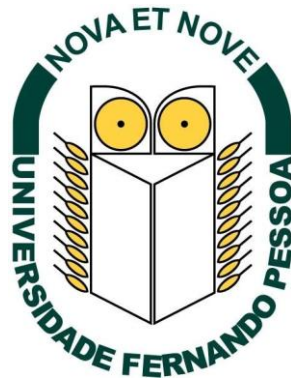


Riccardo La Spada

A eficácia dos movimentos dentários realizados com alinhadores invisíveis

- revisão narrativa



Faculdade de Ciências da Saúde

Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2022

Riccardo La Spada

A eficácia dos movimentos dentários realizados com alinhadores invisíveis

- revisão narrativa

Faculdade de Ciências da Saúde

Universidade Fernando Pessoa

Porto, 2022

Riccardo La Spada

A eficácia dos movimentos dentários realizados com alinhadores invisíveis
- revisão narrativa

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências da Saúde
da Universidade Fernando Pessoa como parte
dos requisitos para a obtenção do grau de
Mestre em Medicina Dentária.

Riccardo La Spada

RESUMO

Objetivos: A tecnologia dos alinhadores invisíveis evoluiu muito nos últimos anos e a sua disseminação é cada vez maior. Os benefícios oferecidos por esta terapia são múltiplos, enquanto que a sua eficácia ainda é incerta. Os objetivos deste estudo são demonstrar como o sistema evoluiu e avaliar a eficácia dos alinhadores nos vários movimentos ortodônticos.

Materiais e métodos: Foi efetuada uma pesquisa de artigos na literatura através da base de dados Medical Literature Analysis and Retrieval System Online (MedLine) no portal Pubmed, sem restrição de idioma, e com o limite temporal dos últimos 10 anos, entre meta-análises, revisões sistemáticas e estudos randomizados.

Resultados: Foram obtidos 155 resultados que, após leitura do título e do resumo, aplicando os critérios de inclusão e exclusão, selecionaram-se oito artigos.

Conclusões: Embora os resultados das investigações atuais não sejam suficientes para determinar a eficácia exata do tratamento com alinhadores removíveis, nos vários movimentos dentários, os resultados clínicos obtidos são satisfatórios, quando comparados com aparelhos ortodônticos fixos. Os movimentos de rotação e intrusão são os mais difíceis de serem previsíveis. A utilização de elementos auxiliares acessórios é essencial para se obter maior controlo e previsibilidade de determinados movimentos e consequentemente maior eficácia. Quanto ao tratamento do apinhamento leve a moderado, sua eficácia é totalmente confirmada.

Palavras-chave: "Alinhadores transparentes"; "Alinhadores ortodônticos"; "Invisalign®"; "Eficiência"; "Eficácia".

ABSTRACT

Objectives: The technology of invisible aligners has evolved a lot in recent years and its dissemination is increasing. The benefits offered by this therapy are multiple, while its effectiveness is still uncertain. The aim of this study is to demonstrate how the system evolved and evaluate the effectiveness of aligners in various orthodontic movements.

Materials and methods: A literature search of articles was conducted through the *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online* (Medline) database in the Pubmed portal, without language restriction, and the time limit of the last 10 years, between meta-analyses, systematic reviews and randomized studies.

Results: 155 results were obtained which, after reading the title and abstract, applying the inclusion and exclusion criteria, eight articles were selected.

Conclusions: Although the results of current investigations are not sufficient to determine the exact effectiveness of treatment with removable aligners, in the various dental movements, the clinical results obtained are satisfactory when compared with fixed orthodontic appliances. Rotation and intrusion movements are the most difficult to predict. The use of auxiliary elements is essential to achieve greater control and predictability of certain movements and consequently greater effectiveness. As for the treatment of mild to moderate crowding, its effectiveness is fully confirmed.

Keywords: “Clear aligner”; “Orthodontic aligners”; “Invisalign®”; “Efficiency”; “Effectiveness”

AGRADECIMENTOS

Obrigado aos professores e funcionários da Universidade Fernando Pessoa, que me acompanharam e a todos os pacientes que me deram a oportunidade de colocar em prática os ensinamentos recebidos.

Obrigado a todos os amigos e colegas com quem compartilhei este caminho. Todos eles contribuíram para o meu desenvolvimento como médico-dentista.

Agradeço de maneira especial a minha orientadora, Prof. Doutora Vanda Urzal, pela sua paciência, apoio e disponibilidade.

Obrigado a toda a minha família pelo suporte que me deram!

DEDICATORIA

“Dedico este projeto a todas as pessoas que me apoiaram desde o início deste caminho”.

ÍNDICE GERAL

I. INTRODUÇÃO.....	1
II. DESENVOLVIMENTO	3
1. Evolução do conceito	3
2. Materiais	5
3. Efeitos biológicos	6
4. Elementos auxiliares	7
5. Vantagens	7
III. DISCUSSÃO	9
IV. CONCLUSÃO	13
V. BIBLIOGRAFIA	14

ÍNDICE DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

ABO - OGS - *American Board of Orthodontics - Objective Grading System*

AR - Alinhador removível

AOF - Aparelho ortodontico fixo

BPA - Bisphenol A

CAD-CAM - Computer-aided design computer-aided manufacturing

CAT-CAT - Clear aligner treatment complexity assessment tool

EA - Elementos auxiliares

IPR - Interproximal reduction

MD - Médicos Dentista

TO - Tratamento ortodôntico

I. INTRODUÇÃO

Os objetivos deste estudo são demonstrar a eficácia dos alinhadores nos vários movimentos ortodônticos e a sua evolução resultante da alteração dos materiais utilizados, do software de prognóstico e o desenho dos alinhadores, permitindo realizar tratamentos cada vez mais complexos.

Kesling em 1945 introduziu um dispositivo de posicionamento dentário, denominado por alinhador removível (AR), fabricado de borracha para pacientes que tinham finalizado o tratamento ortodôntico (TO). No entanto devido à falta de interesse dos clínicos, esse dispositivo foi esquecido (Kesling, 1946).

Em 1971, Ponitz introduziu um dispositivo chamado "retentor invisível", fabricado num modelo de gesso com dentes individualizados, e posicionados sobre uma placa base de cera, permitindo criar pequenos movimentos dentários (Ponitz, Ann Arbor, 1971).

No final da década de noventa, a *Align Technology* (Santa Clara, Califórnia) introduziu um novo método de endireitar os dentes, sem brackets, através de alinhadores, denominados: Sistema *Invisalign*[®].

O Sistema *Invisalign*[®] é composto por vários alinhadores feitos de um material plástico transparente e fino (inferior a 1 mm), e obtido através da técnica computer-aided design-computer-aided manufacturing (CAD-CAM). Inicialmente cada alinhador era projetado para mover os dentes 0,25-0,3 mm durante um período de 2 semanas (Phan, Ling, 2007), sendo atualmente de uma semana como indica a Align Technology, dependendo da complexidade do caso e do grau de movimento desejado. Facto corroborado pelo estudo de Drake *et al.*, no qual ao longo de um período de 8 semanas não existiram diferenças significativas dos resultados obtidos entre pacientes que usaram o mesmo alinhador durante uma ou duas semanas (Drake *et al.*, 2012).

O movimento dentário é produzido por diferenças geométricas pré-determinadas entre a forma do alinhador e a forma geométrica da coroa clinica, gerando um sistemas de forças tridimensionais, distribuídas por todas as superfícies de contato entre ambos (Upadhyay, Arqub, 2022).

Atualmente existem muitos tipos de AR, nomeadamente a *Clearsmile*[®] (*Clearsmile Pty Ltd.* Keiraville, Austrália), a *Clearcorrect*[®] (Houston, TX) e a *Simpli 5*[®] (*AOA Laboratories*), que também diversificaram as suas características ao longo do tempo, definindo uma tendência atual que difere do sistema *Invisalign*[®], na modificação do material utilizado e no desenho da margem gengival (Putrino, Barbato, Galluccio, 2021). O poderoso *marketing* dessas empresas aumentou a sua procura, em especial a faixa etária adulta onde a estética é muito valorizada.

Nos últimos anos, investigadores têm utilizado vários métodos para avaliar a qualidade dos tratamentos efetuados com esta ferramenta, nomeadamente: o sistema de classificação do *American Board of Orthodontics Objective Grading System* (ABO-OGS) (John S. Casco *et al.*, 1998), pontuações de avaliação por pares e outros critérios oclusais objetivos. O sistema de avaliação objetivo *Clear aligner treatment complexity assessment tool* (CAT-CAT) também foi formulado para classificar a dificuldade do tratamento com AR e selecionar pacientes elegíveis (Long *et al.*, 2020).

Materiais e métodos

Foi efetuada uma pesquisa de artigos na literatura, através da base de dados MedLine no portal Pubmed, sem restrição de idioma e limite temporal dos últimos 10 anos, entre meta-análises, revisões sistemáticas e estudos randomizados. As palavras-chaves utilizadas foram: *clear aligners; orthodontics; Invisalign®; effectiveness; efficacy*. Obtiveram-se 155 resultados, que após leitura do título e do resumo e aplicando os critérios de inclusão (assunto direcionado na eficácia e eficiência dos alinhadores invisíveis) e de exclusão (artigos que não faziam referência à eficácia dos alinhadores transparentes nos movimentos dentários), foram selecionados 8 artigos.

II. DESENVOLVIMENTO

1. Evolução do conceito

Inicialmente os sistemas de alinhamento dentário só dependiam dos alinhadores para se obterem os resultados, sem a utilização de elementos auxiliares (EA), como *attachments* e *power ridges*. Estes são aplicados estrategicamente para melhorar a previsibilidade dos movimentos dentários, aumentando a força exercida em áreas específicas da superfície do dente (Upadhyay, Arqub, 2022). As pesquisas iniciais que avaliaram a eficácia dos AR foram limitadas.

Em 2002, Wong escreveu que todo o processo de fazer AR *Invisalign*[®] é devido ao fantástico desenvolvimento da tecnologia. Sem o auxílio de computadores e máquinas tecnologicamente avançadas, seria impossível fabricar grandes quantidades de AR e com tanta precisão (Wong, 2002). Embora os investigadores não tivessem a certeza sobre a sua eficácia, já tinham percebido o seu grande potencial.

Para Lagravere os estudos disponíveis foram mal desenhados e representaram apenas um baixo nível de evidência (Lagravere, Flores-Mir, 2005). Como consequência, não foi possível obter conclusões sólidas quanto aos efeitos do tratamento com o sistema *Invisalign*[®]. Os MD tiveram que confiar na sua experiência clínica, em meras opiniões de especialistas e na disponibilidade limitada de publicações relativas a este sistema (Lagravere, Flores-Mir, 2005).

Em 2005, Djeu *et al.* compararam os seus primeiros 48 pacientes que utilizaram o sistema *Invisalign*[®] com um estudo coorte de pacientes tratados com dispositivos fixos. Usando o sistema de classificação ABO-OGS avaliaram os resultados produzidos pelos diferentes sistemas de tratamento em duas categorias:

- 1º- Alinhamento da crista marginal e a ângulação radicular em que o sistema *Invisalign*[®] e os aparelhos ortodônticos fixos (AOF) tiveram resultados semelhantes.
- 2º- Inclinação vestibulo-lingual, contatos oclusais, relação oclusal e redução do overjet - os dispositivos fixos tiveram *scores* significativamente melhores.

A tecnologia *Invisalign*[®] ainda estava na fase inicial e não existia muita experiência clínica. Assim o TO fixo teve resultados muito melhores em relação à má-oclusão moderada e grave (Djeu, Shelton, Maganzini, 2005).

A mudança iniciou-se quando Kravitz *et al.*, através de duas publicações, introduziram em 2008, pela primeira vez o uso de EA para o TO com o sistema *Invisalign*[®], e em 2009 lideraram o primeiro estudo clínico prospectivo deste sistema, para avaliar a sua eficácia. Os tipos de movimentos estudados

foram: compressão, expansão, extrusão, intrusão, inclinação méso-distal, inclinação vestibulo-lingual e rotação. A precisão média do movimento dentário com o sistema *Invisalign*[®] foi de 41% (Kravitz *et al.*, 2008, 2009). Nenhum dos dados publicados anteriormente, tinha fornecido evidência científica sobre a eficácia ou limitações do sistema *Invisalign*[®]. Foram necessários dez anos para existir um estudo, para determinar a eficácia do movimento.

Nos anos seguintes, existiu um crescente interesse por parte da comunidade científica e conseqüentemente uma maior compreensão e evolução da tecnologia disponível para os clínicos e laboratórios. Têm sido realizadas várias revisões sistemáticas e meta-análises mas os resultados nem sempre são consistentes e têm limitações semelhantes. Ao longo do tempo as conclusões foram-se alterando trascrevedo-as de seguida:

1º- Ano de 2015 - A maioria dos estudos apresenta problemas metodológicos, nomeadamente: o tamanho pequeno da amostra, o enviesamento do estudo e a deficiência dos métodos estatísticos. Assim não foram obtidas conclusões baseadas em evidências científicas (Rossini *et al.*, 2015).

2º- Ano de 2017 - Embora existissem alegações sobre a eficácia dos AR, a evidência foi geralmente inexistente. A redução da duração do TO e do tempo da consulta, em casos de tratamento de apinhamento leves a moderados, pareceram ser os únicos benefícios significativos destes aparelhos, comparados com os sistemas convencionais. Contudo as evidências não foram suficientes sobre a eficácia e estabilidade do TO com AR em comparação com a ortodontia convencional (Zheng *et al.*, 2017).

3º- Ano de 2018 - Além do TO de más-oclusões com apinhamento leve a moderado, sem extrações, em pacientes sem crescimento, não podiam ser dadas outras indicações clínicas, devido à ausência de evidência científica. Os resultados obtidos deviam ser interpretados com cuidado por causa da alta heterogeneidade dos estudos (Papadimitriou *et al.*, 2018).

4º- Ano de 2019 - Os AR foram eficazes na correção do apinhamento dentário; porém existiam limitações relativamente à intrusão e extrusão dos dentes, não promovendo um contacto oclusal adequado. Observou-se maior recidiva de apinhamento em relação aos AOF convencionais e existia pouca diferença na duração do tratamento (Pithon *et al.*, 2019).

5º- Ano de 2019 - O sistema *Invisalign*[®] foi capaz de alterar a largura intercanina, interpremolar e intermolar na presença de apinhamento. Movimentos verticais e rotações são difíceis de realizar com AR. *Interproximal reduction* (IPR) foi recomendada, especialmente nos caninos. Não era necessário incorporar acessórios na distalização molar. A expressão do movimento programado não era totalmente realizada com o sistema *Invisalign*[®]. Existia melhor controlo radicular com os AOF. A

maioria dos movimentos dentários ocorria durante a primeira semana com AR. A inclinação vestibular e os contatos oclusais eram piores com o sistema *Invisalign*[®] (Galan-Lopez, Barcia-Gonzalez, Plasencia, 2019).

6º- Ano de 2020 - Existia um nível baixo a moderado de certeza relativamente à eficiência dos AR em movimentos dentários específicos. No entanto produziam resultados clinicamente aceitáveis comparáveis, na inclinação vestibulo-lingual dos incisivos superiores e inferiores obtida com AOF, em más-oclusões leves a moderadas. Nem todos os cenários clínicos potenciais foram avaliados nos estudos. A maioria dos movimentos dentários podia não ser suficientemente previsíveis para serem realizados com apenas um conjunto de alinhadores, apesar dos recentes avanços tecnológicos (Robertson *et al.*, 2020).

7º- Ano de 2021 - O conhecimento dos especialistas convergiu na classificação do comportamento dos materiais e das suas propriedades mecânicas, permitindo o estabelecimento de vantagens e desvantagens das diferentes marcas de alinhadores. Mesmo em estratégias de movimento, a variedade dos tipos de fixação, permitiu construir uma configuração clínica cada vez mais precisa. Existiam poucos estudos sobre os EA (Putrino, Barbato, Galluccio, 2021).

8º- Ano de 2021 - De acordo com as evidências disponíveis sobre a comparação entre o movimento rotacional previsível pelo *software* e o real, a precisão percentual foi baixa para dentes anteriores e pré-molares. A qualidade dos elementos de prova existentes não fundamentou uma forte confiança no efeito estimado e observado. Os pacientes elegíveis para tratamento com alinhadores devem ser cuidadosamente selecionados, e as considerações e preferências dos pacientes devem ser priorizadas. A eficácia do resultado do tratamento deve ser considerada junto com a vontade do paciente (Koletsi, Iliadi, Eliades, 2021).

2. Materiais

Os aparelhos termoformados são fabricados a partir de vários tipos de materiais termoplásticos incluindo policloreto de vinilo, poliuretano, tereftalato de polietileno e polietileno tereftalato glicol (Maspero, Tartaglia, 2020). O material termoplástico torna-se flexível quando aquecido, e retorna ao estado rígido quando arrefecido; no entanto a termoformagem causa uma redução nas propriedades térmicas e mecânicas do alinhador. Assim os pacientes devem ser aconselhados a manter os AR à temperatura ambiente e evitar líquidos quentes durante o seu uso (Dalaie, Fatemi, Ghaffari, 2021).

A maioria das limitações da mecânica do alinhamento são específicas para o material do alinhador. Inovações na bioquímica do material podem trazer mudanças radicais na sua aplicação terapêutica.

Sem essa inovação, os AR serão sempre limitados por restrições biomecânicas e terão um mau desempenho em comparação com os dispositivos fixos (Upadhyay, Arqub, 2022).

As contribuições mais recentes à literatura científica sobre as características constitutivas básicas dos AR invisíveis, evidenciam que o conhecimento converge na classificação do comportamento dos materiais e nas suas propriedades mecânicas (Putrino, Barbato, Galluccio, 2021). Factos que levam ao desenvolvimento de novos materiais ortodônticos poliméricos com melhores propriedades mecânicas (Hassan *et al.*, 2021). É o caso do *smart track*: material introduzido no sistema *Invisalign*[®] com o objetivo de otimizar o controle dos movimentos dos dentes e, ao mesmo tempo, melhorar o conforto do paciente (Bräscher *et al.*, 2016).

Para evitar alterações da termoformagem que podem afetar o desempenho geral do material, a impressão 3D direta pode ser usada para criar conjuntos de AR transparentes, projetados digitalmente e reproduzidos. No entanto apesar da tecnologia da impressão 3D estar a ser melhorada, ter custos mais baixos e ser usada noutras áreas da medicina dentária, existem poucos estudos que descrevem a impressão 3D de AR. Ainda não existe material para comercializar aprovado para este fim (Maspero, Tartaglia, 2020; Tartaglia *et al.*, 2021).

3. Efeitos biológicos

O uso de materiais termoplásticos levou à necessidade de verificar a sua segurança. A libertação de Bisfenol-A (BPA) a partir de dispositivos poliméricos odontológicos tem atraído o interesse de muitos investigadores nos últimos anos (Eliades *et al.*, 2009). A libertação de BPA e de outros monómeros residuais têm efeitos citotóxicos, genotóxicos e estrogénicos. No entanto existem poucos estudos que avaliam a toxicidade desses materiais a nível sistémico, sendo a maioria realizada *in vitro* (Francisco *et al.*, 2022).

O BPA é um produto químico utilizado como precursor do metacrilato de Bisfenol-A glicidilmetacrilato (Bis-GMA) e é utilizado na produção de uma grande variedade de materiais ortodônticos (Eliades, 2017). Em 2017, um estudo de contenções, *in vivo*, demonstrou o aumento dos níveis de libertação de BPA na saliva de pacientes que usavam goteiras termoplásticas a vácuo, durante a fase de contenção (Raghavan *et al.*, 2017).

Apesar disso, atualmente, nenhum efeito estrogénico ou citotóxico destes dispositivos termoplásticos pode ser confirmado (Francisco *et al.*, 2022).

O material do alinhador também influencia a expressão de vários fenômenos envolvidos na função da barreira epitelial e na resposta inflamatória local (Nemec *et al.*, 2020). No entanto estes efeitos na cavidade oral precisam de serem mais estudados.

4. Elementos auxiliares

Um dispositivo fixo tem uma área de contato com o dente altamente definida e representada pela sua base. Nos AR as forças necessárias para a correção da má-oclusão são geradas pela diferença entre a forma dos alinhadores e a dos dentes sendo transferidas para uma área de contato maior isto é menos definida (Costa *et al.*, 2020). EA como *attachments* ou *divots*, podem ser usados para facilitar a transferência de carga entre o dispositivo e o dente, modificando a sua interface de contato.

A versatilidade de um alinhador também é dada pela possibilidade de aumentar as suas indicações inserindo elementos como elásticos e mini-implantes (Weir, 2017), aumentando as suas indicações nos TO complexos, que de outra forma não seriam possíveis.

Os *attachments* são elementos compostos ligados à superfície vestibular ou lingual/palatina dos dentes, com a finalidade de influenciar o movimento do dente e aumentar a retenção do alinhador (Ahmed, Padmanabhan, Sathyanarayana, 2022). Os *divots* são pontos de pressão no alinhador utilizando alicates próprios para estas deformações (Barone *et al.*, 2017). Embora os AR sejam considerados estéticos, a presença de *attachments* na superfície vestibular pode ser percebida como inestética e questionada por algumas marcas de alinhadores. Estas propõem a quase total ausência e a introdução de outras ferramentas para o controle dos movimentos, como os *divots* (Putrino, Barbato, Galluccio, 2021).

O uso de EA é limitado à experiência do clínico sem qualquer protocolo certificado com base em evidências científicas. Uma análise precisa da influência dos EA no movimento dentário é de extrema importância, nomeadamente, a combinação, a forma e o número de *attachments* e/ou *divots*, para aumentar a previsibilidade e eficácia do tratamento (Barone *et al.*, 2017).

5. Vantagens

O *marketing* corporativo dos benefícios dos AR levou a um enorme aumento na sua procura, incentivando pessoas de todas as idades. Em pacientes com uma má-oclusão bem selecionada para aplicação destes alinhadores, as vantagens do seu uso podem superar as desvantagens e um excelente resultado ortodôntico pode ser obtido (Phan, Ling, 2007; Tartaglia *et al.*, 2021).

Os principais benefícios são a melhoria da estética, conforto, e a capacidade de removê-los durante as refeições, escovação e uso do fio dentário. De fato, os pacientes tratados com o sistema *Invisalign*[®] têm melhor saúde periodontal e maior satisfação durante o TO relativamente aos AOF (Azaripour *et al.*, 2015). Estes interferem temporariamente na saúde periodontal dos pacientes, estimulando o acúmulo de placa bacteriana, limitando a capacidade da realização de uma boa higiene oral, o que pode levar a processos periodontais destrutivos temporários (de Freitas *et al.*, 2014). Embora não haja um ponto de vista comum, alguns autores descrevem resultados semelhantes em pacientes com alinhadores e em pacientes com AOF, devido a uma educação cuidadosa da higiene oral e controle de placa bacteriana (Han, 2015).

Na maioria dos estudos os níveis de dor em pacientes tratados com sistema *Invisalign*[®] foram menores em relação aos AOF durante os primeiros dias de tratamento, desaparecendo nos dias seguintes (Cardoso *et al.*, 2020). A principal causa de dor no tratamento com o sistema *Invisalign*[®] é devida a deformação do alinhador sendo-lhe também proporcional (Fujiyama *et al.*, 2014).

Embora a estética seja de grande importância o uso dos AR afeta significativamente a dicção (Pogal-Sussman-Gandia, Tabbaa, Al-Jewair, 2019; Fraundorf *et al.*, 2022). Em geral as alterações que os AOF provocam na vida quotidiana dos pacientes são significativamente maiores em relação aos AR (Bernabé, Sheiham, de Oliveira, 2008).

Buschang *et al.* compararam o tempo dos tratamentos com AR e AOF, numa grande amostra de pacientes, tratados pelo mesmo ortodontista, com os mesmos objetivos de tratamento para ambos os grupos. Concluíram que o tratamento com AOF exigia significativamente mais consultas (aproximadamente 4), mais consultas de urgência, maior tempo de consulta de urgência (7 minutos) e um maior tempo total de consulta (93,4 minutos), comparados com os AR (Buschang *et al.*, 2014). Além disso, consultas de urgências não são comuns no tratamento AR porque existem poucas partes susceptíveis de fractura. Também como são removidos durante a alimentação o risco de fratura é menor (Zheng *et al.*, 2017).

III. DISCUSSÃO

Inicialmente o objetivo principal dos AR era resolver casos de apinhamento leve e moderados e fechar pequenos espaços. Estudos recentes não encontraram diferenças clinicamente significativas entre o movimento que era esperado e o que foi alcançado. Devido às contínuas inovações introduzidas, a precisão do movimento e a correção dos parâmetros dentários melhoraram exponencialmente nos últimos anos, obtendo-se valores de 70% a 80% de eficácia. O facto do uso do alinhador ser alterado semanalmente ou quinzenalmente, também tem influência nos resultados (Galan-Lopez, Barcia-Gonzalez, Plasencia, 2019). No entanto Papadimitriou *et al.*, em 2018 relataram que, além do tratamento ser extensivo a más-oclusões leves a moderadas, de pacientes sem crescimento, não é possível fazer recomendações realistas sobre outras indicações do sistema, com base em evidências científicas sólidas (Papadimitriou *et al.*, 2018).

1. Movimentos horizontais

- Vários autores têm demonstrado que os AR são capazes de alterar a largura intercanina, interpremolar e intermolar na presença de apinhamento leve ou grave (Duncan *et al.*, 2016; Grünheid *et al.*, 2016); no entanto há uma recidiva maior em relação aos AOF.
- Um estudo sugeriu a precisão global média da inclinação méσιο-distal de 82,5%, onde os pré-molares inferiores foram mais precisos em 96,7%, seguidos pelos molares superiores de 93,4% e incisivos inferiores de 87,7%. Factos que estão de acordo com estudo que mostrou uma previsibilidade do movimento dentário de 85% para caninos mandibulares, de 98% para incisivos mandibulares, de 76% para caninos maxilares e de 79% para incisivos maxilares (Robertson *et al.*, 2020).
- Na arcada inferior, a eficiência do torque vestibulo-lingual foi de 90,4% nos pré-molares e de 66,4% nos caninos, enquanto que na arcada superior, o movimento foi menos preciso, ou seja de 69,6% para os pré-molares e 52,5% para os molares (Robertson *et al.*, 2020).
- Na parte anterior da arcada: a maioria dos tratamentos que não requerem extrações usam IPR e protruem o incisivo para obter um alinhamento correto do setor anterior (Krieger *et al.*, 2012).
- Na parte posterior da arcada: a eficácia da distalização molar e a sua precisão de movimento é de 87,65% sem a necessidade de colocar *attachments* (Simon *et al.*, 2014).
- A correção total do overjet com o sistema *Invisalign*[®] não é referida em todos os casos (Gu *et al.*, 2017)

2. Rotações

- Movimentos que variam de 57% a 76% de previsibilidade são difíceis de obter com AR (Robertson *et al.*, 2020). A ineficácia na rotação de caninos e pré-molares tem sido um problema frequentemente encontrado nos AR, porque muitas vezes existe a necessidade de correções ou mesmo a conclusão do tratamento com AOF. Por esta razão recomenda-se o uso de EA, IPR e/ou sobre-correção, especialmente nos caninos, para dar maior precisão ao movimento (Kravitz *et al.*, 2008).

3. Movimentos verticais

- A extrusão dos dentes anteriores maxilares parece ser previsível, portanto, a aplicação de AR pode ser encontrada em casos de mordida aberta anterior, quando a etiologia é a intrusão de dentes anteriores (Robertson *et al.*, 2020). Facto corrigido principalmente pela extrusão de incisivos sem alterações no plano mandibular (Khosravi *et al.*, 2017).
- O movimento de intrusão é limitado. Os incisivos inferiores atingiram 26% e os caninos 51% da intrusão esperada (Robertson *et al.*, 2020).
- Mordida profunda, a sua correção resulta da pro-inclinação dos incisivos inferiores, da intrusão dos incisivos superiores e da extrusão de 0,5 mm dos molares, com uma abertura do plano mandibular de 0,5mm (Khosravi *et al.*, 2017).

4. Movimentos transversais

- A expansão do arco mandibular (95%-97%) é mais previsível do que o arco maxilar (77%-78%) (Charalampakis *et al.*, 2018).
- Níveis moderados de evidência sugerem que o torque méso-distal é bastante previsível no arco inferior, particularmente nos pré-molares e incisivos inferiores (Robertson *et al.*, 2020).

Muitos autores que recomendam a sobrecorreção do movimento (Kravitz *et al.*, 2008; Simon *et al.*, 2014; Houle *et al.*, 2017; Khosravi *et al.*, 2017).

Estudos comparando AR com AOF usando OGS mostram *scores* semelhantes. No entanto, existiram menores *scores* para o contato oclusal e inclinação vestibulo-lingual. Sendo assim é possível tratar as más-oclusões complexas com AR, embora tenha sido demonstrado que os AOF permanecem mais precisos. Relativamente à duração do tratamento existe pouca diferença entre os dois sistemas (Pithon *et al.*, 2019). Portanto, é necessário adquirir mais conhecimento e experiência clínica com este sistema,

para futuras comparações, além de ser essencial realizar mais ensaios clínicos randomizados e com grupo controlo para fornecer fortes evidências científicas (Pithon *et al.*, 2019).

Apesar das limitações dos estudos realizados, algumas conclusões podem ser tiradas sobre a eficácia dos AR, pois houve uma melhora acentuada na precisão geral. No entanto, os pontos fortes e fracos do movimento dentário com o sistema *Invisalign*[®] permaneceram relativamente os mesmos (Haouili *et al.*, 2020), incluindo pouco ou nenhum controlo pelo operador, bem como a dependência do paciente no seu uso em tempo inteiro, com a sua remoção apenas na alimentação e higienização (Phan, Ling, 2007).

Finalmente pode-se dizer que as vantagens do tratamento, além da precisão e eficácia, são muitas: estética, conforto, melhor higiene horal e consequentemente saúde periodontal. Características que influenciam positivamente a opinião do paciente promovendo a maior afluência a este tipo de tratamento, independentemente da sua eficácia menor do que o AOF. Devido à pressão de *marketing* os pacientes recebem informações sobre TO com AR de várias fontes que podem criar expectativas irreais. É da responsabilidade do ortodontista gerenciar as expectativas do paciente e fornecer informações precisas (Fraundorf *et al.*, 2022). Por esta razão, o conhecimento da eficácia dos AR e suas limitações é essencial para oferecer o TO mais adequado. Assim o clínico deve conhecer as limitações dos AR e as suas aplicações específicas, tendo em atenção todas as técnicas e materiais desenvolvidos até à data, incluindo os EA. Estes são ferramentas essenciais para a obtenção de certos movimentos ortodônticos (Barone *et al.*, 2017).

São necessárias equipas multidisciplinares para acelerar a inovação e as tecnologias envolvidas na produção de futuros polímeros, com propriedades superiores e biocompatibilidade (Hassan *et al.*, 2021), no desenho dos *attachments* e na avaliação do seu efeito biológico. Os escassos estudos na literatura actual, demonstram a necessidade de mais investigações, especialmente dadas as possíveis implicações na fertilidade dos jovens, que constituem um dos maiores grupos de pacientes, a iniciar a utilização desses dispositivos ortodônticos (Francisco *et al.*, 2022).

Neste estudo destacaram-se várias características dos AR relativamente a determinados fatores, sendo necessárias mais investigações para aprofundar o seu estudo. No entanto, no que diz respeito à avaliação da eficácia, principal objetivo desta revisão, graças aos estudos realizados, embora não seja totalmente previsível, em qualquer tipo de movimento dentário, os resultados obtidos são satisfatórios, especialmente nos movimentos transversais e horizontais.

Em relação aos movimentos rotacionais, nos últimos anos, houve uma melhoria na sua precisão. Os movimentos verticais ainda são difíceis de se obterem. Olhando para os dados dos últimos anos,

apesar do fato dos estudos realizados mostrarem algumas limitações, as perspectivas sugerem que, entre as inovações tecnológicas em software e materiais, a eficácia e a previsibilidade destes tratamentos atingirão níveis ainda mais elevados.

IV. CONCLUSÃO

A exata eficácia do tratamento com AR, nos vários movimentos dentários, não é previsível, mas pode-se dizer que os resultados clínicos são satisfatórios, quando comparados com o tratamento por AOF.

Os movimentos de rotação e intrusão são os mais difíceis de prever.

Quanto ao tratamento do apinhamento leve a moderado a sua eficácia é totalmente confirmada.

O uso de EA é essencial para alcançar melhor controlo e previsibilidade dos movimentos e consequentemente maior eficácia.

O potencial da AR para lidar com vários tipos de má-oclusão de forma eficiente ainda não foi totalmente compreendido.

Novos estudos laboratoriais devem ser implementados para excluir qualquer implicação sistémica devido à sua utilização.

Mais estudos ainda são necessários em todos os campos (tecnológico e de materiais) para superarem as limitações atuais.

V. BIBLIOGRAFIA

Ahmed, T., Padmanabhan, S., Sathyanarayana, H. P. (2022). Effects of varying attachment positions on palatal displacement of maxillary incisors with clear aligner therapy: A three-dimensional finite element analysis, *Journal of Orofacial Orthopedics*, doi: 10.1007/s00056-021-00374-3. Epub ahead of print. PMID: 35061060.

Azaripour, A. *et al.* (2015). Braces versus Invisalign®: Gingival parameters and patients' satisfaction during treatment: A cross-sectional study. *BMC Oral Health*, 15:69. doi: 10.1186/s12903-015-0060-4. PMID: 26104387; PMCID: PMC4478712.

Barone, S. *et al.* (2017). Computational design and engineering of polymeric orthodontic aligners. *International Journal for Numerical Methods in Biomedical Engineering*, Wiley-Blackwell, 33(8). doi: 10.1002/cnm.2839. Epub 2016 Oct 21. PMID: 27704706.

Bernabé, E., Sheiham, A., de Oliveira, C. M. (2008). Impacts on daily performances related to wearing orthodontic appliances, *Angle Orthodontist*, 78(3), pp. 482-486.

Bräscher, A. K. *et al.* (2016). Patient survey on Invisalign® treatment compared the SmartTrack® material to the previous aligner material, *Journal of Orofacial Orthopedics*. Urban und Vogel GmbH, 77(6), pp. 432-438.

Buschang, P. H. *et al.* (2014). Comparative time efficiency of aligner therapy and conventional edgewise braces, *Angle Orthodontist*. Allen Press Inc., 84(3), pp. 391-396.

Cardoso, P. C. *et al.* (2020). Pain level between clear aligners and fixed appliances: a systematic review, *Progress in Orthodontics*, (1):3. doi: 10.1186/s40510-019-0303-z. PMID: 31956934; PMCID: PMC6970090.

Charalampakis, O. *et al.* (2018). Accuracy of clear aligners: A retrospective study of patients who needed refinement, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. Mosby Inc., 154(1), pp. 47-54.

Costa, R. *et al.* (2020). Effect of three different attachment designs in the extrusive forces generated by thermoplastic aligners in the maxillary central incisor, *Dental Press Journal of Orthodontics*, 25(3), pp. 46-53.

Dalaie, K., Fatemi, S. M., Ghaffari, S. (2021). Dynamic mechanical and thermal properties of clear aligners after thermoforming and aging, *Progress in Orthodontics*, 28;22(1):15. doi: 10.1186/s40510-021-00362-8. PMID: 34180030; PMCID: PMC8236420.

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), pp. 292-298.

Drake CT. *et al.* (2012). Orthodontic tooth movement with clear aligners, *ISRN Dent*, 2012:657973. doi: 10.5402/2012/657973. Epub 2012 Aug 14. PMID: 22928114; PMCID: PMC3424837

Duncan, L. O. *et al.* (2016). Changes in mandibular incisor position and arch form resulting from Invisalign correction of the crowded dentition treated nonextraction, *Angle Orthodontist*, Allen Press Inc., 86(4), pp. 577-583.

- Eliades, T. *et al.* (2009). Cytotoxicity and estrogenicity of Invisalign appliances, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 136(1), pp. 100-103.
- Eliades, T. (2017). Bisphenol A and orthodontics: An update of evidence-based measures to minimize exposure for the orthodontic team and patients, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 152, pp. 435-441.
- Francisco, I. *et al.* (2022). The Biological Effects of 3D Resins Used in Orthodontics: A Systematic Review, *Bioengineering*, MDPI. 9(1):15. doi: 10.3390/bioengineering9010015. PMID: 35049724; PMCID: PMC8773237.
- Fraundorf, E. C. *et al.* (2022). Speech performance in adult patients undergoing Invisalign treatment: A prospective clinical study, *Angle Orthodontist*, Allen Press Inc., 92(1), pp. 80–86.
- de Freitas, A. O. A. *et al.* (2014). The influence of orthodontic fixed appliances on the oral microbiota: A systematic review, *Dental Press Journal of Orthodontics*, Dental Press Editora Ltda, 19(2), pp. 46-55.
- Fujiyama, K. *et al.* (2014). Analysis of pain level in cases treated with Invisalign aligner: Comparison with fixed edgewise appliance therapy, *Progress in Orthodontics*, Elsevier Masson s.r.l., 15(1):64. doi: 10.1186/s40510-014-0064-7. PMID: 25416143; PMCID: PMC4240829.
- Galan-Lopez, L., Barcia-Gonzalez, J., Plasencia, E. (2019). A systematic review of the accuracy and efficiency of dental movements with invisalign®, *Korean Journal of Orthodontics*, Korean Association of Orthodontists, 49(3), pp. 140-149.
- Grünheid, T. *et al.* (2016). Effect of clear aligner therapy on the buccolingual inclination of mandibular canines and the intercanine distance, *Angle Orthodontist*, Allen Press Inc., 86(1), pp. 10-16.
- Gu, J. *et al.* (2017). Evaluation of Invisalign treatment effectiveness and efficiency compared with conventional fixed appliances using the Peer Assessment Rating index, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, Mosby Inc., 151(2), pp. 259-266.
- Han, J. Y. (2015). A comparative study of combined periodontal and orthodontic treatment with fixed appliances and clear aligners in patients with periodontitis, *Journal of Periodontal and Implant Science. Korean Academy of Periodontology*, 45(6), pp. 193-204.
- Haouili, N. *et al.* (2020). Has Invisalign improved? A prospective follow-up study on the efficacy of tooth movement with Invisalign, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, Mosby Inc., 158(3), pp. 420-425.
- Hassan, R. *et al.* (2021). A review on current trends of polymers in orthodontics: Bpa-free and smart materials, *Polymers*, MDPI AG, 13(9):1409. doi: 10.3390/polym13091409. PMID: 33925332; PMCID: PMC8123702.
- Houle, J. P. *et al.* (2017). The predictability of transverse changes with Invisalign, *Angle Orthodontist*, Allen Press Inc., 87(1), pp. 19-24.
- John S. Casco *et al.* (1998). Objective grading system for dental casts and panoramic radiographs, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, 114, pp. 589-599.

- Kesling, H. D. (1946). Coordinating the predetermined pattern and tooth positioner with conventional treatment, *American Journal of Orthodontics and Oral Surgery*, 32:285-93. doi: 10.1016/0096-6347(46)90053-1. PMID: 21027613.
- Khosravi, R. *et al.* (2017). Management of overbite with the Invisalign appliance, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, Mosby Inc., 151(4), pp. 691-699.e2.
- Koletsis, D., Iliadi, A. and Eliades, T. (2021). Predictability of rotational tooth movement with orthodontic aligners comparing software-based and achieved data: A systematic review and meta-analysis of observational studies, *Journal of Orthodontics*, SAGE Publications Inc., 48(3), pp. 277-287.
- Kravitz, N. D. *et al.* (2008). Influence of Attachments and Interproximal Reduction on the Accuracy of Canine Rotation with Invisalign A Prospective Clinical Study, *Angle Orthodontist*, 78(4), p. 682.
- Kravitz, N. D. *et al.* (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), pp. 27-35.
- Krieger, E. *et al.* (2012). Invisalign®-Behandlungen im Frontzahnbereich: Wurden die vorhergesagten Zahnbewegungen erreicht? *Journal of Orofacial Orthopedics*, 73(5), pp. 365-376.
- Lagravere, M. O., Flores-Mir, C. (2005). The treatment effects of Invisalign orthodontic aligners: a systematic review, *Journal of the American Dental Association*, 136(12):1724-9. doi: 10.14219/jada.archive.2005.0117. PMID: 16383056.
- Long, H. *et al.* (2020). An objective system for appraising clear aligner treatment difficulty: clear aligner treatment complexity assessment tool (CAT-CAT), *BMC Oral Health*, BioMed Central Ltd, 20(1):312. doi: 10.1186/s12903-020-01300-6. PMID: 33167950; PMCID: PMC7654177.
- Maspero, C., Tartaglia, G. M. (2020). 3D printing of clear orthodontic aligners: Where we are and where we are going. *Materials*. MDPI AG, pp. 1-4.
- Nemec, M. *et al.* (2020). Behaviour of human oral epithelial cells grown on invisalign® smarttrack® material, *Materials*, MDPI AG, 13(23), pp. 1-16.
- Papadimitriou, A. *et al.* (2018). Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review, *Progress in Orthodontics*, Springer Berlin Heidelberg, 19(1):37. doi: 10.1186/s40510-018-0235-z. PMID: 30264270; PMCID: PMC6160377.
- Phan, X., Ling, P. H. (2007). Clinical Limitations of Invisalign, *Journal (Canadian Dental Association)*, 73(3):263-6. PMID: 17439714.
- Pithon, M. M. *et al.* (2019). Assessment of the effectiveness of invisible aligners compared with conventional appliance in aesthetic and functional orthodontic treatment: A systematic review, *Journal of investigative and clinical dentistry*, NLM (Medline), p. e12455.
- Pogal-Sussman-Gandia, C. B., Tabbaa, S., Al-Jewair, T. (2019). Effects of Invisalign® treatment on speech articulation, *International Orthodontics*, Elsevier Masson SAS, 17(3), pp. 513-518.
- Ponitz, R. J., Ann Arbor, M. (1971). Invisible retainers, *American Journal of Orthodontics*, 9(3):266-72. doi: 10.1016/0002-9416(71)90099-6. PMID: 5276727.

- Putrino, A., Barbato, E., Galluccio, G. (2021). Clear aligners: Between evolution and efficiency - a scoping review, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, MDPI AG, pp. 1-16.
- Raghavan, A. S. *et al.* (2017). Comparative evaluation of salivary bisphenol A levels in patients wearing vacuum-formed and Hawley retainers: An in-vivo study, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, Mosby Inc., 151(3), pp. 471-476.
- Robertson, L. *et al.* (2020). Effectiveness of clear aligner therapy for orthodontic treatment: A systematic review, *Orthodontics and Craniofacial Research*, Blackwell Publishing Ltd, pp. 133-142.
- Rossini, G. *et al.* (2015). Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: A systematic review, *Angle Orthodontist*, Allen Press Inc., pp. 881-889.
- Simon, M. *et al.* (2014). Treatment outcome and efficacy of an aligner technique - regarding incisor torque, premolar derotation and molar distalization, *BMC Oral Health*, BioMed Central Ltd., 14(1):68. doi: 10.1186/1472-6831-14-68. PMID: 24923279; PMCID: PMC4068978.
- Tartaglia, G. M. *et al.* (2021). Direct 3D printing of clear orthodontic aligners: Current state and future possibilities, *Materials*, MDPI AG, 14(7):1799. doi: 10.3390/ma14071799. PMID: 33916462; PMCID: PMC8038630.
- Upadhyay, M., Arqub, S. A. (2022). Biomechanics of clear aligners: hidden truths & first principles, *Journal of the World Federation of Orthodontists*, Elsevier Inc., pp. 12-21.
- Weir, T. (2017). Clear aligners in orthodontic treatment, *Australian Dental Journal*, Blackwell Publishing, 62, pp. 58-62.
- Wong, B. H. (2002). Invisalign A to Z, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, Mosby Inc., 121(5), pp. 540-541.
- Zheng, M. *et al.* (2017). Efficiency, effectiveness and treatment stability of clear aligners: A systematic review and meta-analysis, *Orthodontics and Craniofacial Research*, Blackwell Publishing Ltd, 20(3), pp. 127-133.