação distal.</p> <p>- A qualidade da rotação diminui significativamente após os 15°.</p> <p>- Os movimentos menos eficazes são a rotação mesial do primeiro molar mandibular (28%), a rotação distal do canino maxilar (37%) e a intrusão dos incisivos mandibulares (35%).</p> <p>- A dificuldade na intrusão do incisivo mandibular pode ser explicada pela falta de ancoragem posterior.</p>

		<ul style="list-style-type: none"> - Sendo a intrusão do molar mais fácil do que a do incisivo, o sistema de alinhadores transparentes é mais eficaz na correção de uma mordida aberta em comparação com uma sobre mordida. - No final do tratamento, a posição dos incisivos é quase sempre mais oclusal do que o previsto. - As rotações dos pré-molares e o torque dos incisivos não são completamente resolvidas. - Nos movimentos sagitais, é aconselhável não exceder os 2-3 mm de distalização molar. - Ainda existe uma falta de provas de alta qualidade sobre as modalidades de tratamento. - Quase todos os estudos apresentam vieses.
--	--	---

2.2.3.1 Discussão

Assim, os estudos incluídos permitem analisar a eficácia dos movimentos realizados pelos alinhadores, a sua evolução, e identificar mais precisamente os movimentos suscetíveis de encontrar dificuldades. Isto permite evidenciar as limitações do tratamento no que diz respeito aos movimentos dentários.

Ao longo dos últimos vinte anos, os estudos concentraram-se na melhoria dos sistemas de alinhadores transparentes, comparando principalmente os modelos virtuais com os resultados clínicos finais.

Geral

Na totalidade dos estudos analisados, a oclusão geral dos pacientes foi melhorada. Quer seja uma melhoria da pontuação oclusal (Kamatovic, 2004; Kassas et al., 2013), quer pela avaliação da eficácia dos movimentos gerados pelos alinhadores.

Num estudo prospetivo de 37 pacientes, Kravitz em 2009 avaliou a eficácia dos movimentos dos dentes anteriores com uma média geral de 41%. O movimento mais preciso foi a constrição lingual, enquanto o menos eficaz foi a extrusão do incisivo, seguida da rotação do canino (Kravitz et al., 2009).

Haouili e Kravitz et al., no seu estudo de 2020, nota um aumento da eficácia média para 50%. Ele confirma as observações do artigo prévio de 2009 de Kravitz: o movimento mais preciso continua a ser a constrição vestibulo-lingual da coroa, enquanto o movimento mais complexo é a rotação. É essencial referir que 74% dos casos aprovavam no exame da ABO, o que indica que, apesar da limitação de movimentação do sistema, os casos foram bem tratados. Os autores indicam que o método de medição dos dados pode subestimar os resultados; o limiar de 50% representa, portanto, a eficácia mínima observada. Além disso, este estudo leva em conta todos os dentes, sendo os movimentos geralmente mais complexos no setor posterior. Observa-se assim uma melhoria real na terapêutica com alinhadores transparentes (Haouili et al., 2020).

Os diferentes estudos conduzidos por Papadimitriou, Kravitz e Krieger concluem que os alinhadores são eficazes no tratamento de más oclusões leves a moderadas, permitindo alcançar os objetivos de alinhamento necessários, bem como o nivelamento das cristas marginais (Kravitz et al., 2009; Krieger et al., 2012; Papadimitriou et al., 2018; Pavoni et al., 2011).

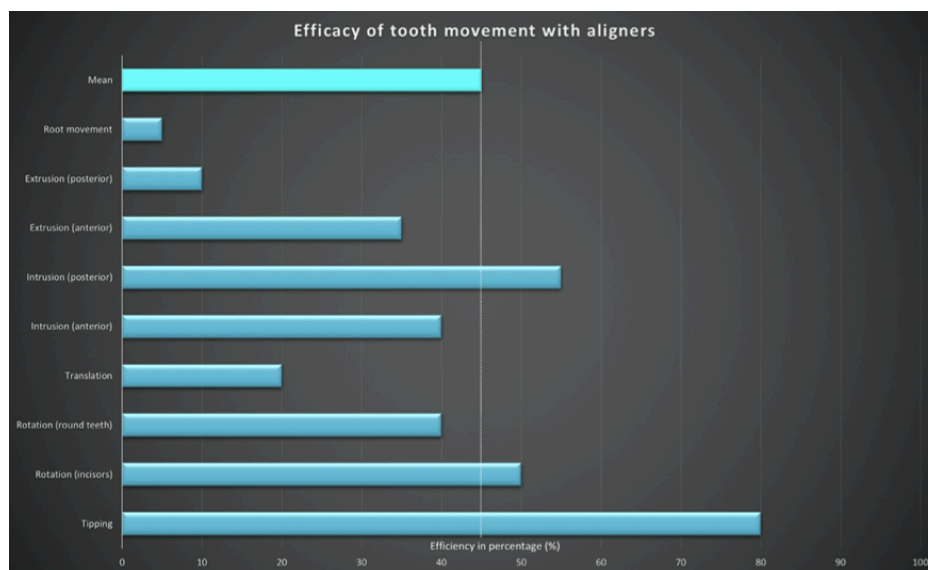


Figura 15- Eficácia dos alinhadores (%) para diferentes tipos de movimento dentário. Este gráfico foi construído para aproximar o consenso da literatura disponível sobre a eficácia dos alinhadores na movimentação dos dentes. (Upadhyay & Arqub, 2022)

Movimento de Rotação

Desde 2009, Kravitz declara que a rotação, e particularmente a rotação do canino (30%), é um movimento complexo e foi significativamente inferior à rotação dos outros dentes. Ele recomenda uma sobre correção de 10° para ultrapassar o problema e nota também que a eficácia da rotação além de 15° é reduzida para metade (Kravitz et al., 2009).

Num estudo retrospectivo com 30 pacientes, Simon e al. revelam que o movimento menos bem-sucedido é a rotação dos pré-molares, com uma eficácia de apenas 42%, embora a eficácia geral seja de 59%. Simon indica também que os resultados diminuem significativamente quando o estágio excede 1,5° por alinhador ou quando a rotação prevista excede 15° (Simon et al., 2014).

Vários outros estudos confirmam que o movimento de rotação é o mais complexo com o tratamento por alinhadores transparentes, especialmente a rotação dos dentes arredondados, como evidenciado pelos seguintes estudos: a revisão sistemática de Rossini e al. em 2014, o estudo de Lombardo e al. em 2017 com uma eficácia de 66% para a rotação, sendo a mais baixa a das caninas mandibulares com 54,2%, o estudo de Charalampakis e al. em 2018, o de Haouili e al. em 2020, o estudo de Bilello e al. em 2022, e o de Muro e al. Em 2023 (Bilello et al., 2022; Charalampakis et al., 2018; Haouili et al., 2020; Lombardo et al., 2017; Muro et al., 2023a; Rossini et al., 2014).

Num estudo realizado em 2018 com 20 pacientes, Charalampakis, assim como Kravitz, sugere uma sobre correção dos movimentos de rotação a fim de diminuir a necessidade de alinhadores adicionais pós-tratamento (Charalampakis et al., 2018).

As rotações são sempre significativamente menos precisas do que as previstas. O estudo de Haouili em 2020 avalia a precisão das rotações em 46%: isto implica a perda de metade da informação (Haouili et al., 2020).

Num estudo com 79 pacientes, Castroflorio observa que o movimento de rotação para os incisivos e molares, em particular o primeiro molar, é previsível e eficaz. Em concordância com estudos anteriores, a rotação dos dentes arredondados continua a ser

complexa. No entanto, foi observado que, com a incorporação de novos attachments otimizados, a rotação do canino mandibular era mais eficaz do que a dos outros dentes arredondados. Castroflorio conclui que a compreensão da biomecânica desses dentes e a utilização adequada dos attachments podem ser melhoradas (Castroflorio et al., 2023).

A revisão da literatura realizada por Caruso e al. em 2024 conclui que a realização da rotação, especialmente a dos dentes arredondados, progrediu nos últimos anos, mas ainda representa um dos maiores desafios no tratamento com alinhadores transparentes (Caruso et al., 2024).

Movimento Vertical

Desde 2003, Joffe evidenciou que um dos principais problemas do tratamento com alinhadores transparentes seria a capacidade de gerir os movimentos radiculares, como as rotações severas mencionadas anteriormente, e os movimentos verticais (Joffe, 2003).

Em 2009, Kravitz acrescentou que o movimento menos eficaz é a extrusão (29,6%) e que o tratamento com alinhadores transparentes não é indicado para a correção de problemas verticais importantes. Num estudo de coorte retrospectivo com 35 pacientes, Krieger observou que as correções dentárias são mais difíceis no plano vertical. Um ano mais tarde, num estudo com 50 pacientes, verificou que quase todos esses movimentos foram corretamente realizados, exceto no caso da sobremordida. Ele concluiu que a correção da sobremordida necessita da utilização de meios auxiliares (Kravitz et al., 2009).

Rossini, em 2014, é o único autor que, através da sua revisão sistemática da literatura, conclui que os alinhadores transparentes são eficazes para corrigir as intrusões anteriores e recomenda o sistema para o tratamento das supra oclusões ligeiras (Rossini et al., 2014).

Em contrapartida, no seu estudo prospetivo com 38 pacientes, Haouili e Kravitz et al afirmam que as extrusões dos incisivos (55%) e as intrusões dos molares (44%) melhoraram, mas que são as intrusões dos incisivos (33%) e as extrusões dos molares (40,3%) que realmente apresentam problemas. O sistema de alinhadores transparentes

seria mais eficaz para tratar a correção da mordida aberta do que a supraclusão (Haouili et al., 2020).

Num estudo com 20 pacientes, Charalampakis declarou que a intrusão dos incisivos é muito imprecisa, 26%, o que indica uma perda de $\frac{3}{4}$ da informação. No que diz respeito à extrusão, Charalampakis e Haouili concordam que é um movimento eficaz. O aparecimento dos attachments otimizados de extrusão e o aumento do conhecimento em biomecânica permitiram a melhoria deste movimento (Charalampakis et al., 2018; Haouili et al., 2020).

Os estudos de Billelo em 2022, de Castroflorio em 2023, e de Caruso em 2024 confirmam as observações de Haouili. Embora o movimento continue limitado e a correção da sobre mordida seja proporcional à severidade inicial, é mais fácil corrigir uma mordida aberta do que uma supraoclusão severa (Billelo et al., 2022; Caruso et al., 2024; Castroflorio et al., 2023).

Torque

O primeiro estudo sobre o movimento de torque foi realizado por Djeu e al. em 2005. Eles indicaram um resultado significativamente inferior em comparação com os resultados obtidos com a técnica fixa (Djeu et al., 2005).

Em 2011, Pavoni e al., através do seu estudo de coorte prospetivo com 30 pacientes, concluíram que o sistema Invisalign® pode inclinar as coroas dentárias, mas não é eficaz no movimento das raízes. Isto limita a possibilidade de realizar certos movimentos dentários (Pavoni et al., 2011).

Num estudo retrospectivo com 30 pacientes, Simon e al. declararam que o torque é realizado com uma eficácia de 50%, o que significa que metade da informação é perdida. Rossini et al., no mesmo ano, acrescentaram que os alinhadores transparentes são eficazes no controlo do torque posterior, mas não no torque anterior (Simon et al., 2014).

Em 2021, Al-Nadawi conduziu um estudo com 80 pacientes apresentando uma má oclusão semelhante, dividindo a amostra em três grupos para testar a mesma goteira

com diferentes intervalos entre cada alinhador (7, 10, 14 dias). Os resultados clínicos foram semelhantes para a maioria dos movimentos, exceto para a intrusão, a versão distal da coroa dos molares e o torque. Ele concluiu que esses movimentos são mais complexos e necessitam de uma abordagem terapêutica adaptada (Al-Nadawi et al., 2021).

No mesmo ano, Jiang e al., no seu estudo retrospectivo com 69 pacientes, declararam que o movimento das incisivas menos eficaz no plano sagital é o torque, com um resultado de 35% (Jiang et al., 2021).

D'Antò e al., num estudo realizado em 2022, também afirmaram que os movimentos de torque e de rotação apresentam uma diferença significativa em relação aos modelos virtuais (D'Antò et al., 2022).

Na sua revisão sistemática da literatura, Caruso e al. também concluíram que o movimento de torque dos incisivos não é completamente eficaz. Em concordância com o estudo de Charalampakis, os autores declararam que os incisivos centrais e laterais, assim como os molares, apresentaram um torque mais acentuado na face lingual da coroa. Isso pode ser devido à incapacidade dos alinhadores de expressar totalmente o torque especificado no plano de tratamento virtual, agravada por limitações biológicas, como a proximidade das raízes dos molares à placa cortical da mandíbula (Caruso et al., 2024; Charalampakis et al., 2018).

Movimento Horizontal

A maioria dos estudos concorda que os deslocamentos horizontais, como o tipping méso-distal, ou o tipping vestibulo-lingual são os movimentos mais eficazes com o tratamento por alinhadores transparente (Bilello et al., 2022; Caruso et al., 2024; Charalampakis et al., 2018; Chisari et al., 2014; Haouili et al., 2020; Jiang et al., 2021; Kassas et al., 2013; Kravitz et al., 2009; Krieger et al., 2012; Lombardo et al., 2017; Simon et al., 2014).

No seu estudo de 2009, Kravitz indica que o movimento mais preciso é a contração lingual com 47,1%, seguido do tipping vestibular com 40%. Haouili, em 2020, mostra

resultados superiores, mas em concordância com o estudo de Kravitz, com uma contração lingual a 57% e um tipping vestibular a 54% (Haouili et al., 2020; Kravitz et al., 2009).

Caruso e al. confirmam no seu artigo que o tipping lingual é o movimento mais eficaz devido à maior superfície de contato entre o alinhador e os dentes. Muro et al. já tinham mencionado isso um ano antes, indicando que isso resultaria das forças linguais exercidas pelos alinhadores (Caruso et al., 2024; Muro et al., 2023b).

O movimento de tipping méso-distal também é considerado muito preciso. De acordo com o estudo de Lombardo e al., em 2017, é o movimento mais preciso (82,5%), com bons resultados também para a versão vestibulo-lingual (72,5%) (Lombardo et al., 2017).

No entanto, um estudo realizado em 2023 por D'Antò e al. indica que o tipping méso-distal e vestibulo-lingual do segundo molar é o movimento que apresenta mais incerteza. No mesmo ano, Castroflorio conclui que os alinhadores mostram uma perda de informação distal. Em outras palavras, quanto mais distal é o dente, menos eficazmente a informação é transmitida (D'Antò et al., 2022).

A última revisão sistemática conduzida por Caruso e al. revela que muitas dificuldades são encontradas ao nível do segundo molar, devido ao tamanho da sua coroa, muitas vezes pouco erupcionada, e à sua posição terminal no alinhador. Eles concluem que são necessárias mais pesquisas sobre os materiais utilizados e um aprofundamento dos conhecimentos biomecânicos sobre este dente (Caruso et al., 2024).

Distalização Molar

O estudo de Simon e al. assim como de Lombardo e al. indicam que a distalização molar é também um movimento preciso, com percentagens de eficácia respetivamente de 88,4 % e 93,4 % (Lombardo et al., 2017; Simon et al., 2014).

Rossini e al., em 2014, afirmam que o movimento é eficaz até 1,5 mm. Por seu lado, Caruso, a partir do seu estudo, afirma que o movimento é realizável facilmente até 2-3 mm (Caruso et al., 2024).

Expansão

A expansão é um dos movimentos mais precisos, por vezes até excessivamente, o que pode comprometer a estabilidade do tratamento, como testemunha o estudo de Kamatovic em 2004. Charalampakis concluiu que a expansão mandibular é mais precisa (96 %) do que a do maxilar (77,5 %) (Charalampakis et al., 2018; Kamatovic, 2004).

Muro et al., na sua revisão sistemática da literatura, revelaram que a expansão transversal aumentou ao longo dos anos, mas que essa expansão se deveu principalmente a uma predominância de inclinação das coroas em vez de uma expansão real (Muro et al., 2023b).

É importante destacar que a grande maioria dos estudos foi realizada sem a fase de acabamento, respeitando o Clincheck inicial sem modificações, sem redução do esmalte interproximal nem sobre correção. Os resultados dos movimentos obtidos são, portanto, mínimos e não refletem perfeitamente a realidade clínica.

O único estudo que apresenta uma fase de acabamento é o de Bilello e al. em 2022, com uma média de 25 alinhadores adicionais. Os resultados obtidos são amplamente superiores aos de outros estudos, com uma precisão de 95,25% para o tipping vestibulo-lingual, 93,25% para a intrusão e uma média de 86% para a rotação (Bilello et al., 2022).

Os resultados devem ser interpretados com cautela, pois o alinhador transparente está em constante evolução (notavelmente com a introdução do material SmartTrack® em 2013 e a otimização dos attachments). Existem diferentes metodologias nos vários estudos, bem como protocolos variáveis, espessuras diferentes dos alinhadores e diferentes níveis de experiência dos profissionais, o que pode introduzir vieses.

Faltam publicações válidas e poucas conclusões baseadas em evidências sólidas podem ser tiradas atualmente devido a vários vieses e à falta de potência dos estudos.

Todos os estudos concordam que o tratamento com alinhadores transparente é muito preciso para a correção do apinhamento e do alinhamento anterior de leve a moderada severidade, sem extração, em pacientes sem potencial de crescimento. O

sistema pode de maneira previsível nivelar, alinhar e inclinar os dentes. No entanto, a eficácia do sistema é amplamente debatida para a correção de sobremordidas importantes e anomalias oclusais ântero-posteriores. As limitações, no que diz respeito aos movimentos dentários, incluem: a correção dos contatos oclusais, as rotações severas dos dentes e dentes arredondados, bem como a discrepância ântero-posteriores e verticais importantes.

Num artigo publicado em 2023, Kravitz e al. propõem o tratamento por alinhadores híbridos. A definição deles implica que o componente fixo faz parte integrante do tratamento abrangente por alinhadores transparentes e que realiza movimentos esqueléticos ou dentários que os alinhadores sozinhos não poderiam realizar de maneira previsível. Este tipo de tratamento poderia atenuar as limitações dos movimentos dos alinhadores transparentes que, segundo Kravitz, incluem: a intrusão dos incisivos mandibulares, a rotação dos caninos e dos pré-molares, a translação para os espaços de extração, a expansão e as correções sagitais (Kravitz et al., 2023).

A combinação de aparelhos fixos e alinhadores transparentes expandiu a criatividade com a qual os ortodontistas podem tratar com sucesso uma variedade de más oclusões complexas. Isso permite que cada paciente, mesmo com uma má oclusão grave, beneficie das vantagens dos alinhadores transparentes (Kravitz et al., 2023).



Figura 16- Tratamento Híbrido com um sistema fixo de arco completo mandibular e alinhador transparente maxilar. (Kravitz et al., 2023)

Alinhadores: quais as limitações – uma revisão narrativa.

3 CONCLUSÃO

Os alinhadores transparentes apresentam-se como uma alternativa válida no tratamento ortodôntico e são uma nova ferramenta terapêutica em constante evolução.

Os alinhadores embora eficazes para muitos tipos de movimentos dentários, apresentam algumas limitações dentárias, tais como as rotações severas dos dentes, especialmente dos pré-molares, a intrusão dos incisivos mandibulares e a translação dos dentes nos espaços de extração. As discrepâncias ântero-posteriores e verticais importantes também apresentam desafios significativos de acordo com a literatura. Existem outras limitações além dos movimentos dentários, tais como a cooperação do paciente, a experiência do clínico e a perda dos alinhadores. O impacto ambiental dos alinhadores de plástico, contribuindo para a poluição, representa também uma limitação atual do sistema de alinhadores transparentes.

Para superar as limitações de movimentações, são propostas abordagens híbridas que combinam alinhadores transparentes e aparelhos ortodônticos fixos. Este método permite beneficiar da discrição e do conforto dos alinhadores, ao mesmo tempo em que realiza movimentos dentários mais complexos graças aos aparelhos fixos, traduzindo-se em maior flexibilidade e eficácia no tratamento das más oclusões complexas.

Os estudos apresentados nesta revisão narrativa devem ser interpretados com cautela, pois os alinhadores estão em constante evolução e a comparação entre estudos antigos e recentes é, portanto, frequentemente delicada. Além disso, as diferentes metodologias utilizadas nos estudos, com protocolos variáveis, diferentes materiais dos alinhadores e diferentes níveis de experiência dos profissionais, podem introduzir vieses.

São necessárias mais publicações e conclusões baseadas em evidências sólidas nas quais se tentem eliminar os vieses mencionados anteriormente.

Alinhadores: quais as limitações – uma revisão narrativa.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abu-Arquub, S., Ahmida, A., Da Cunha Godoy, L., Kuo, C.-L., Upadhyay, M., & Yadav, S. (2023). Insight into clear aligner therapy protocols and preferences among members of the American Association of Orthodontists in the United States and Canada. *The Angle Orthodontist*, *93*(4), 417-426. <https://doi.org/10.2319/101022-694.1>

Alami, S., Sahim, S., Hilal, F., Essamlali, A., & Quars, F. E. (2022). Perception and Satisfaction of Patients Treated with Orthodontic Clear Aligners. *Open Access Library Journal*, *9*(10), Article 10. <https://doi.org/10.4236/oalib.1109300>

Align Technology. (2024). Retrivied 26 february 2024, à from <https://www.aligntech.com/about#who>

AlMogbel, A. (2023). Clear aligner therapy : Up to date review article. *Journal of Orthodontic Science*, *12*, 37. https://doi.org/10.4103/jos.jos_30_23

Al-Nadawi, M., Kravitz, N. D., Hansa, I., Makki, L., Ferguson, D. J., & Vaid, N. R. (2021). Effect of clear aligner wear protocol on the efficacy of tooth movement: *The Angle Orthodontist*, *91*(2), 157-163. <https://doi.org/10.2319/071520-630.1>

Azaripour, A., Weusmann, J., Mahmoodi, B., Peppas, D., Gerhold-Ay, A., Van Noorden, C. J. F., & Willershausen, B. (2015). Braces versus Invisalign® : Gingival parameters and patients' satisfaction during treatment: a cross-sectional study. *BMC Oral Health*, *15*, 69. <https://doi.org/10.1186/s12903-015-0060-4>

Baxmann, M., Timm, L. H., & Schwendicke, F. (2022). Who Seeks Clear Aligner Therapy? A European Cross-National Real-World Data Analysis. *Life (Basel, Switzerland)*, *13*(1), 65. <https://doi.org/10.3390/life13010065>

Bichu, Y. M., Alwafi, A., Liu, X., Andrews, J., Ludwig, B., Bichu, A. Y., & Zou, B. (2022). Advances in orthodontic clear aligner materials. *Bioactive Materials*, *22*, 384-403. <https://doi.org/10.1016/j.bioactmat.2022.10.006>

Bilello, G., Fazio, M., Amato, E., Crivello, L., Galvano, A., & Currò, G. (2022). Accuracy evaluation of orthodontic movements with aligners : A prospective observational study. *Progress in Orthodontics*, 23(1). <https://doi.org/10.1186/s40510-022-00406-7>

Caruso, S., De Felice, M. E., Valenti, C., Pagano, S., Caruso, S., Gatto, R., & Lombardo, G. (2024). An evaluation of the Invisalign® Aligner Technique and consideration of the force system: A systematic review. *Systematic Reviews*, 13(1), 43. <https://doi.org/10.1186/s13643-023-02437-5>

Castroflorio, T., Sedran, A., Parrini, S., Garino, F., Reverdito, M., Capuozzo, R., Mutinelli, S., Grybauskas, S., Vaitiekūnas, M., & Deregibus, A. (2023). Predictability of orthodontic tooth movement with aligners : Effect of treatment design. *Progress in Orthodontics*, 24, 2. <https://doi.org/10.1186/s40510-022-00453-0>

Charalampakis, O., Iliadi, A., Ueno, H., Oliver, D. R., & Kim, K. B. (2018). Accuracy of clear aligners : A retrospective study of patients who needed refinement. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 47-54. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2017.11.028>

Chisari, J. R., McGorray, S. P., Nair, M., & Wheeler, T. T. (2014). Variables affecting orthodontic tooth movement with clear aligners. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2013.10.022>

ClinCheck 6.0 | Invisalign Provider. (2020). Retrieved 3 april 2024, à from <https://www.invisalign.com/ccpro6.0>

Contemporary Orthodontics—6th Edition | Elsevier Shop. (s. d.). Retrived 29 april 2024, from <https://shop.elsevier.com/books/contemporary-orthodontics/proffit/978-0-323-54387-3>

D'Antò, V., Bucci, R., De Simone, V., Huanca Ghislanzoni, L., Michelotti, A., & Rongo, R. (2022). Evaluation of Tooth Movement Accuracy with Aligners: A Prospective Study. *Materials*, 15(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/ma15072646>

Djeu, G., Shelton, C., & Maganzini, A. (2005). Outcome assessment of Invisalign and traditional orthodontic treatment compared with the American Board of Orthodontics objective grading system. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 128(3), 292-298. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2005.06.002>

Duncan, L. O., Piedade, L., Lekic, M., Cunha, R. S., & Wiltshire, W. A. (2016). Changes in mandibular incisor position and arch form resulting from Invisalign correction of the crowded dentition treated nonextraction. *The Angle Orthodontist*, 86(4), 577-583. <https://doi.org/10.2319/042415-280.1>

Duś-Ilnicka, I., Jedliński, M., Padella, S., Corridore, D., & Mazur, M. (2024). Fixed appliances orthodontic therapy as a risk factor for caries development: Systematic review. *Advances in Clinical and Experimental Medicine: Official Organ Wroclaw Medical University*. <https://doi.org/10.17219/acem/174444>

Elsasser, W. A. (1950). Some observations on the history and uses of the Kesling positioner. *American Journal of Orthodontics*, 36(5), 368-374. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(50\)90076-5](https://doi.org/10.1016/0002-9416(50)90076-5)

Ghislanzoni, L. H., Kalemaj, Z., Manuelli, M., Magni, C., Polimeni, A., & Lucchese, A. (s. d.). How well does Invisalign ClinCheck predict actual results : A prospective study. *Orthodontics & Craniofacial Research*, n/a(n/a). <https://doi.org/10.1111/ocr.12752>

Haouili, N., Kravitz, N. D., Vaid, N. R., Ferguson, D. J., & Makki, L. (2020). Has Invisalign improved? A prospective follow-up study on the efficacy of tooth movement with Invisalign. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2019.12.015>

Hennessy, J., & Al-Awadhi, E. A. (2016). Clear Aligners Generations and Orthodontic Tooth Movement. *Journal of Orthodontics*, 43(1), 68-76. <https://doi.org/10.1179/1465313315Y.0000000004>

Izhar, A., Singh, G., Goyal, V., Singh, R., Gupta, N., & Pahuja, P. (2019). *Orthodontic Journal of Nepal*, 9, 28-34. <https://doi.org/10.3126/ojn.v9i1.25686>

Jedliński, M., Mazur, M., Greco, M., Belfus, J., Grocholewicz, K., & Janiszewska-Olszowska, J. (2023). Attachments for the Orthodontic Aligner Treatment—State of the Art—A Comprehensive Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/ijerph20054481>

Jiang, T., Jiang, Y.-N., Chu, F.-T., Lu, P.-J., & Tang, G.-H. (2021). A cone-beam computed tomographic study evaluating the efficacy of incisor movement with clear aligners : Assessment of incisor pure tipping, controlled tipping, translation, and torque. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 159(5), 635-643. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2019.11.025>

Joffe, L. (2003). Invisalign® : Early experiences. *Journal of Orthodontics*, 30(4), 348-352. <https://doi.org/10.1093/ortho/30.4.348>

Kamatovic, M. (2004). *A retrospective evaluation of the effectiveness of the Invisalign® appliance using the PAR and irregularity indices* [Thesis]. <https://tspace.library.utoronto.ca/handle/1807/120746>

Karras, T., Singh, M., Karkazis, E., Liu, D., Nimeri, G., & Ahuja, B. (2021). Efficacy of Invisalign attachments: A retrospective study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2020.04.028>

Kassas, W., Al-Jewair, T., Preston, C. B., & Tabbaa, S. (2013). Assessment of Invisalign treatment outcomes using the ABO Model Grading System. *Journal of the World Federation of Orthodontists*, 2(2), e61-e64. <https://doi.org/10.1016/j.ejwf.2013.03.003>

Kau, C. H., Soh, J., Christou, T., & Mangal, A. (2023). Orthodontic Aligners : Current Perspectives for the Modern Orthodontic Office. *Medicina*, 59(10), 1773. <https://doi.org/10.3390/medicina59101773>

Kaur, S., Singh, R., Soni, S., Garg, V., & Reader, M. (2018). Esthetic orthodontic appliances-A review. *Annals of Geriatric Education and Medical Sciences*, 5, 11-14. <https://doi.org/10.18231/2348-7240.2018.0003>

Kravitz, N.D., Miller, D., Bowman, D., & Wilmes, D. (2023). *aligners with other devices, including fixed appliances, laboratory-- fabricated appliances, or auxilia- ries. Hybrid aligner treatment utilizes the advantages of remov- able clear aligners while still ac- counting for their limitations in pro- ducing certain tooth movements. 1.*

Kravitz, N. D., Kusnoto, B., Agran, B., & Viana, G. (2008). Influence of attachments and interproximal reduction on the accuracy of canine rotation with Invisalign. A prospective clinical study. *The Angle Orthodontist*, 78(4), 682-687. [https://doi.org/10.2319/0003-3219\(2008\)078\[0682:IOAAIR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2319/0003-3219(2008)078[0682:IOAAIR]2.0.CO;2)

Kravitz, N. D., Kusnoto, B., BeGole, E., Obrez, A., & Agran, B. (2009). How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 135(1), 27-35. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2007.05.018>

Krieger, E., Seiferth, J., Marinello, I., Jung, B. A., Wriedt, S., Jacobs, C., & Wehrbein, H. (2012). Invisalign® treatment in the anterior region. *Journal of Orofacial Orthopedics / Fortschritte Der Kieferorthopädie*, 73(5), 365-376. <https://doi.org/10.1007/s00056-012-0097-9>

Krieger, E., Seiferth, J., Saric, I., Jung, B. A., & Wehrbein, H. (2011). Accuracy of invisalign® treatments in the anterior tooth region. *Journal of Orofacial Orthopedics / Fortschritte Der Kieferorthopädie*, 72(2), 141-149. <https://doi.org/10.1007/s00056-011-0017-4>

Kwon, J.-S., Lee, Y.-K., Lim, B.-S., & Lim, Y.-K. (2008). Force delivery properties of thermoplastic orthodontic materials. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2006.03.034>

Lagravère, M. O., & Flores-Mir, C. (2005). The treatment effects of Invisalign orthodontic aligners : A systematic review. *The Journal of the American Dental Association*, 136(12), 1724-1729. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2005.0117>

Li, Y., Jacox, L. A., Little, S. H., & Ko, C.-C. (2018). Orthodontic tooth movement : The biology and clinical implications. *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences*, 34(4), 207-214. <https://doi.org/10.1016/j.kjms.2018.01.007>

Lombardo, L., Arreghini, A., Ramina, F., Huanca Ghislazoni, L. T., & Siciliani, G. (2017). Predictability of orthodontic movement with orthodontic aligners : A retrospective study. *Progress in Orthodontics*, 18(1), 35. <https://doi.org/10.1186/s40510-017-0190-0>

Lyu, X., Cao, X., Yan, J., Zeng, R., & Tan, J. (2023). Biomechanical effects of clear aligners with different thicknesses and gingival-margin morphology for appliance design optimization. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 164(2), 239-252. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2022.12.014>

Meade, M. J., & Weir, T. (2023). Clear aligner therapy procedures and protocols of orthodontists in New Zealand. *Australasian Orthodontic Journal*, 39(2), 123-135.

Miethke, R.-R., & Brauner, K. (2007). A Comparison of the periodontal health of patients during treatment with the Invisalign system and with fixed lingual appliances. *Journal of Orofacial Orthopedics*. <https://doi.org/10.1007/s00056-007-0655-8>

Muro, M. P., Caracciolo, A. C. A., Patel, M. P., Feres, M. F. N., & Roscoe, M. G. (2023a). Effectiveness and predictability of treatment with clear orthodontic aligners : A scoping review. *International Orthodontics*, 21(2), 100755. <https://doi.org/10.1016/j.ortho.2023.100755>

Muro, M. P., Caracciolo, A. C. A., Patel, M. P., Feres, M. F. N., & Roscoe, M. G. (2023b). Effectiveness and predictability of treatment with clear orthodontic aligners : A scoping review. *International Orthodontics*, 21(2), 100755. <https://doi.org/10.1016/j.ortho.2023.100755>

Narongdej, P., Hassanpour, M., Alterman, N., Rawlins-Buchanan, F., & Barjasteh, E. (2024). Advancements in Clear Aligner Fabrication: A Comprehensive Review of Direct-3D Printing Technologies. *Polymers*, *16*(3), 371. <https://doi.org/10.3390/polym16030371>

Nucera, R., Dolci, C., Bellocchio, A., Costa, S., Barbera, S., Rustico, L., Farronato, M., Militi, A., & Portelli, M. (2022). Effects of Composite Attachments on Orthodontic Clear Aligners Therapy: A Systematic Review. *Materials*, *15*. <https://doi.org/10.3390/ma15020533>

Oliveira, P., Bugaighis, I., Nunes Costa, H., & Mariano Pereira, P. (2022). Perception of Need for Further Refinement in a Clear Aligner Treatment among Orthodontists, Dentists and Laypeople: A Retrospective Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(23), 15498. <https://doi.org/10.3390/ijerph192315498>

Papadimitriou, A., Mousoulea, S., Gkantidis, N., & Kloukos, D. (2018). Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: A systematic review. *Progress in Orthodontics*, *19*(1), 37. <https://doi.org/10.1186/s40510-018-0235-z>

Pavoni, C., Lione, R., Laganà, G., & Cozza, P. (2011). Self-ligating versus Invisalign: Analysis of dento-alveolar effects. *Annali di Stomatologia*, *2*(1-2), 23-27.

Phan, X., & Ling, P. H. (2007a). Clinical limitations of Invisalign. *PubMed*, *73*(3), 263-266. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17439714>

Ponitz, R. J. (1971). Invisible retainers. *American Journal of Orthodontics*, *59*(3), 266-272. [https://doi.org/10.1016/0002-9416\(71\)90099-6](https://doi.org/10.1016/0002-9416(71)90099-6)

Putrino, A., Barbato, E., & Galluccio, G. (2021). Clear Aligners: Between Evolution and Efficiency—A Scoping Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(6), 2870. <https://doi.org/10.3390/ijerph18062870>

Remensnyder, O. (s. d.). *UNITED STATES PATENT OFFICE*.

Rinchuse, D. J., & Miles, P. G. (2007). Self-ligating brackets : Present and future. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 132(2), 216-222. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2006.06.018>

Rossini, G., Parrini, S., Castroflorio, T., Deregibus, A., & Debernardi, C. L. (2014). Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement : A systematic review. *The Angle Orthodontist*, 85(5), 881-889. <https://doi.org/10.2319/061614-436.1>

Rosvall, M. D., Fields, H. W., Ziuchkovski, J., Rosenstiel, S. F., & Johnston, W. M. (2009). Attractiveness, acceptability, and value of orthodontic appliances. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 135(3), 276-277. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2008.09.020>

Simon, M., Keilig, L., Schwarze, J., Jung, B. A., & Bourauel, C. (2014). Treatment outcome and efficacy of an aligner technique – regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization. *BMC Oral Health*, 14, 68. <https://doi.org/10.1186/1472-6831-14-68>

Srivastava, R., Jyoti, B., Kushwaha, S., & Shastri, A. (2017). Sequential Removal Orthodontics : An Alternative Approach. *International Journal of Contemporary Medicine Surgery and Radiology*, 22, 32-36.

Timm, L. H., Farrag, G., Baxmann, M., & Schwendicke, F. (2021). Factors Influencing Patient Compliance during Clear Aligner Therapy : A Retrospective Cohort Study. *Journal of Clinical Medicine*, 10(14), 3103. <https://doi.org/10.3390/jcm10143103>

Upadhyay, M., & Arqub, S. A. (2022). Biomechanics of clear aligners : Hidden truths & first principles. *Journal of the World Federation of Orthodontists*, 11(1), 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.ejwf.2021.11.002>

Virdi, R. S. (2012). Biomechanics in orthodontics : Principles and practice. *British Dental Journal*, 213(1), 42-42. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2012.608>

Walton, D. K., Fields, H. W., Johnston, W. M., Rosenstiel, S. F., Firestone, A. R., & Christensen, J. C. (2010). Orthodontic appliance preferences of children and adolescents. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, *138*(6), 698.e1-698.e12. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2010.06.012>

Weir, T. (2017). Clear aligners in orthodontic treatment. *Australian Dental Journal*, *62*(S1), 58-62. <https://doi.org/10.1111/adj.12480>

Womack, W. R., Ahn, J. H., Ammari, Z., & Castillo, A. (2002). A new approach to correction of crowding. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, *122*(3), 310-316. <https://doi.org/10.1067/mod.2002.127477>

Zheng, M., Liu, R., Ni, Z., & Yu, Z. (2017). Efficiency, effectiveness and treatment stability of clear aligners: A systematic review and meta-analysis. *Orthodontics & Craniofacial Research*, *20*(3), 127-133. <https://doi.org/10.1111/ocr.12177>

Ziuchkovski, J. P., Fields, H. W., Johnston, W. M., & Lindsey, D. T. (2008). Assessment of perceived orthodontic appliance attractiveness. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2006.07.025>

Alinhadores: quais as limitações – uma revisão narrativa.

ANEXOS

Anexo 1: consentimento para utilização das figuras (Upadhyay & Arqub, 2022).

To whom it may concern,

I'm Louis Quivoron, a student in 5th and final year of Dental Medicine at the Egas Moniz – Cooperative of Higher Education, Crf. Lisbon, Portugal.

I'm writing with regard to my final year project, I'm carrying out a literature review on the subject of clear aligners. More specifically, the title is « Clear aligners, what are the limits ? »

To make my dissertation more detailed, I'd like to use some of your photos to illustrate my work. The illustration in question is figure 3 of the article: "Upadhyay, M., & Arqub, S. A. (2022). Biomechanics of clear aligners : hidden truths & first principles. *Journal Of The World Federation Of Orthodontists*, 11(1), 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.ejwf.2021.11.002> Do you allow me to do that ? ».

For further information, please do not hesitate to contact me.

I look forward to hearing from you soon,

Yours faithfully,

Louis Quivoron

M

maupadhyay@uchc.edu

24 avril 2024 à 15:08

Rép. : Biomechanics of clear aligners: hidden truths & first principles.

À : Louis Quivoron, madhurup@yahoo.com



*** Attention: This is an external email. Use caution responding, opening attachments or clicking on links. ***

Hello Louis,

Please feel free to use the figure.

Also, it will be great if you can share a copy of your work when it is done.

Thanks and Good luck!

Madhur

Madhur Upadhyay BDS, MDS, MDentSc | Professor
 Director, Centre for Orthodontics | Director, Orthodontic Fellowship Program
 Orthodontics | University of Connecticut Health
 263 Farmington Avenue
 Farmington, CT
 T: +860-679-3729 E: maupadhyay@uchc.edu
[LinkedIn](#)

UConn SCHOOL OF DENTAL MEDICINE

From: Louis Quivoron <louisquivoron@outlook.fr>

Alinhadores: quais as limitações – uma revisão narrativa.

Anexo 2: Pedido de autorização para utilização das figuras. (Kravitz et al., 2023).

