

FACULDADE SETE LAGOAS – FACSETE

NAPOLIÃO XAVIER GUSMÃO SANTOS

ALINHADORES ORTODÔNTICOS INVISÍVEIS

FACULDADE SETE LAGOAS – FACSETE

NAPOLIÃO XAVIER GUSMÃO SANTOS

ALINHADORES ORTODÔNTICOS INVISÍVEIS

Monografia apresentada ao programa de Especialização em Ortodontia da Faculdade Sete Lagoas – FACSETE como requisito parcial para a obtenção de título de especialização em Ortodontia.

Orientadora: Prof^ª. Ms. Laís da Silveira Terra Santos

Santos, Napolião Xavier Gusmão

Alinhadores ortodônticos invisíveis / Napolião Xavier Gusmão Santos. –
Belo Horizonte, 2017.
57 f.

Monografia de Conclusão de Curso (Especialização) – Faculdade Sete
Lagoas – FACSETE, 2017.

Área: Ortodontia.

Orientadora: Ms. Laís da Silveira Terra Santos

1. Alinhadores transparentes. 2. Invisalign®. 3. Ortodontia.

I. Título II. Laís da Silveira Terra Santos

FACULDADE SETE LAGOAS – FACSETE

Monografia intitulada “Alinhadores ortodônticos invisíveis”, de autoria de Napolião Xavier Gusmão Santos, aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Profa. Ms. Laís da Silveira Terra Santos

Prof. Dr. Gutemberg dos Santos

Prof. Paulo Guilherme Pinheiro Coelho Júnior

Belo Horizonte, 7 de abril de 2017

RESUMO

A estética é uma das principais preocupações entre os pacientes que procuram tratamento ortodôntico. Para atender essa demanda, os investigadores desenvolveram várias soluções, tais como bráquetes de cerâmica ou de compósitos, ortodontia lingual e os alinhadores transparentes. Na década de 90, os sistemas de alinhadores transparentes fizeram progressos substanciais com o avanço da informática e foram ganhando popularidade desde então. Várias marcas estão no mercado, usando, basicamente, o mesmo material – poliuretano semielástico, um plástico fino transparente – mas que variam no processo de custo e de software. Essa modalidade de tratamento tem várias vantagens: melhor estética durante o tratamento, melhor higiene oral e melhora do conforto do paciente. A gama de indicações de alinhadores transparentes inclui apinhamento de leve a moderado ou fechamento, mordida aberta não esquelética e constrição e maloclusão anteroposterior leve na dentição permanente. Diante do exposto, a proposta deste trabalho foi revisar a literatura para melhor compreender a eficiência e as habilidades de alinhadores transparentes, em especial, o sistema Invisalign®, já que é o mais utilizado pelo ortodontista e com mais evidências científicas. Conclui-se que o Invisalign® pode resultar em tratamento tão bom quanto o convencional, enquanto que o tratamento ortodôntico fixo pode ser mais benéfico para casos complexos. Entre as modalidades de tratamento para pacientes em que se deseja manter a intercuspidação posterior, mas possuem necessidade de correção de diastemas ou de apinhamentos de até 6 mm, esse sistema é a melhor opção, trazendo vantagens, como facilidade de higiene, conforto e estética durante o tratamento. No entanto, estudos clínicos mais controlados são necessários para definir e apoiar as capacidades e os limites dessa terapia.

Palavras-chave: Aparelhos Transparentes. Alinhadores. Invisalign®. Tratamento Ortodôntico Estético.

ABSTRACT

Aesthetics is one of the major concerns among patients who seek orthodontic treatment. To address the increasing aesthetic demand for an alternative to conventional braces, investigators have developed several solutions, such as ceramic or composite braces, lingual orthodontics, and clear aligners. In 1990s, clear-aligner systems made substantial progress with advancing computer technologies and have been gaining popularity since then. Today, various brands of clear aligners are on the market. Basically, they use the same material – semielastic polyurethane, a thin, transparent plastic – but vary in cost and software process. This treatment modality has several advantages: better aesthetics during treatment, better oral hygiene, and improved patient comfort. The range of indications for clear aligners include mild to moderate crowding or spacing, non-skeletal open bite and constriction, and mild anteroposterior malocclusions in permanent dentition. Given the above, the purpose of this study was to review the literature to better understand the efficiency and transparent aligners skills, in particular the Invisalign® system, since it is the most used by the orthodontist and more scientific evidence. If we derive common conclusions from the three studies in this review, in simpler cases, Invisalign® may result in treatment outcomes as good as those of traditional orthodontic treatment, whereas fixed orthodontic treatment may be more beneficial for complex cases. Among the treatment modalities for patients who want to keep the posterior intercuspation, but have need of diastema correction or up to 6 mm crowding, this system is the best option, bringing, advantages such as hygiene ease, comfort and aesthetics during treatment. However, it is obvious that more controlled clinical studies are necessary to define and support the abilities and limits of clear aligner therapy with evidence.

Key-words: Clear Appliances. Aligners. Invisalign®. Aesthetic Orthodontic Treatment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Alinhadores Invisalign®	11
Figura 2 – Interface do ClinCheck para se avaliar e testar o plano de tratamento proposto	14
Figura 3 – Caixa com a sequência dos alinhadores do paciente	14
Figura 4 – Attachments otimizados para rotação (dentes 33 e 34) e attachments convencionais (dente 35)	15
Figura 5 – Comparação da elasticidade e do relaxamento de tensão do material padrão EX30 e SmartTrack	20
Figura 6 – Reabsorção radicular severa com o uso de Invisalign®	25
Figura 7 – Sobreposição do modelo Treat previsto sobre o modelo Treat alcançado em ToothMeasure®	33
Figura 8 – Recurso <i>Power Ridge</i> em alinhador Invisalign® para controle de torque dos incisivos	36
Figura 9 – Exemplos de medidas de torque executados em imagens ClinCheck®	36
Figura 10 – Imagens tridimensionais e fotos intrabucais da progressão do tratamento virtual em norma oclusal superior com o sistema Invisalign®	39
Figura 11 – Movimento de extrusão	42

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 PROPOSIÇÃO	10
3 REVISÃO DE LITERATURA	11
3.1 O sistema Invisalign®	11
3.1.1 Processo de construção dos alinhadores Invisalign®	12
3.1.2 Características mecânicas dos alinhadores Invisalign®	15
3.1.3 Vantagens e desvantagens	21
3.1.4 Previsibilidade do tratamento ortodôntico com os alinhadores Invisalign®	30
3.1.5 Características biomecânicas com o uso dos alinhadores Invisalign®: tipos de movimentos, dor e força aplicada	38
4 DISCUSSÃO	45
5 CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, um número crescente de pacientes adultos tem procurado tratamento ortodôntico e expressado o desejo de alternativas estéticas e confortáveis para aparelhos fixos convencionais (ROSSINI et al., 2015). Pela necessidade de aparelhos estéticos, as indústrias de materiais ortodônticos têm desenvolvido e aperfeiçoado alternativas cada vez mais presentes no cotidiano clínico, como os bráquetes linguais e os estéticos, de coloração transparente ou esbranquiçada e os alinhadores transparentes (ROTHIER, 2014).

A possibilidade de usar aparelhos ortodônticos transparentes foi introduzida, em 1946, quando Kesling concebeu o conceito da utilização de uma série de posicionadores dentários termoplásticos para mover progressivamente dentes desalinhados a posições melhoradas. Em 1997, a *Align Technology* (Santa Clara, Califórnia) adaptou e incorporou tecnologias modernas ao introduzir o tratamento alinhador transparente, como é conhecido, tornando viável o conceito de Kesling (JÓIAS et al., 2011).

Assim, surgiu o sistema Invisalign®, agregando a tecnologia CAD-CAM (acrônimo das palavras *computer aided design* e *computer aided manufacturing* que significam, em livre tradução, 'desenho guiado por computador' e 'fabricação guiada por computador') às expectativas de estética do paciente. Atualmente, é o mais difundido dos alinhadores seriais, provavelmente em razão da possibilidade de produção a partir de um único molde (FALTIN et al., 2003), da ótima acurácia e do bom suporte prestado aos ortodontistas.

Com esse sistema, os aparelhos termoplásticos são construídos em modelos de estereolitografia, com base em imagens tridimensionais individuais de cada maloclusão, obtidas a partir de impressões com silicone polivinilsiloxano, e modificadas por um programa de computador, com o fim de produzir uma série de movimentos suplementares (THUKRAL, GUPTA, 2015). Esse programa é denominado ClinCheck® (TORRES et al., 2011) e oferece uma representação virtual tridimensional do plano de tratamento concebido pelo ortodontista (MAMPIERI, GIANCOTTI, 2013).

Esse tratamento virtual sequenciado permite ao clínico a oportunidade de visualizar a oclusão final antes de iniciar o tratamento, além de poder revisar

alinhador após alinhador, sendo possíveis suas correções prévias para a validação do resultado desejado. Dessa forma, o ortodontista tem a oportunidade de alcançar o objetivo proposto pelo sistema ClinCheck® e receber a aparatologia, uma vez alcançados os padrões ideais na simulação virtual (ROTHIER, 2014).

Devido a esse tratamento ser relativamente novo, o tempo ótimo de reativação, que deve transcorrer até a mudança de um novo alinhador, era desconhecido inicialmente, além do impacto de alterar a dureza do material. Assim, foram realizados vários ensaios clínicos aleatórios, a fim de determinar a frequência com que o alinhador deve ser mudado e a dureza ideal do material. Graças a isso, com o passar do tempo, a técnica amadureceu, devido à evolução do material, à incorporação de *attachments*, aos protocolos para o tratamento de certas maloclusões e à quantidade de deslocamentos estabelecidos para cada movimento (MIRANDA; OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2016).

Muitos são os sistemas de alinhadores existentes, tais como Essix Clear Aligner® e Clear Aligner®. No entanto, este trabalho centrou-se no sistema Invisalign®, já que dentro de sistemas de alinhadores é o mais utilizado pelo ortodontista e com mais evidências científicas (KRIEGER et al., 2011, 2012).

As principais vantagens citadas do sistema Invisalign® são a melhora estética alcançada durante o tratamento ortodôntico, higiene oral melhorada, reduzindo o risco de descalcificação, cáries, gengivite e doença periodontal e a visualização dos objetivos antes de iniciar o tratamento (THUKRAL, GUPTA, 2015).

Entre suas desvantagens são destacadas a dependência da colaboração do paciente e possível perda do aparelho, pois, no início, essa técnica estava limitada aos adultos; entretanto, esse tratamento também está indicado para pacientes adolescentes, já que o Invisalign® acrescentou um tratamento denominado Invisalign Teen®, que incorpora um detector de colaboração em cada um dos alinhadores, além de até seis alinhadores de substituição (SCHOTT, GÖZ, 2011). Outra desvantagem é o possível aparecimento de mordida aberta posterior (DJEU; SHELTON; MAGANZINI, 2005).

A *Align Technology* indica que 90% dos pacientes ortodônticos são candidatos ao tratamento com Invisalign®, incluindo os com apinhamento e diastema dental de leve a moderado (1-6 mm), atresia das arcadas de causa não esquelética, tratamento periodontal, devido à diminuição da placa bacteriana em comparação

com aparatologia fixa ou lingual, e aqueles casos que apresentam recidiva após o tratamento com aparatologia fixa.

Elásticos intermaxilares podem ser associados aos alinhadores para corrigir discrepâncias entre as arcadas dentárias no sentido anteroposterior ou apenas para controle de ancoragem, podendo ser apoiados em botões colados nos dentes ou no aparelho, recortes confeccionados pelo ortodontista, ou solicitados durante a fase de ClinCheck, denominados *Precision Cuts* (ROTHIER, 2014).

Para o sucesso do tratamento, é muito importante uma cuidadosa escolha do caso, que implica não apenas em conhecer melhor os limites previsíveis de movimentação dentária com uso de alinhadores, mas respeitar a curva de aprendizado e a experiência do profissional e as sutis alterações na simulação do plano de tratamento virtual (WONG, 2002).

2 PROPOSIÇÃO

Por meio de revisão da literatura, a proposta deste trabalho foi descrever a técnica do sistema Invisalign[®], suas vantagens, desvantagens e aplicações clínicas.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 O sistema Invisalign®

Muggiano e Quaranta (2013) descreveram que o aparelho Invisalign® inclui uma série de alinhadores que consistem de um material plástico transparente, fino (inferior a 1 mm) manufaturado com tecnologia CAD-CAM. Cada alinhador é capaz de mover os dentes de um máximo de 0,25-0,3 mm em um período de duas semanas e deve ser usado em uma sequência específica. É adequado para maloclusões não esqueléticas leves em pacientes adultos e adolescentes, na dentadura permanente, com um nível aceitável de conformidade (Figura 1). Pelo fato de esses dispositivos serem removíveis, a motivação do paciente é importante para alcançar os resultados desejados: para ser eficaz, de fato, devem ser usados 22 horas por dia (deve ser removido durante as refeições, quando beber bebidas quentes que podem manchar ou causar deformação, bebidas açucaradas e durante a higiene bucal em casa). Apesar de a preparação de diagnóstico ser semelhante à utilizada para a terapia com aparelhos ortodônticos fixos convencionais, o clínico desempenha um papel mais limitado durante o tratamento. Após a preparação, que inclui uma avaliação inicial, diagnóstico, planejamento do tratamento e registros (impressões, registo de oclusão, radiografias, fotografias), o clínico exhibe o tratamento virtual para avaliar a posição final dos dentes dada pelo sistema: nesse ponto, pode requerer alterações, mas, uma vez que os alinhadores tenham sido fabricados, já não pode ser alterado durante o tratamento. Se os resultados não forem satisfatórios, o clínico pode usar aparelhos auxiliares (aparelho fixo) ou solicitar novos alinhadores.



Figura 1 – Alinhadores Invisalign®. Fonte: Muggiano e Quaranta, 2013.

Miranda, Oliveira e Oliveira (2016) reportaram que o ClinCheck® é um setup diagnóstico virtual, originalmente desenvolvido para prever os resultados finais que serão conseguidos às custas do tratamento com os alinhadores, mesmo antes do paciente começar o seu tratamento. Esse estudo virtual possibilita o conhecimento do paciente sobre a quantidade de alinhadores que serão utilizados no tratamento, bem como o que cada alinhador estará promovendo em sua boca. Além disso, o setup oferece ao ortodontista um mapeamento da mecânica ortodôntica e das necessidades daquele caso individualmente, por exemplo, as faces dentárias que receberão desgastes dentários mínimos e a colocação dos *attachments*. Os *attachments* são pequenas porções de resina composta, distribuídas estrategicamente no esmalte dentário por vestibular para que a movimentação ortodôntica aconteça. Dessa forma, o paciente se sente mais seguro por saber exatamente o tempo final de seu tratamento, os dentes que serão movimentados e em que momento isso acontecerá. Por outro lado, o ortodontista também se sente mais confortável, pois a Invisalign® dará grande suporte durante toda a mecânica, que é extremamente justa e previsível. De acordo com esses autores, para que o ClinCheck® seja solicitado, o paciente deverá ter passado por exames radiográficos, fotográficos e clínicos, e essa documentação ortodôntica ser enviada para a empresa juntamente com moldagens em sílica de condensação (leve e pesado).

3.1.1 Processo de construção dos alinhadores Invisalign®

Rothier (2014) descreveu que o processo tem início, quando o ortodontista envia, por meio eletrônico, o planejamento do caso e os exames digitalizados por meio de sua página na internet no site da Invisalign®. As moldagens são enviadas pelo correio, sendo digitalizadas por meio de um tomógrafo para a criação de um modelo virtual. Os dentes são separados em unidades geométricas individuais (*cutting process*). Uma simulação do final do tratamento é realizada, com base nas orientações do profissional (final setup), e se inicia a elaboração de uma sequência de movimentação das unidades dentárias, de modo que se possa atingir a simulação final desejada (*staging process*). Essa simulação é denominada ClinCheck, e é encaminhada, eletronicamente, ao ortodontista, que pode sugerir ou não alterações. De acordo com esse autor, uma das grandes vantagens é

proporcionar não apenas um setup virtual, mas uma visualização de todas as etapas do tratamento, podendo revisar e comparar diferentes planejamentos de um mesmo paciente (Figura 2). Aprovado o plano de tratamento, essa informação virtual é materializada por meio de uma máquina de prototipagem por estereolitografia, originando uma série de modelos de resina análogos a cada etapa da movimentação dentária e que são utilizados como base para confeccionar os alinhadores. O ortodontista recebe um kit com alinhadores que são trocados à medida que os dentes se movem (Figura 3). As trocas são realizadas a cada duas semanas, podendo estender-se em caso de adaptação deficiente do novo alinhador, que ocorre normalmente, devido ao pouco uso do aparelho. A conclusão da sequência inicial não significa, necessariamente, o final do tratamento com o melhor resultado. Em alguns casos, há necessidade de ajustes que podem ser feitos com alicates de detalhamento, novas moldagens para refinamento do caso, ou mesmo a finalização com aparelhos fixos. Eventualmente, pode ser necessária a utilização de *attachments*, confeccionados em resina fotopolimerizável diretamente sobre os dentes, objetivando aumentar a retenção dos alinhadores e facilitar determinados tipos de movimentos. A superfície do dente é preparada pelo ortodontista para a colagem, com a utilização de um *template* para moldar o *attachment* de resina. A forma, a posição e o momento para a confecção dessas retenções variam de acordo com o tipo de movimento a ser realizado e são definidos, quando da elaboração do ClinCheck. Conforme esclareceram, é recomendado o uso de resina com carga para manter o formato original, diminuindo o desgaste decorrente da inserção e da remoção dos alinhadores. Os autores relataram que são utilizados *attachments* otimizados, projetados para liberar um sistema de força personalizado para cada dente, usando como referência a largura, o longo eixo e o contorno do dente (Figura 4) para permitir melhor controle de rotação e de inclinação de raiz, sendo que esses podem estar associados a um ponto de pressão, que auxilia em movimentos de dentes que, eventualmente, apresentam pouca retenção, como pré-molares e incisivos laterais superiores.

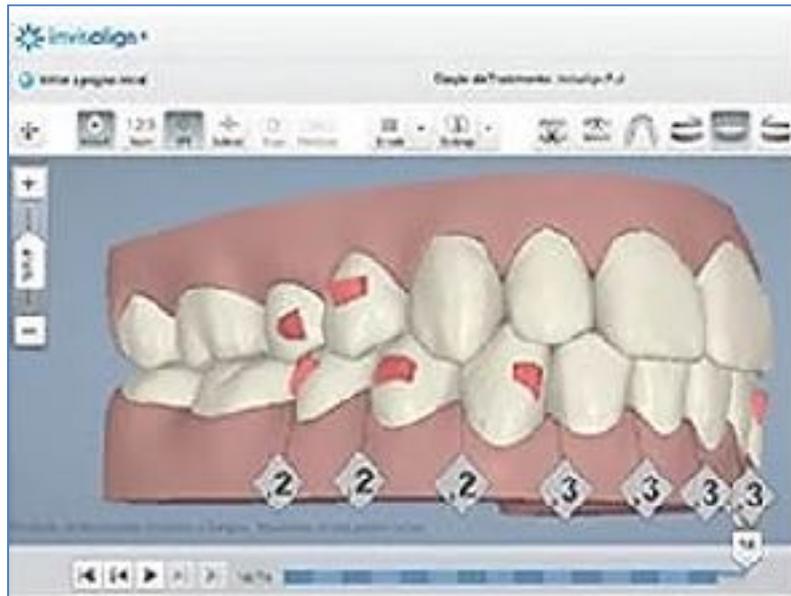


Figura 2 – Interface do ClinCheck para se avaliar e testar o plano de tratamento proposto. Fonte: Rothier, 2014.



Figura 3 – Caixa com a sequência dos alinhadores. Fonte: Rothier, 2014.



Figura 4 – *Attachments* otimizados para rotação (dentes 33 e 34) e *attachments* convencionais (dente 35). Fonte: Rothier, 2014.

3.1.2 Características mecânicas dos alinhadores Invisalign®

Bollen et al. (2003) objetivaram determinar o tempo ótimo de mudança de alinhador e a influência da sua espessura sobre o sucesso do tratamento. O estudo foi fragmentado em três partes e a amostra, dividida em quatro grupos: grupo 1 – formado por pacientes com intervalo de alteração do alinhador de sete dias e que tinham uma consistência macia, sendo a décima parte dos alinhadores de dureza comercializados (fabricados pela *Align Technology Inc.*), grupo 2 – constituído de pacientes com intervalo de troca de sete dias do alinhador, apresentando uma consistência mais dura do que os alinhadores comercializados (também fabricados pela *Align Technology Inc.*), grupo 3 – composto por pacientes com um intervalo de troca a cada 14 dias e alinhadores macios, iguais ao do grupo 1 (alinhadores) e o grupo 4 – que consistiu de pacientes com um intervalo de troca de alinhadores de 14 dias, mas com o uso de alinhadores de consistência dura, tais como os do grupo 2. Os autores avaliaram os efeitos do tempo de ativação e a rigidez do material sobre a capacidade de completar a série de alinhadores com um ajuste adequado. Para isso, 51 pacientes, classificados pelo índice PAR (*Peer Assessment Rating* – para a medição dos resultados dos tratamentos, levando em consideração as alterações oclusais), foram randomizados para receber tratamento com alinhadores rígidos e moles por um tempo de ativação de uma semana ou duas. Observaram que apenas 15 desses pacientes finalizaram satisfatoriamente a série de alinhadores, enquanto que 36 foram classificados como tratamento incompleto, devido à incapacidade de continuar com o alinhador seguinte até finalizar a série. O grupo de pacientes

finalizou de forma satisfatória a série de alinhadores e não foi substancialmente diferente em relação aos quatro grupos de tratamento, ainda que o grupo submetido a intervalos de 14 dias tenha mostrado uma maior tendência para finalizar com êxito, mas não de forma significativa. Quanto ao índice PAR, esses autores observaram um grande impacto sobre a finalização satisfatória da série de alinhadores, terminando com sucesso apenas 18%, aqueles com um índice PAR maior do que 15, em comparação com 38%, com uma pontuação menor do que 15 ($p < 0,012$). Encontraram diferenças estatisticamente significativas, por sua vez, se o tratamento implicava extrações ou não, com 47% naqueles pacientes em que não se havia planejado extrações, em comparação a 20% naqueles em que foi planejada ($p < 0,02$).

Clements et al. (2003), em continuação aos estudos realizados por Bollen et al. (2003), analisaram os efeitos do tempo de ativação e a rigidez do material sobre a qualidade de melhora da maloclusão, de acordo com o índice PAR e All (índice médio de irregularidade do incisivo). Para tal, 51 pacientes foram divididos aleatoriamente em quatro protocolos de tratamento: ativação de uma semana com material macio, ativação de uma semana com material duro, ativação de duas semanas com material macio e ativação de duas semanas com material duro. Cada componente do índice PAR (alinhamento anterior, oclusão, ressalte, mordida cruzada anterior, sobremordida, mordida aberta, linha média) foi examinado separadamente para determinar quais os aspectos da oclusão tiveram mais êxito durante o tratamento com Invisalign®. Para ambos os materiais, a variável com a maior pontuação foi o alinhamento, com uma melhora de 78% dos 50 pacientes, enquanto que a oclusão foi a variável que obteve um pior comportamento, com uma melhora de apenas 36%. Quanto à pontuação do índice PAR e do All, os pacientes submetidos ao material rígido com ativação a cada duas semanas mostraram uma pequena melhora em relação aos três grupos restantes, embora não tenha sido estatisticamente significativa ($p < 0,05$). O índice All mostrou melhores resultados na maxila em relação aos valores obtidos na mandíbula, embora não de forma significativa ($p = 19$). Não encontraram diferenças estatisticamente significativas no material e no intervalo de ativação empregado para avaliar a quantidade de fechamento de espaço nos casos com extração. Ao comparar os três tipos de extrações realizadas (pré-molar inferior, pré-molar superior e incisivo inferior),

observaram melhores resultados ($p < 0,05$) no fechamento do espaço do incisivo inferior, sem encontrarem diferença na quantidade absoluta do fechamento de espaços.

Schuster et al. (2004) realizaram um estudo piloto, *in vitro*, com o qual pretendiam conhecer a estrutura e as mudanças dos aparelhos Invisalign® após exposição ao meio oral, para avaliar a biocompatibilidade da técnica. A amostra dessa aparatologia foi tomada de dois grupos; o primeiro, de 10 pacientes selecionados aleatoriamente, que ainda não haviam usado os alinhadores e, o segundo de 12 pacientes que levavam duas semanas de tratamento com alinhadores, com uma média de uso de 22 horas por dia. Todas as amostras foram preparadas, cuidadosamente, mediante a elaboração de cortes nos segmentos bucais de 5 x 5 mm por meio de um microscópio, cúspides e fissuras centrais dos molares. Posteriormente, foram submetidas a procedimentos laboratoriais, aceleração *in vitro* do envelhecimento e lixiviação (separação de dois sólidos por meio de um solvente), para analisar as alterações moleculares induzidas na superfície do aparelho. Após a observação da amostra por microscopia ótica, descreveram mudanças morfológicas significativas, tais como abrasão, descrita nas pontas das cúspides, aposição de tegumentos em locais de estagnação e calcificação localizada de biofilme após seu uso. Os autores verificaram que nenhuma liberação de monômeros ou de subprodutos de implicação biológica ocorreu e, portanto, o padrão de envelhecimento intraoral desses aparelhos implicava, unicamente, o desgaste abrasivo de sua superfície.

Duong e Kuo (2006) realizaram um estudo com uma amostra de 14 pacientes que não requeriam correções maiores do que 15 alinhadores. Fabricaram alinhadores adicionais com a mesma forma que o último alinhador da série de cada tratamento, mas com mais espessura (EX40). Cada paciente utilizou a série completa programada para seu tratamento (EX30), com um período de ativação de duas semanas. Uma vez finalizado o tratamento, precederam à forma de impressões e sua posterior digitalização para a sobreposição mediante o software ToothMeasure® com o ClinCheck® final de cada paciente. Posteriormente, todos os pacientes usaram o alinhador EX40 por duas semanas, e novas medidas foram realizadas para superposição com o ClinCheck® final. Ao avaliar os resultados, os autores encontraram melhora no alinhamento de movimentos de entrada/saída e de

rotação, ao comparar ClinCheck® final EX30 e ClinCheck® final EX40. No entanto, cinco dos 14 pacientes necessitaram de refinamento adicional. Isso sugere, conforme concluíram os autores, que o uso de alinhadores mais espessos na fase final produz uma melhoria em termos de alinhamento, mas não elimina completamente a necessidade de um posterior refinamento.

Baldwin et al. (2008), na terceira parte dos estudos realizados por Bollen et al. (2003) e Clements et al. (2003), objetivando determinar a importância do tempo de ativação sobre o comportamento dos dentes adjacentes ao espaço de extração, conduziram um estudo com 24 pacientes tratados com, pelo menos, com uma extração de pré-molar com o sistema Invisalign®. A amostra foi dividida, aleatoriamente, em quatro grupos, de acordo com o período de mudança do alinhador, a cada semana ou a cada duas semanas, e o material de alinhador, rígido ou flexível. A inclinação dos dentes adjacentes à extração foi avaliada mediante modelos de gesso e ortopantomografia em três tempos: no início do tratamento com alinhadores (T0), após o tratamento com alinhadores (T2) e após o tratamento com aparelhos fixos (T3). Na análise dos resultados, os autores notaram que nenhum dos pacientes completou a série de alinhadores, resultando em uma inclinação estatisticamente significativa nos dentes adjacentes à extração do pré-molar, ocasionando uma alteração no ângulo interdental radiográfico entre T2 e T0 de 17,2° ($p < .0001$) e nos modelos de 17,3° ($p < .0001$). Os pacientes que foram continuados com aparatologia fixa sofreram um alisamento significativo dos dentes, entre T3 e T2 de -15,5° ($p < .0001$). A análise, por meio de modelos de gesso, mostrou uma alta correlação com a análise por ortopantomografia ($r=0,61$). No entanto, não houve diferenças significativas no material empregado ou no período de mudança do alinhador. Apenas um, dos 24 pacientes, finalizou o tratamento com alinhadores, 19 por aparelhos fixos e os quatro restantes se perderam ao longo do estudo.

Eliades et al. (2009) avaliaram, *in vitro*, a capacidade citotóxica e propriedades estrogênicas dos alinhadores Invisalign®. O motivo deveu-se à relação encontrada entre os adesivos, compósitos e produtos policarbonatados com potencial estrogenicidade. Essa relação foi atribuída ao composto bisfenol-A (BPA), sendo demonstrado posteriormente que, na realidade, não havia tal associação. A preocupação dos autores surgiu da potencial liberação ou degradação do material submetido a forças oclusais, devido ao fato de o paciente utilizar os alinhadores de

polycarbonato durante 22 horas/dia. Finalmente, concluíram que não havia propriedades citotóxicas estrogênicas *in vitro* que pudessem ser atribuídas à aparatologia utilizada no sistema Invisalign®.

Graco et al. (2009) realizaram um estudo para determinar as mudanças óticas, químicas e morfológicas, em curto prazo, nos alinhadores Invisalign®. Para isso, os alinhadores foram avaliados após sua recepção (grupo N), após a imersão durante 14 dias em saliva artificial a 37°C, com uma média de 24 horas/dia (Grupo A) e 10 alinhadores foram selecionados de forma aleatória para sua colocação nos 10 pacientes correspondentes, durante 14 dias, com uma média de 22 horas por dia (grupo U). As características óticas, químicas e morfológicas foram investigadas por espectroscopia na região do Infravermelho com transformada de Fourier (IV-TF), microscopia eletrônica de varredura com espectrometria de energia dispersiva de raios-X por microanálise (MEV-EDS), espectrofotometria (SP) e cromatografia gasosa com espectrômetro de massa (GC-MS). Ao avaliar os resultados, os autores observaram que os alinhadores que tinham sido usados durante 14 dias pelo paciente apresentavam microfissuras, erosões e áreas desagregadas, além de depósitos calcificados localizados de biofilme e perda de transparência. Nos grupos A e N, os autores não observaram nenhum sinal de distorção, além de não detectarem a liberação de monômeros e/ou de derivados naqueles alinhadores que foram submersos durante 14 dias em saliva artificial. Por isso, os autores sugeriram que o material utilizado nos alinhadores é quimicamente estável. O nível de transparência avaliada por análise de espectrometria mostrou ser consideravelmente mais elevado no grupo N, seguido pelo grupo A.

Premaraj et al. (2014) estudaram o comportamento das células da mucosa epitelial com o uso de alinhadores do sistema Invisalign®, já que é o primeiro ponto de contato, quando são colocados na boca. Para tal, realizaram um estudo *in vitro*, mas em condições *in vivo*, em que analisaram a resposta epitelial por meio da morte celular, alterações na morfologia celular e seu comportamento, e a integridade da função barreira entre células. As células epiteliais foram expostas no eluato obtido pela imersão do material plástico de Invisalign® em solução salina ou em saliva artificial durante duas, quatro ou oito semanas. Do mesmo modo, realizaram um grupo controle de células epiteliais sem exposição de material plástico, em solução salina e saliva artificial. Nos resultados, observaram que as células expostas em

eluato de solução salina mostraram uma forma arredondada e um aumento significativo da inatividade metabólica ou morte celular, enquanto que as células no eluato de saliva não mostraram mudança significativa na viabilidade celular, quando comparado ao grupo controle. A citometria de fluxo e o detector de impedância elétrica célula-substrato mostraram que as células tratadas no eluato de solução salina apresentavam uma integridade da membrana, reduzindo o contato célula-célula e sua mobilidade, quando comparada com o grupo de tratamento no eluato de saliva.

A *Align Technology*® (2017) introduziu o novo material SmartTrack, com o objetivo de eliminar algumas das desvantagens do EX30, como a perda de força que se produzia com o passar do tempo, exercendo pressão apenas durante os primeiros dias. Esse novo material proporcionou forças mais leves e constantes por meio de uma maior elasticidade do material (Figura 5), que lhe permitiu adaptar-se melhor à morfologia dos dentes, aos attachments e aos espaços interproximais. Isso resulta em maior controle no movimento do dente e, portanto, melhores resultados clínicos no tratamento. Para esse fim, a empresa Align Technology Inc. estudou o comportamento dos distintos movimentos com esse novo material em 1.015 pacientes, mostrando uma melhoria estatisticamente significativa no controle dos movimentos dentários, como a rotação e a extrusão, em comparação com pacientes tratados com alinhadores Invisalign® EX30.

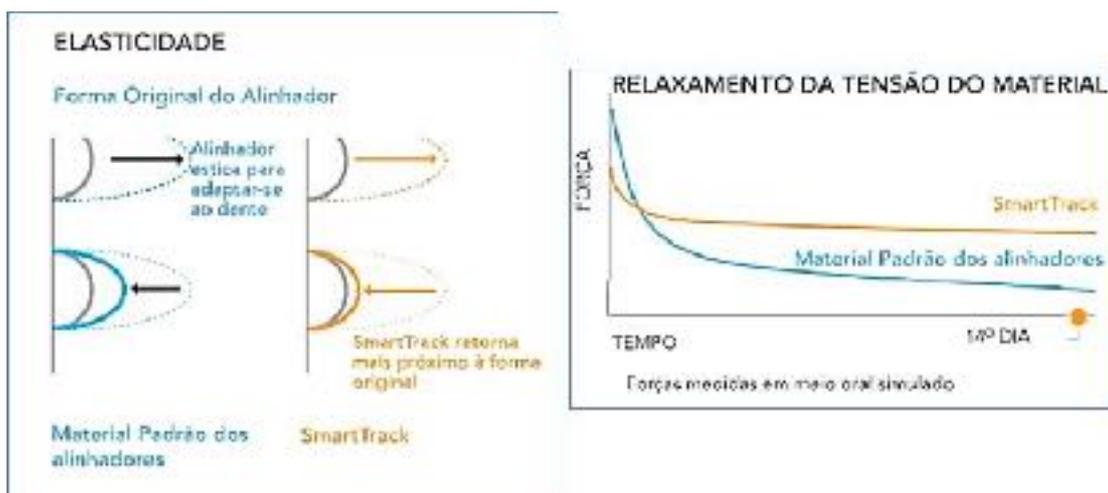


Figura 5 – Comparação da elasticidade e do relaxamento de tensão do material padrão EX30 e SmartTrack. Fonte: Invisalign®, 2017.

3.1.3 Vantagens e desvantagens

Djeu, Shelton e Maganzini (2005), considerando que a literatura relatava, como desvantagem do Invisalign®, o aparecimento de mordida aberta posterior, compararam a finalização, segundo os critérios do *American Board of Orthodontics* (ABO), em pacientes tratados com aparatologia multibráquetes e Invisalign®. Os autores selecionaram uma amostra de 48 pacientes de cada grupo e realizaram a análise do ABO. Registros de pré-tratamento (modelos diagnósticos e telerradiografias) foram analisados por meio do índice de discrepância (DI) da *American Board of Orthodontics* (ABO) Fase III, exame clínico para classificar os pacientes por gravidade da maloclusão. Esse sistema de pontuação permitiu a comparação do tratamento com Invisalign® e com bráquetes, controlando o caso de complexidade. Registros de pós-tratamento (modelos diagnósticos e radiografias panorâmicas) foram quantitativamente marcados com o uso do sistema de classificação objetiva (OGS) do exame clínico ABO Fase III. Cada uma das oito categorias do OGS foi medida para analisar os pontos fortes e fracos do tratamento com Invisalign® em relação específica aos aparelhos fixos tradicionais. A duração do tratamento foi também comparada para caracterizar as eficiências relativas dos dois tipos de aparelhos. Os autores verificaram que o grupo Invisalign® perdeu 13 pontos no OGS mais do que o grupo de bráquetes, em média, e a taxa de aprovação OGS para Invisalign® foi 27% inferior à pontuação com bráquetes. Invisalign® foram consistentemente inferior à pontuação com bráquetes para inclinação vestibulo-lingual, contatos oclusais, relações oclusais e overjet. As pontuações OGS de Invisalign® foram negativamente correlacionadas com overjet, oclusão e mordida cruzada posterior. Os pacientes Invisalign® terminaram quatro meses mais cedo do que aqueles com aparelhos fixos, em média. De acordo com o OGS, o Invisalign® não trata as maloclusões, bem como os bráquetes nesta amostra. O Invisalign® foi especialmente deficiente na sua capacidade de corrigir discrepâncias anteroposteriores e grandes contatos oclusais. Os pontos fortes do Invisalign® foram sua capacidade de fechar os espaços, corrigir as rotações anteriores e alturas da crista marginal. Os autores salientaram que esse estudo pode ajudar os clínicos a determinar quais pacientes são mais adequados para o tratamento com Invisalign®.

Miethke e Vogt (2005), considerando que como vantagens do uso de

alinhadores invisíveis são citadas a higiene oral melhorada, a diminuição do risco de descalcificação, cáries, gengivite e doença periodontal, realizaram um estudo com uma amostra de 60 pacientes, 30 deles tratados com aparelhos fixos convencionais e os 30 restantes com Invisalign®, em que foi medido, em três tempos, em um intervalo de três a quatro semanas, o índice gengival, o índice sangramento, índice de placa e da profundidade do sulco. Os resultados mostraram uma resposta similar no índice de sangramento, gengivite e de profundidade durante a primeira medida, enquanto que o índice de placa foi estatisticamente menor no grupo tratado com Invisalign®, quando comparado com o grupo tratado com bráquetes. No entanto, na segunda e na terceira medida, ambos os grupos experimentaram uma melhora, sem diferenças entre eles, mas sempre em maior medida para o grupo com Invisalign®. Os autores concluíram, pelos resultados encontrados, que a saúde periodontal não ficou comprometida, mesmo que os alinhadores do sistema Invisalign® cobrissem todos os dentes e parte da gengiva queratinizada. Isto poderia ser atribuído ao fato de que os alinhadores são removíveis, e, assim, permitirem a higiene oral.

Brandão, Pinho e Urias (2006) observaram houve um aumento das horas de uso, ao monitorarem o uso de ancoragem extraoral, Os autores utilizaram uma amostra de 20 crianças que colocaram esse tipo de aparatologia, sem mencionar que incorporava um detector de uso, sendo instruídas da necessidade de usá-lo 14 horas por dia. Setenta dias depois, os pacientes voltaram a colocar a ancoragem extraoral, e os autores do estudo mencionaram que seriam monitorados. Nos resultados obtidos, comprovaram que a quantidade de horas mencionadas pelos pacientes era menor do que a realmente empregada, além de um aumento ostensivo no uso do aparelho, quando foram instruídos de que estavam sendo monitorados.

Miethke e Brauner (2007), em outro estudo com esse mesmo grupo de 30 pacientes tratados com aparatologia Invisalign®, compararam com uma amostra de 30 pacientes tratados com aparelho lingual, observando que, diferentemente do estudo anterior, o índice de placa e gengivite na primeira avaliação foi duas vezes mais elevada nos pacientes com aparelhos linguais do que com Invisalign®. Todos os índices mostraram uma piora na segunda e na terceira medida nos pacientes com aparelho lingual, enquanto que o grupo com Invisalign® apresentou melhora acentuada entre a primeira e a terceira medida. Os autores sugeriram que esse fato

não se deveu a uma falta de motivação, como indicado no primeiro estudo, sendo a maior diferença do dobro com o Invisalign® em comparação com a terapia lingual na terceira medida.

Barbagallo et al. (2008) investigaram os efeitos dos aparelhos removíveis termoplásticos *versus* forças leves e pesadas com aparelhos fixos em pré-molares que foram extraídos após oito semanas para seu estudo. Os autores observaram que os dentes que foram submetidos a forças ortodônticas tiveram maior reabsorção radicular do que os dentes controle e que os pacientes tratados com aparelhos removíveis termoplásticos apresentavam reabsorção radicular semelhante àqueles tratados com aparelhos fixos convencionais com 25 g de força. Entre as limitações desse estudo incluem-se as oito semanas de duração do tratamento e a direção do movimento limitado no sentido sagital.

Boyd (2008), em revisão da literatura, relataram que os pacientes que apresentam desgaste excessivo nos dentes decorrentes de bruxismo também podem ser bons candidatos para o tratamento com o Invisalign®. Além de corrigir maloclusões, esse alinhador diminui o desconforto miofacial e o desgaste oclusal causado durante os hábitos parafuncionais noturnos, como o apertamento e ranger dos dentes. Além disso, pacientes com raízes curtas também podem ser bons candidatos para o uso desses alinhadores. Outra vantagem citada por esse autor é que sua utilização também pode incluir a correção da sobremordida profunda, devido à natureza mais previsível da mecânica de intrusão ortodôntica e da desobstrução dos dentes, o que elimina problemas encontrados em aparelhos fixos a partir das interferências oclusais. O planejamento por computador como uma configuração de diagnóstico virtual foi também citado como vantagem. Ao visualizar esse plano, pode-se tomar uma decisão sobre a estratégia apropriada para tratar o paciente, que pode envolver distalização de molares, elásticos interarco, extração, redução interproximal (DPI), expansão ou alguma dessas combinações. A configuração inicial do computador pode fornecer uma configuração de diagnóstico terapêutico

Brezniak e Wasserstein (2008) apresentaram um caso clínico em que o paciente, de 25 anos de idade, após a anamnese, apresentava relação esquelética Classe III com uma mandíbula alargada (140 mm) em relação a uma mandíbula de tamanho normal, e um tamanho normal, e maxila posicionada (100 mm e o ângulo

que indica a relação da maxila com a base do crânio – SNA – 80°, respectivamente), compensada por uma rotação no sentido horário do plano mandibular para SN (ponto localizado na junção de base de nariz e início de lábio superior) e Frankfurt horizontal (42° e 30°, respectivamente). A altura facial inferior para a razão total da altura facial era de 60%. A dentição mostrou uma maloclusão bilateral Classe dental III, mordida cruzada das laterais superiores, e os primeiros pré-molares esquerdos, apinhamento moderado na arcada superior e ligeiro apinhamento na arcada inferior. Os trespases horizontal e vertical eram cerca de 1 mm cada. As bordas incisal mesial dos dois incisivos centrais superiores tinham sido fraturadas aos 10 anos, e o paciente tinha estado sob a supervisão de seu dentista desde então. Nenhuma outra reclamação relacionada com os dentes traumatizados foi registrada. Pelo fato de o paciente ter solicitado um tratamento que não envolvesse a extração, sem cirurgia e sem aparelho ortodôntico, seus registros foram cuidadosamente avaliados para a técnica de tratamento com Invisalign®. O plano de tratamento foi a expansão da arcada superior, a resolução do apinhamento em ambos os arcos e a correção da mordida cruzada. Não houve nenhuma tentativa para corrigir a maloclusão de Classe III. Esse foi um plano de tratamento em acordo com o paciente, conhecendo as limitações do aparelho. O paciente usou os alinhadores conforme as instruções, com acompanhamento a cada seis semanas. Depois de várias mudanças *on-line*, a última série de alinhadores (27 para a arcada superior e 24 para a inferior) foi fabricada e encaminhada para o ortodontista, juntamente com instruções especiais para *attachments* e redução interproximal (IPR). Os autores observaram nas radiografias periapicais, panorâmicas e cefalométricas (Figura 6) o encurtamento radicular dos quatro incisivos superiores. Concluindo, afirmaram que o tratamento com Invisalign® ocasionou uma reabsorção radicular severa nos quatro incisivos superiores. Os autores salientaram que os fenômenos de reabsorção radicular podem aparecer imprevisivelmente com essa modalidade de tratamento ortodôntico, tal como acontece com todas as outras modalidades.

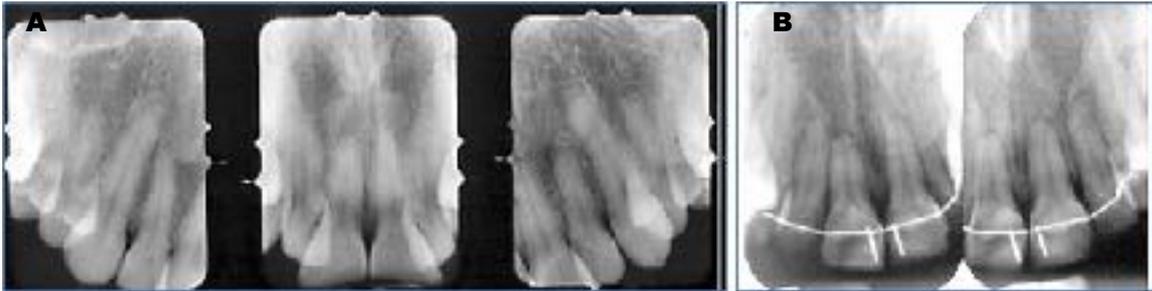


Figura 6 – Reabsorção radicular severa com o uso de Invisalign®. A) Radiografia periapical inicial; B) Radiografia periapical final. Fonte: Brezniak e Wasserstein, 2008.

Sombuntham et al. (2009) investigaram as alterações histológicas iniciais dos tecidos parodontários em resposta a um aparelho de plástico transparente em ratos. A amostra constou de 15 ratos, divididos em três grupos: grupo I – foi o controle, não tratados, grupo II – recebeu um aparelho de plástico transparente feito a partir de um setup, com o primeiro molar maxilar esquerdo reposicionado mesial 0,5 mm a partir da origem e grupo III e grupo III – que tinha uma mola em espiral fechada para mover o molar para mesial. As amostras foram preparadas em secções sagitais, e alterações nos tecidos parodontários foram avaliadas nos dias 1, 4 e 7 por microscopia de luz. Os autores constataram que no grupo II, o ligamento periodontal (PDL) foi comprimido na bifurcação e nas zonas apicais das raízes do molar. No dia 7, o PDL dos aspectos apicais e distais das raízes e, em seguida, a área de bifurcação mostrou uma maior compressão, com o PDL das raízes alongado ao longo da face mesial. No grupo III, observaram um PDL desorganizado e compactado na metade cervical mesial e no septo inter-radicular, e as fibras estiradas tinham aspectos distais das raízes após quatro a sete dias. Os autores concluíram, pelos resultados encontrados, que as alterações histológicas precoces, em resposta ao aparelho de plástico transparente, foram a intrusão e a inclinação distal, apesar do movimento mesial pretendido. Nesse modelo de estudo com ratos, as alterações histológicas observadas estavam sujeitas à direção e à magnitude das forças geradas pelo alinhador transparente.

Tuncay et al. (2009) determinaram o nível de colaboração em adolescentes durante o tratamento com a técnica Invisalign®, comprovando que a descoloração do indicador de colaboração estava altamente correlacionada com o número de horas de utilização descrito pelos pacientes. Assim, os autores concluíram que o indicador de colaboração tem uma considerável influência na melhora da eficiência e da eficácia nos tratamentos de ortodontia com alinhadores transparentes. Entretanto,

ressaltaram que esse indicador de colaboração pode ser alterado pela ingestão de bebidas gasosas ácidas, utilização de pastilhas de limpeza ou o armazenamento em água a altas temperaturas, resultando em falsos positivos quanto à detecção pela falta de uso.

A capacidade de recuperação depois de duas primeiras semanas após a inserção de três tipos de aparelhos, bráquetes labiais, bráquetes linguais e Invisalign® foi avaliada em um estudo realizado por Shalish et al. (2012). Constatou-se que o nível de dor foi significativamente maior no grupo tratado com Invisalign® e bráquetes linguais em comparação com o grupo de bráquetes labiais, mas as diferenças entre eles não foi estatisticamente significativa. No primeiro dia, o maior percentual de pacientes que relatou dor foi o grupo Invisalign® (38,1%), no entanto, essa diferença não foi estatisticamente significativa, quando comparada com os outros grupos. No segundo dia, houve um aumento dramático de dor severa nos pacientes tratados com bráquetes linguais (61,5%), sendo estatisticamente significativa em comparação com os bráquetes labiais, já que apenas 9-10% dos pacientes com bráquetes vestibulares sofriam de dor severa nos dias 1-4, 5% no quinto dia e nenhum nos dias 6-14. O consumo de analgésicos, no primeiro dia, foi mais elevado, com 36,8% nos pacientes com aparatologia lingual, mas não de forma significativa em comparação com os outros grupos, e o padrão de consumo de analgésicos foi semelhante no grupo com aparatologia bucal e lingual, com uma progressiva redução ao longo do estudo. No quinto dia, 5,2% dos pacientes com bráquetes linguais ainda utilizavam analgésicos, enquanto que o grupo com bráquetes vestibulares alcançou 0% no quarto dia. O grupo Invisalign®, no entanto, mostrou um padrão de consumo diferente, com um aumento entre os dias 1-3 e 4-5, alcançando 0% no sexto dia. Outro fator analisado pelos autores foi a disfunção oral, em que foram avaliados aspectos como a fala, a deglutição e a abertura da boca, observando uma diferença significativa no grupo com aparelho lingual em comparação com o labial ($p = .0004$) e Invisalign® ($p = .050$), não existindo diferença entre esses dois últimos grupos. Quanto à dificuldade de comer e sintomas orais, tais como língua, bochechas, lábios, mau gosto e acúmulo de comida, os autores observaram que o grupo que apresentava menos interações foi o com Invisalign®, seguido pelos tratados com aparatologia labial e, finalmente, com aparelhos linguais.

Krieger et al. (2013) publicaram um estudo retrospectivo, com 100 pacientes

tratados com Invisalign®, com maloclusão de Classe I, apinhamento e sem reabsorção radicular aparente em seus registros iniciais. Os autores observaram que tanto o gênero como a idade não tiveram associação significativa com a incidência de reabsorção radicular apical, nenhuma correlação significativa com o movimento ortodôntico sagital e vertical, com exceção dos incisivos superiores, que foram submetidos ao movimento de extrusão, no entanto, não foi considerado clinicamente relevante, devido à pequena porcentagem (4%). Ao mesmo tempo, os primeiros molares, apesar de terem sido submetidos a um menor movimento, sofreram uma redução no comprimento da raiz, todos os pacientes apresentaram reabsorção radicular, quando comparados com seus respectivos registros iniciais, com uma média de afetados de 7,36 dentes por paciente. Cinquenta e quatro por cento dos 1.600 dentes medidos não mostraram diferença no comprimento de raiz, enquanto que 27,75% mostraram uma redução de 0-10% e de 10-20% em 11,94%; apenas 6,31% de todos eles foram afetados com uma considerável redução de mais de 20%. Afirmaram que, devido à grande variabilidade individual no grau de reabsorção radicular ocorrido, não há previsão por fatores de influência externa.

Uma revisão sistemática sobre tratamento ortodôntico com alinhadores transparentes, principalmente a tecnologia do alinhador Invisalign®, foi realizada por Acar et al. (2015). Dos 103 artigos na base de dados PubMed, 74 foram publicados após 2005. A maioria desses artigos é, principalmente, de descrições dos relatórios do sistema e casos em que os pesquisadores partilham suas experiências clínicas. Estudos comparativos que investigam os efeitos do tratamento dos alinhadores sobre o conforto do paciente, a saúde periodontal, as propriedades dos materiais, a sequência de ativação e outros aspectos também têm sido estudados. Estudos que comparam os resultados das configurações do setup virtual, e o efetivo tratamento com alinhadores também estão presentes na literatura. Infelizmente, relataram que poucos estudos clínicos avaliaram a eficácia do aparelho em comparação com os efeitos do tratamento do tratamento ortodôntico fixo. Os autores argumentaram que os estudos disponíveis são insuficientes para se chegar a conclusões definitivas, comparando alinhadores transparentes com o tratamento ortodôntico fixo. Ao tirarem conclusões dos estudos revisados, em casos mais simples, relataram que o Invisalign® pode resultar em tratamentos tão bons quanto os do ortodôntico tradicional, enquanto que o tratamento ortodôntico fixo pode ser mais benéfico para

casos complexos. Salientaram, no entanto, que estudos clínicos mais controlados são necessários para definir e apoiar as capacidades e os limites da terapia eficiente com alinhadores transparentes.

Azaripour et al. (2015), em um estudo transversal, avaliaram a higiene oral e a satisfação do paciente durante o tratamento ortodôntico de pacientes com aparelhos ortodônticos fixos (AOF) ou Invisalign®. A amostra constou de 100 pacientes (AOF = 50, Invisalign® = 50) que foram submetidos a tratamento ortodôntico por mais de seis meses. Os exames clínicos foram realizados para avaliar a condição periodontal dos pacientes e comparados com os dados clínicos no início do tratamento ortodôntico. A higiene oral, a satisfação dos pacientes e os hábitos alimentares foram documentados por um questionário detalhado. A hipótese principal foi de que os pacientes Invisalign® tinham uma melhor higiene oral e parâmetros de inflamação gengival do que os pacientes AOF. A segunda hipótese era de que o Invisalign® estava associado a uma melhor qualidade de vida durante o tratamento ortodôntico do que com AOF. Foram avaliados o índice modificado de sangramento do sulco (SBI) $\leq 20\%$ e o índice de placa proximal (API) $\leq 25\%$, todos antes do tratamento ortodôntico. Todos receberam as mesmas instruções de higiene oral antes e durante o tratamento, incluindo o uso adequado de escova de dente, fio dental e escovas interdentais. Foi recomendado o uso de todas as três medidas de higiene oral, três vezes ao dia. Além disso, após exames periodontais, os pacientes receberam tratamento de profilaxia profissional de higiene antes do tratamento e foram incluídos em um sistema de recuperação, incluindo a limpeza profissional a cada seis meses. Todos os pacientes que participaram do exame clínico foram questionados sobre seu bem-estar geral, se estariam dispostos a se submeter ao mesmo tratamento novamente, hábitos de higiene oral, escolha e frequência alimentares e método de escovação usando um questionário de qualidade de vida especialmente concebido. Na hora de exames clínicos, os pacientes com AOF estavam em terapia ortodôntica de $12,9 \pm 7,2$ meses, enquanto que pacientes com Invisalign® estavam em terapia ortodôntica de $12,6 \pm 7,4$ meses. Significativamente melhores condições de saúde gengival foram registradas com o Invisalign® (IG (índice gengival): $0,54 \pm 0,50$ para AOF contra $0,35 \pm 0,34$ para Invisalign®; SBI: $15,2 \pm 7,6$ para AOF contra $7,6 \pm 4,1$ para Invisalign®), enquanto que a quantidade de placa dental foi também menor, mas não significativamente diferente (API: $37,7\% \pm 21,9$ para AOF contra $27,8\% \pm$

24,6 para Invisalign®). A avaliação do questionário mostrou maior satisfação dos pacientes tratados com Invisalign® do que com AOF. Pelos resultados encontrados, os autores concluíram que a hipótese principal foi amplamente confirmada. Os pacientes Invisalign® tiveram saúde gengival significativamente melhor, enquanto que a higiene oral não foi diferente entre os pacientes com AOF e os pacientes Invisalign®. A segunda hipótese, de que Invisalign® era superior para a qualidade de vida dos pacientes, também foi confirmada. Finalmente, o Invisalign® é mais suave para o tecido gengival do que com AOF, devido à higiene oral mais simples.

Thukral e Gupta (2015) destacaram que outra vantagem do Invisalign® é a visualização dos objetivos antes de iniciar o tratamento. Por meio de um programa denominado ClinCheck®, o clínico tem a habilidade de verificar a correção da maloclusão, movimento por movimento, permitindo realizar as correções necessárias. Em visitas de controle, podem ser avaliadas as mudanças produzidas, comparando a situação clínica do paciente com ClinCheck® ou a situação virtual, no caso de a clínica diferir do ClinCheck®, podendo-se optar por estender o período de utilização do alinhador ou tomar novas medidas para fazer uma mudança no tratamento. Entre suas principais desvantagens, destacaram a dependência da colaboração do paciente e uma possível perda do aparelho; por isso, inicialmente, essa técnica limitou-se a adultos, mas, atualmente, o tratamento está indicado para pacientes adolescentes, já que o Invisalign® adicionou um tratamento denominado Invisalign Teen®, que incorpora um detector de colaboração em cada um dos alinhadores, além de até seis alinhadores de substituição. De acordo com esses autores, a educação do paciente sobre as vantagens e as desvantagens da terapia com alinhador ou bráquetes transparentes depende, significativamente, das expectativas e de seu consentimento. O sistema Invisalign® também possui uma melhor higiene em relação aos bráquetes tradicionais. Uma vez que os alinhadores transparentes são removíveis, os pacientes podem escovar e usar o fio dental normalmente, reduzindo as chances de uma eventual coloração e deterioração que, muitas vezes, ocorre com os aparelhos convencionais. A escolha da comida e da bebida é menos restritiva. Se os pacientes desejam comer doces pegajosos ou beber refrigerante, podem fazê-lo depois de retirar o Invisalign®.

3.1.4 Previsibilidade do tratamento ortodôntico com os alinhadores Invisalign®

Miller, Duong e Derakhshan et al. (2002) descreveram um caso clínico de uma paciente, com 24 anos de idade, que apresentava, como preocupação principal, o apinhamento dos incisivos inferiores. Os objetivos do tratamento foram, principalmente, resolver o apinhamento inferior, alcançar um bom trespasse horizontal e vertical e evitar qualquer nova projeção dos incisivos superiores e inferiores em sua gengiva fina. Outras metas incluíram a melhoria da linha média inferior e a resolução da discrepância Bolton. A configuração de diagnóstico mostrou que o tratamento seria realmente aliviar o apinhamento e permitir que o caso fosse concluído com bom trespasse vertical e horizontal. A principal desvantagem é que um incisivo inferior teria de ser extraído. O incisivo lateral inferior direito foi selecionado porque era o mais desalinhado, contribuindo para o apinhamento. Após sua extração, impressões superior e inferior foram tomadas para o uso de aparelhos Invisalign®. A configuração final do dente da paciente e as fases de movimento dentário foram geradas pelo software tridimensional da Align Technology e revista pelo ortodontista em um computador, utilizando o sistema de ClinCheck. Antes da instalação do primeiro alinhador, attachments de 1 mm³ mm foram ligados verticalmente aos incisivos inferiores e ao canino direito para impedir a inclinação durante o fechamento do espaço. O tratamento do arco inferior foi iniciado primeiro, movendo os dentes adjacentes ao local da extração. Os alinhadores superiores não foram usados durante oito semanas, até que fosse conseguida sobressaliência suficiente para permitir o alinhamento dos incisivos. Os dentes foram programados para não sofrer movimento mais que 8 mm por fase. O paciente foi visto a cada quatro semanas para o recebimento de novos alinhadores e acompanhamento do progresso do tratamento, e adequada alinhador. Os alinhadores foram alterados semanalmente pelo paciente e, mais tarde, em intervalos de duas semanas. Doze etapas foram necessárias na arcada superior e 22 na inferior, com os últimos cinco alinhadores mandibulares utilizados no acabamento para adicionar a ponta da raiz mesial do canino inferior direito. O tempo total de tratamento foi de 11 meses. Foram dados à paciente contentores Hawley do tipo superior e inferior para serem usados durante a noite. Os autores constataram que a relação molar Classe I e a canina foram mantidas, e os espaços inferiores foram completamente fechados. O overjet

foi um pouco excessivo, devido às cristas marginais grossas dos incisivos superiores; caso contrário, bons trespases horizontal e vertical foram alcançados apesar de a extração de um incisivo inferior. A recessão gengival na região do incisivo central inferior direito aumentou durante o tratamento. Ambos os arcos mostraram um bom alinhamento, com a linha média superior centrada no meio dos incisivos inferiores.

Womack (2006) demonstrou que o alargamento da raiz em casos de extrações é deficiente, necessitando, por vezes, de elementos auxiliares, tais como *Power Arm* para sua correção. O autor relatou um caso clínico de um paciente com maloclusão de Classe I, com apinhamento severo, e que foi realizada a extração dos quatro pré-molares. Para a correta angulação das raízes, o autor utilizou, junto com splints de refinamento, *Power Arms* posicionados na parte mais gengival dos quatro caninos, e botões nos quatro primeiros molares, aos quais foram colocados elásticos intramaxilares, desde o *Power Arms* até o botão, objetivando endireitar a raiz dos caninos. O autor propôs a colocação de mini-implantes na altura dos primeiros molares superiores e inferiores e o *Power Arms* nos caninos no início do tratamento, a fim de evitar sua distoinclinação desde o início, requerendo a utilização de elásticos noturnos. O autor enfatizou a importância dos *attachments* selecionados, recomendando o uso de *attachment* vertical retangular convencional nos dentes pós-extração, e um *attachment* vertical retangular com 1 mm de espessura, 5 mm de comprimento e 2 mm de largura no canino. O resultado final mostrou um bom alinhamento e oclusão, com caninos na vertical, e overbite e ideais.

Kravitz et al. (2008) estudaram o comportamento de 53 caninos (33 superiores e 20 inferiores) em três situações diferentes: apenas com *attachment*, apenas com redução interproximal (IPR) e ausência de *attachment* e de IPR. Os modelos foram sobrepostos, tendo como ponto de referência os dentes não tratados ou implantes. Entre os resultados, observaram que o grupo IPR foi o único que apresentou maior previsibilidade (43,1%), com 12 dos 18 caninos com rotações que 5° , seguido por aqueles que haviam colocado *attachment* (33,3%), com 15 dos 17 caninos com rotações superiores a 5° e, finalmente, aqueles que não tinham sido submetidos à IPR ou colocado *attachment* (30,8%), com apenas dois dos 18 caninos com rotações maiores que 5° , de modo que não encontraram diferenças significativas entre os três grupos, ainda que os caninos que receberam IPR

reportaram um desvio-padrão menor.

Kravitz et al. (2009) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a eficácia dos movimentos dentários com alinhadores removíveis na região anterior. Para isso, selecionaram 37 pacientes tratados com Invisalign® somente na região anterior, avaliando 401 dentes (198 da maxila e 203 da mandíbula) pela ferramenta ToothMeasure®. A amostra foi limitada a pacientes com apinhamento ou espaçamento não maior do que 5 mm com boa interdigitação vestibular. Os modelos digitais finais com o movimento alcançado foram sobrepostos sobre os modelos virtuais finais (ClinCheck® final) com o movimento planejado, empregando, como ponto de referência, os dentes posteriores. Os movimentos estudados foram: expansão, constrição, intrusão, extrusão, inclinação mesiodistal e buco-lingual e rotação. Nos resultados, os autores observaram que a constrição lingual foi o movimento com maior exatidão (47,1%), sendo mais previsíveis nos caninos inferiores e incisivos laterais, enquanto que o movimento de extrusão foi o menos previsível (29,6%), mais acentuado no incisivo lateral superior. Quando analisaram a eficácia de cada movimento, a rotação foi o único movimento com uma diferença significativa entre os diferentes dentes ($p = .001$), sendo a rotação nos caninos inferiores (32,2%) significativamente menor do que a alcançada nos incisivos centrais superiores (54,2%) e incisivos laterais inferiores (51,6%). De modo semelhante, observaram uma correlação entre o grau de rotação do canino superior e a eficácia do movimento, reduzindo-se, de forma significativa, quando essa era mais do que 15°.

Krieger et al. (2011) conduziram um estudo piloto para avaliar a previsibilidade do modelo inicial, com ClinCheck® inicial, e o modelo final, com ClinCheck® final elaborado, a fim de determinar a precisão da montagem inicial do ClinCheck® e a previsibilidade dos movimentos na região anterior. Os autores selecionaram uma amostra de 35 pacientes com maloclusão de Classe I, com apinhamento de leve a moderado, redução interproximal (IPR), proclinação ou a combinação de ambas como plano de tratamento. Em 49% da amostra, realizaram IPR para resolver o apinhamento anterior, e em 47%, combinaram IPR com a proclinação. Os pacientes foram instruídos a usar cada alinhador 22 horas por dia, sete dias por semana, durante 2-3 semanas, e completar com um registo de observação diária durante o tratamento, registrando o número de horas que os alinhadores foram usados todos

os dias. Depois de completar a primeira série de alinhadores, silicone polivinilsiloxano pós-tratamento (PVS), as impressões foram enviadas para Align Technology Inc. Os resultados reportaram uma diferença mínima entre o modelo e o ClinCheck® inicial de 0,08 mm (DP \pm 0,3) na projeção, de 0,3 mm (DP \pm 0,4) de sobremordida e de 1 mm (DP \pm 0,4) de linha média. Esses desvios foram maiores ao serem comparados o modelo e o ClinCheck® final, com uma diferença de 0,4 mm (DP \pm 0,7), 0,9 mm (DP \pm 0,9), 0,4 mm DP \pm 0,5), respectivamente. Todos os movimentos foram muito previsíveis, embora os movimentos verticais, em menor medida, de modo que os autores recomendaram, para sua maior efetividade, o uso de elásticos verticais, a realização de refinamento com *attachments* horizontais e solicitação de correção no ClinCheck® final (Figura 7). Esses resultados são de particular interesse porque tem havido, segundo esses autores, um movimento recente entre prestadores Invisalign® para limitar o uso da redução interproximal, num esforço para diminuir valioso tempo de atendimento clínico e maximizar o conforto do paciente.

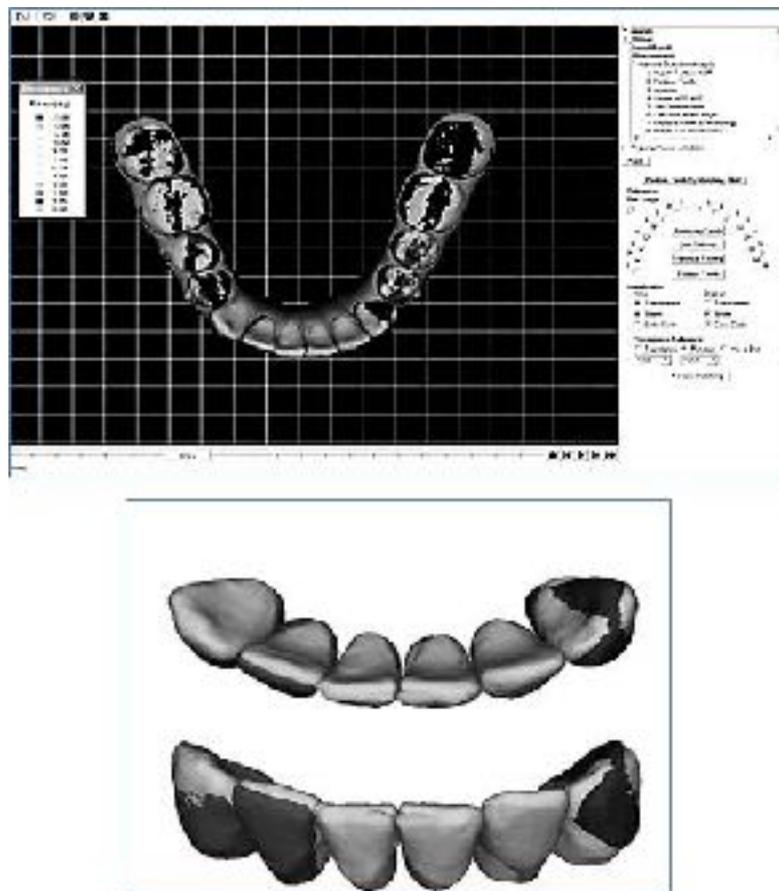


Figura 7 – Sobreposição do modelo Treat previsto sobre o modelo Treat alcançado em ToothMeasure®. A) Os dois modelos são sobrepostos ao longo dos dentes

posteriores estacionários com 0,2 mm de precisão. Notar a estabilidade dos dentes posteriores e o desvio entre o previsto vs os valores obtidos para o canino inferior esquerdo B) Desvio no previsto (cinza), e posições dos dentes anteriores alcançados (cor). A cor indica desvio que maior 15°. Fonte: Krieger et al., 2011.

Pavoni et al. (2011) estudaram as alterações transversais em uma amostra total de 40 pacientes, divididos igualmente entre ambos os grupos. Todos os pacientes apresentavam maloclusão de Classe I, com apinhamento leve, dentição permanente, sem anomalias craniofaciais, ausência de agenesia e sem tratamento ortodôntico prévio. As medições foram feitas sobre os modelos iniciais e finais, analisando a largura intercanina na superfície lingual e da cúspide, largura do primeiro, segundo pré-molar e primeiro molar da superfície lingual e fossa, além da profundidade e perímetro da arcada. No grupo tratado com bráquetes de baixa fricção, observaram um aumento da largura intercanina da cúspide de 3,15 mm, também um aumento na largura do primeiro pré-molar lingual e da fossa, com um aumento de 3,40 mm e 2,45 mm, respectivamente, similar à largura obtida nos segundos pré-molares (lingual e fossa), 2,50 mm e 2,15 mm, respectivamente, enquanto que no grupo tratado com Invisalign® ocorreu um aumento significativo na largura entre o segundo pré-molar e o primeiro molar na fossa, com 0,45 mm e 0,50 mm, respectivamente. Foram observadas diferenças estatisticamente maiores no grupo tratado com multibráquetes de baixa fricção em relação ao grupo tratado com Invisalign® na largura intercanina da cúspide ($p < .000$), largura do primeiro pré-molar, tanto lingual como fossa ($p < .000$ e $p < .000$, respectivamente), largura do segundo pré-molar, tanto lingual como fossa ($p < .001$ e $p < .000$, respectivamente) e profundidade de arcada ($p < .034$). O tempo médio de tratamento foi semelhante para ambos os grupos, 18 ± 3 meses no grupo tratado com multibráquetes de baixa fricção em relação aos 18 ± 2 meses tratados com Invisalign®. Os autores concluíram que ambas as técnicas alcançam a expansão maxilar, embora em menor medida, quando o sistema Invisalign® é empregado.

Krieger et al. (2012) realizaram outro estudo com base no anterior, com uma amostra de 50 pacientes com um apinhamento de 5,30 mm (mínimo 1,50 mm, máximo 14,50 mm) na maxila e 5,95 mm (mínimo de 2,00 mm, máximo 11,50 mm) na mandíbula. As diferenças entre o modelo e ClinCheck® inicial foram de -0,08 mm (DP \pm 0,29), 0,17 mm (DP \pm 0,38) na sobremordida e 0,09 mm (DP \pm 0,29) para o

desvio da linha média. Quanto aos resultados obtidos na previsibilidade dos movimentos, todos apresentam uma alta previsibilidade, com 98,57% no teste de equivalência, exceto do movimento de extrusão. A diferença entre o modelo e o ClinCheck® final foi 0,04 mm (DP \pm 0,65) para o comprimento do arco anterior da maxila, 0,01 mm (DP \pm 0,48) para a mandíbula, -0,13 mm (DP \pm 0,59) na distância intercanina superior, -0,13 mm na inferior (DP \pm 0,59), -0,34 mm (DP \pm 0,54) para a projeção, -0,71 mm (DP \pm 0,87) para a sobremordida e -0,24 mm (DP \pm 0,46) para o desvio da linha média. Os autores concluíram que, realizada com alinhadores (Invisalign®), a resolução do apinhamento anterior parcialmente severo foi alcançada com sucesso, a resolução de menor apinhamento anterior pela protrusão dos dentes anteriores (ou seja, o alargamento do comprimento anterior do arco) pareceu bem previsível. Os modelos ClinCheck® iniciais forneceram alta precisão em comparação com os custos iniciais. O movimento dentário obtido estava em concordância com o movimento previsto para todos os parâmetros, exceto para sobremordida.

Castroflorio et al. (2013), objetivando determinar a eficácia do *Power Ridge* (Figura 8), examinaram 12 incisivos superiores de seis pacientes tratados com Invisalign®, que requeriam torque radículo-lingual. Uma linha vertical verdadeira foi elaborada com o *software Rhinoceros* e o ângulo entre essa linha vertical e os limites gengival e oclusal do eixo facial da coroa clínica do incisivo superior foram utilizados para representar a inclinação vestibulo-lingual de cada dente em ambas as configurações virtuais e molde virtual (Figura 9). Apenas foram considerados os dentes que demonstraram uma maior circulação da raiz do que o movimento da coroa, eliminando três dentes do estudo. Nove incisivos superiores permaneceram para a análise de dados. Os autores observaram um pequeno desvio na montagem do ClinCheck® inicial *versus* os modelos no início, com um coeficiente de correlação próxima de 1 ($p < .0001$). O movimento de torque esperado (ClinCheck® final) foi muito semelhante ao alcançado (modelo digitalizado final), 10,55° e 10,53°, respectivamente, com uma alteração de 10,4° de média e um coeficiente de correlação próximo a 1 ($p < .0001$). Pelos resultados encontrados, os autores concluíram que o Invisalign® é uma boa alternativa para o controle de torque radicular do incisivo superior.



Figura 8 – Recurso *Power Ridge* em alinhador Invisalign® para controle de torque dos incisivos. Fonte: Castroflorio et al., 2013.

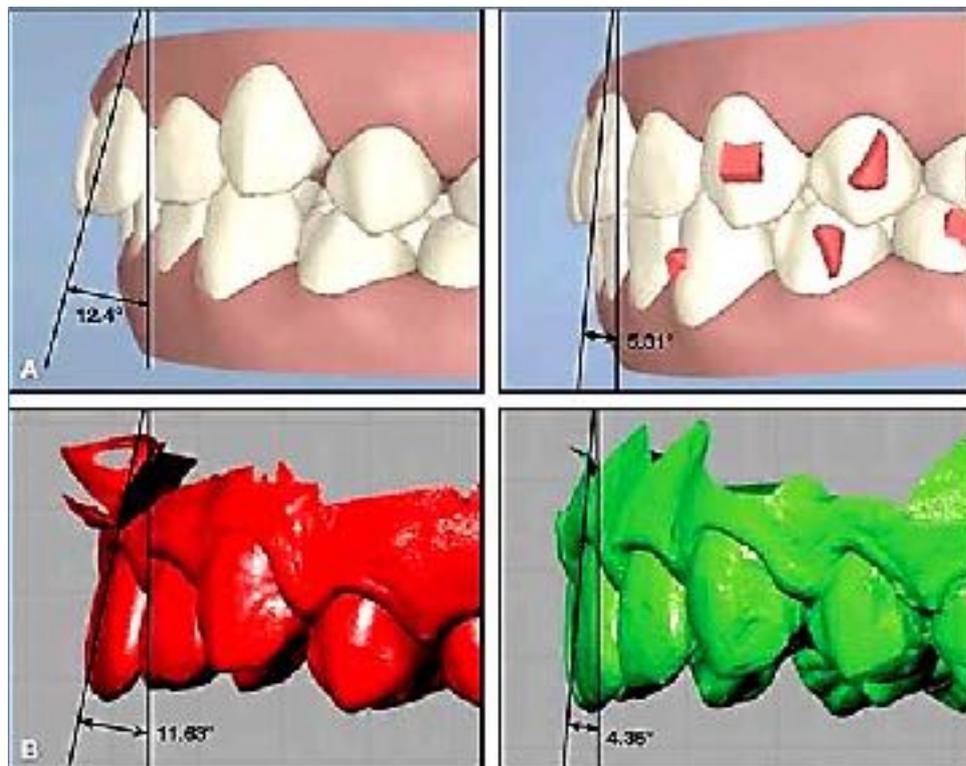


Figura 9 – Exemplos de medidas de torque executados em imagens ClinCheck®. A) Moldes de gesso digitalizados tridimensionais (3D); B) Uso do eixo facial de coroa clínica como referência. Fonte: Castroflorio et al., 2013.

Li et al. (2015) avaliaram os resultados do tratamento do sistema Invisalign®, comparando com os de aparelhos fixos nos casos de extração de adultos Classe I. Cento e cinquenta e dois pacientes adultos, ortodônticos, foram randomizados para receber Invisalign® ou tratamento com bráquetes. Todos foram avaliados por meio

dos métodos de exame do *American Board of Orthodontics Fase III*. Os critérios de inclusão foram: pacientes com idade superior a 18 anos, tratamento de extração, pacientes que aceitaram os procedimentos da pesquisa e assinaram um consentimento informado e disponibilidade de modelos de estudo pré e pós-tratamento dentário e filmes panorâmicos com boa qualidade, classificados como sendo de gravidade em complexidade, com uma pontuação de 25, utilizando o Índice de Discrepância (DI) da fase ABO III e oclusão classe I. Os pacientes elegíveis foram randomizados em dois grupos por meio de um software. Para o grupo Invisalign®, o protocolo de tratamento envolveu a inserção de uma série de alinhadores com instruções para uso 24 horas por dia, sete dias por semana. Os alinhadores foram substituídos a cada duas semanas. As maloclusões foram corrigidas sem a necessidade de introduzir alterações. A redução interproximal, com tiras de diamantes, se necessário, foi realizada com base em cada caso individualmente. No grupo com bráquetes, os participantes receberam tratamento com aparelho fixo de rotina. Nenhuma ancoragem com aparelho adicional foi utilizada durante o período de estudo. Os elásticos foram utilizados para ambos os grupos, quando necessário. A ABO-OGS foi usada para marcar os dois modelos pré e pós-tratamento para determinar os resultados do tratamento com Invisalign® e bráquetes. O sistema de classificação objetiva (OGS) é composto por oito categorias: inclinação vestibulo-lingual, relações oclusais, alinhamento, contatos interproximais, cristas marginais, contatos oclusais, overjet e angulação da raiz. Todas as medições foram feitas manualmente, com um medidor da ABO e por um único operador que desconhecia o tipo de tratamento. Com base nas orientações ABO, um caso que tivesse mais de 30 pontos provavelmente falharia, um caso em que a pontuação fosse inferior a 20 pontos seria, principalmente, aprovado para o exame de fase III, e um processo que tivesse entre 20 e 30 pontos seria considerado um caso limite e poderia ser aprovado ou não. Os autores observaram que os escores médios totais das categorias do sistema de classificação objetiva foram melhorados após o tratamento em ambos os grupos. As melhorias não foram estatisticamente significativas nos escores de alinhamento, cristas marginais, relações oclusais, overjet, contatos interproximais, e angulação da raiz. As pontuações Invisalign® foram sistematicamente inferiores às pontuações dos bráquetes para inclinação e contatos oclusais vestibulo-linguais. Pelos resultados

encontrados, os autores concluíram uma melhora global na pontuação OGS, indicando que tanto o Invisalign® quanto os aparelhos fixos foram bem sucedidos no tratamento de Classe I de casos de extração de adultos.

3.1.5 Características biomecânicas com o uso dos alinhadores Invisalign®: tipos de movimentos, dor e força aplicada

Faltin et al. (2003) relataram um caso clínico, com o objetivo de comparar o tratamento virtual, determinado por meio do planejamento prescrito pelo profissional e das imagens tridimensionais obtidas pelo programa computadorizado ClinCheck1.7 do sistema Invisalign®, com os resultados clínicos obtidos. O paciente, do gênero masculino, com 15 anos e 11 meses de idade ao início do tratamento, apresentava os dentes permanentes erupcionados e em oclusão, com exceção dos terceiros molares inferiores não presentes e dos superiores em formação. Apresentava um padrão basal (esquelético) de Classe I, um padrão dentário de Classe I de molares e de Classe II de caninos com leve atresia anterior das arcadas, protrusão dentária anterior superior, trespasse vertical aumentado (sobremordida +4,5 mm), trespasse horizontal aumentado (overjet + 4 mm), ligeiros espaçamentos e desnivelamentos superiores anteriores e giroversões de pré-molares e caninos (acentuada no 13), apinhamento anterior inferior leve, extrusão do 11 e dos dentes anteriores inferiores e desvio de linha média inferior (1 mm para direita). O padrão funcional estava equilibrado sem necessidades terapêuticas. Os objetivos do tratamento consistiram em ligeira expansão anterior das arcadas superior e inferior, alinhamento e nivelamento dos arcos dentários superior e inferior, incluindo retração dos dentes anteriores superiores e intrusão do elemento dental 11 e dos dentes anteriores inferiores com correção axial (giro) dos pré-molares e caninos, finalizando em chave de oclusão de Classe I de caninos, com trespases horizontal e vertical normalizados. Foram determinados 13 estágios (alinhadores) superiores e 14 inferiores para a correção ortodôntica planejada. Os autores optaram pela colocação de *attachments* verticais nos caninos e primeiros pré-molares superiores e inferiores para maior controle de giro, inclinação e intrusão/extrusão pela retenção e adaptação mecânica adicional determinada por esses acessórios. Solicitaram uma pequena sobrecorreção de dois estágios para os dentes 13 e 42, devido ao seu

posicionamento inicial mais desfavorável. O tempo estimado total de tratamento ativo foi previsto de, aproximadamente, sete meses com os alinhadores (14 alinhadores por duas semanas cada), a partir da instalação do primeiro alinhador com colaboração plena do paciente (uso integral dos alinhadores, remoção apenas para as refeições) e comparecimento assíduo aos retornos para checagem e troca. O paciente seguiu com o uso dos alinhadores finais como contenção inicial por dois meses seguintes. A evolução do tratamento nos sucessivos estágios e o resultado clínico final alcançado foram comparados com o tratamento virtual previsto ao início de tratamento, por meio das imagens tridimensionais do programa ClinCheck1.7 do sistema Invisalign® (Figura 10).

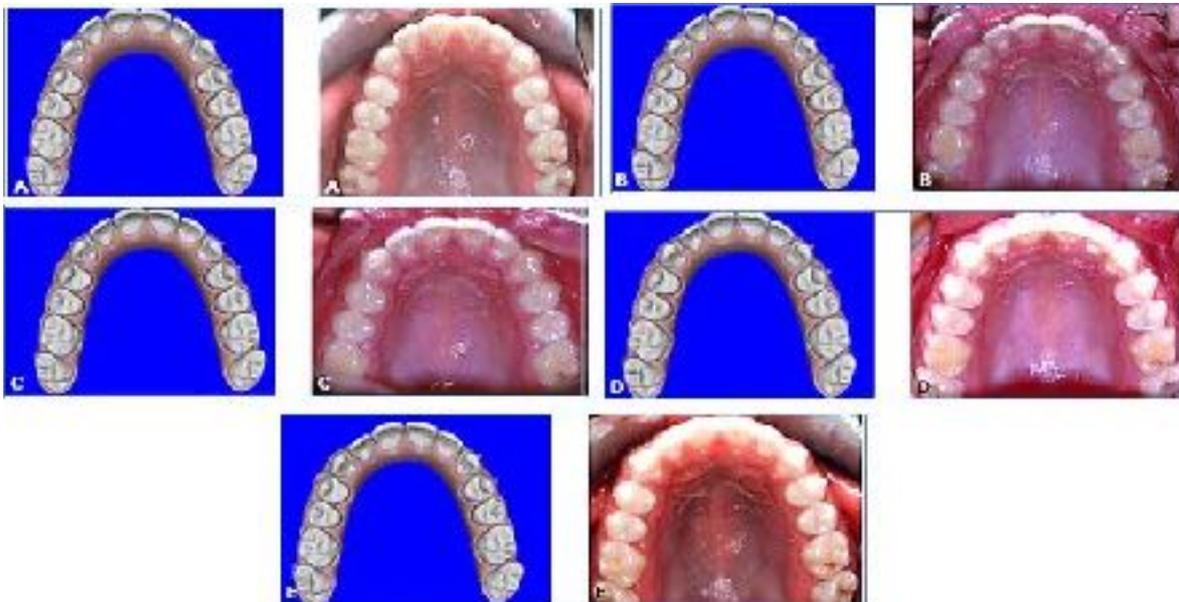


Figura 10 – Imagens tridimensionais e fotos intrabucais da progressão do tratamento virtual em norma oclusal superior com o sistema Invisalign®. A) Estágio um (inicial); B) Estágio cinco; C) Estágio nove; D) Estágio onze; E) Estágio treze (final). Fonte: Faltin et al., 2003.

Vardimon, Robbins e Brosh (2010) projetaram um novo modelo para medir, *in vivo*, as forças geradas nos incisivos centrais durante a retração anterior nos dentes de ancoragem posterior. Para esse fim, os autores selecionaram três pacientes tratados com Invisalign® com retração anterior, sem movimento dos dentes posteriores, examinando 61 alinhadores. Foram realizadas duas séries idênticas de alinhadores: a série 1 foi utilizada pelo paciente, com um período de alteração dos alinhadores de duas semanas e a série 2 foi utilizada para as medições *in vivo* de von Mises, transportadas para o paciente apenas durante a medição das forças.

Nessa última série, foram incorporados alguns medidores de pressão: um, cimentado na face vestibular do alinhador do incisivo central (unidade ativa) e outro, na face vestibular do primeiro ou do segundo pré-molar (unidade passiva de ancoragem). Essas medidas foram realizadas nos dias um, dois, nove e 15 de cada alinhador. Nos pacientes 1 e 2, os autores encontraram uma alteração entre o tempo e a localização ($p < .005$, $p < .006$, respectivamente), indicando que o tempo teve uma influência diferente, dependendo do local de medição da força, observando que o maior pico de força nos incisivos ocorreu no primeiro dia (23%, 43%, respectivamente). No paciente 1, o primeiro dia apresentou valores mais elevados em comparação com os outros dias, diminuindo no segundo dia e, mantendo-se constante até o décimo-quinto. No entanto, no paciente 2, não houve diferenças estatisticamente significativas entre os primeiro e nono dias ($p = .062$) ou no décimo-quinto ($p = .081$). Na área dos pré-molares, no paciente 1, não houve diferenças estatisticamente significativas entre o primeiro e o décimo-quinto dias de uso de cada alinhador, enquanto que no paciente 2, encontraram uma diferença significativa entre o primeiro dia e o décimo-quinto ($p < .038$). Resultados diferentes foram observados no paciente 3, já que não encontraram uma interação entre o tempo e a localização ($p = .299$), indicando que o tempo tem um efeito semelhante em ambos os locais. No entanto, como no paciente 1, constataram uma diferença estatisticamente significativa na força dos incisivos entre o primeiro e os outros dias ($p = .001$), sendo maior no primeiro (29%) do que nos outros, diminuindo no segundo e mantendo-se constante até o décimo quinto. Não houve diferença na região posterior entre os diferentes dias. Concluindo, os autores afirmaram que cada alinhador deve ser usado perto de 24 horas nos primeiros dois dias, com o tempo, posteriormente reduzido (12 dias restantes). Os alinhadores finais devem ser mais grossos ou desgastados por longo período (por exemplo, três semanas). Salientaram que apesar da propriedade de ancoragem intrínseca do alinhador, o reforço do *attachment* deve ser considerado em requisitos exigentes de ancoragem.

Drake et al. (2012) realizaram um estudo *in vivo*, comparando um grupo-controle de 37 pacientes, com um período de mudança do alinhador de 14 dias, a um grupo experimental de 15 pacientes, com uma mudança de alinhador de sete dias. Ambos os grupos apresentavam dentição permanente com, pelo menos, um incisivo central superior com espaço suficiente para permitir o movimento

anteroposterior do espaço de 2 mm. Os indivíduos do grupo experimental utilizaram quatro alinhadores inferiores, que foram duplicados para a substituição de um novo alinhador no início de cada semana ímpar, enquanto que o grupo controle utilizou apenas quatro alinhadores, com um período de mudança de duas semanas. Os alinhadores de ambos os grupos foram programados para mover um incisivo central 0,5 mm a cada duas semanas, para um movimento dental programado total de 2 mm. Ao analisarem os resultados, os autores observaram que não houve diferenças significativas entre os grupos ($p = 72$), com uma média de movimento total de 1,11 mm (DP \pm 0,30) para o grupo com mudança semanal e de 1,07 mm (DP \pm 0,33) para o grupo com a mudança quinzenal. No entanto, o movimento ortodôntico ocorreu 4,4 vezes mais durante a primeira semana, com uma diferença estatisticamente significativa, quando comparado com a segunda semana, tanto no grupo-controle como no experimental ($p < .001$), produzindo-se no grupo experimental uma média de movimento durante a primeira semana de 0,21 mm (DP \pm 0,09) em comparação a 0,23 mm (DP \pm 0,13) no grupo-controle, enquanto que na segunda semana apenas foi obtida uma média de 0,07 mm (DP \pm 0,08) e de 0,04 mm (DP \pm 0,11), respectivamente.

Fujiyama et al. (2014) avaliaram e compararam a diferença no nível de dor, utilizando a escala visual analógica (EVA) entre os casos tratados com o aparelho edgewise e Invisalign®. Além disso, foi identificada a causa da dor e desconforto nos casos Invisalign®. A amostra consistiu de 145 casos para o grupo edgewise (EG, $n = 55$), grupo Invisalign® (IG, $n = 38$), e grupo edgewise e Invisalign® (EIG; $n = 52$). As pontuações VAS foram coletadas durante as três primeiras etapas (primeira fase – zero a sete dias, segunda etapa – 14 a 21 dias e a terceira fase – 28 a 35 dias) e no final do tratamento (pontuação geral VAS). A avaliação da causa da dor foi classificada em três tipos diferentes de problema (categoria 1 – crista marginal sem suavização ou materiais ausentes, categoria 2 – deformação de attachments e categoria 3 – deformação da moldeira). A comparação estatística das pontuações VAS entre os grupos foi realizada por meio de análise bidirecional de variância. Uma pontuação significativamente maior de VAS foi observada três e quatro dias depois, em um, dois e três dias depois, e aos dois e três dias depois das fases 1, 2 e 3, respectivamente, em EG comparado com EIG e IG. Foi observada uma diferença significativa na pontuação geral de VAS entre EG e IG na intensidade da dor,

número de dias que a dor durou e nível de desconforto. Apenas a intensidade da dor resultou em uma diferença significativa entre GE e EIG. Nos casos Invisalign®, a maioria das causas do problema foi a deformação da moldeira. Os autores concluíram que o Invisalign® pode oferecer menos dor, quando comparado com o aparelho edgewise durante as fases iniciais do tratamento. No uso de Invisalign®, a deformação da moldeira deve ser cuidadosamente verificada para evitar a dor e o desconforto para os pacientes.

Lin et al. (2014) relataram um caso clínico de paciente com mordida aberta anterior, com pouca exposição dos incisivos superiores, ao que implantaram mini-implante (2 x 9 mm) no centro da sínfise mandibular e botões estéticos cimentados na parte mais gengival dos quatro incisivos superiores (Figura 11) para a posterior colocação de elásticos intermaxilares em combinação com *Optimized Extrusion Attachment*. Após 18 meses, a paciente finalizou o tratamento satisfatoriamente, mostrando na sobreposição cefalométrica uma extrusão absoluta dos incisivos superiores de 2 mm, com proclinação de 1°, retroinclinação de 9° e intrusão de 2 mm dos incisivos inferiores, mantendo-se constante posição vertical dos primeiros molares superior e inferior. No entanto, os autores ressaltaram que esses resultados referem-se a um caso clínico, e que não deve ser considerado como evidência científica extrapolada para todos os tratamentos, sendo necessários estudos randomizados que permitam confirmar esse tipo de impressões clínicas.



Figura 11 – Movimento de extrusão. A) Elásticos intermaxilares desde o mini-implante na sínfise mandibular e botões na face vestibular dos incisivos superiores – vista frontal; B) Elásticos intermaxilares desde o mini-implante na sínfise mandibular e botões na face vestibular dos incisivos superiores – vista lateral. Fonte: Lin et al., 2014.

A previsibilidade do movimento de rotação, de torque e de distalização e sua influência com os auxiliares (*attachment*, *Power Ridge*) na eficácia do tratamento foi estudada por Simon et al. (2014). Foi coletada uma amostra de 30 pacientes tratados com Invisalign®, que requeriam, pelo menos, um dos três movimentos, com uma alteração de torque nos incisivos de menos 10°, uma desrrotação do pré-molar maior que 10° e uma distalização molar maior que 1,5 mm. Para a análise dos movimentos, os modelos de início e de fim do tratamento foram digitalizados por um laser, os pontos de medição foram registrados com uma câmara de carga acoplada (CCD) com uma precisão de cerca de 20 microns. Os modelos digitalizados individuais foram agrupados e fundidos em uma única nuvem de pontos com o uso de computador para a obtenção de um conjunto de dados tridimensionais. Os ClinCheck® finais de tratamento foram fornecidos pela Align Technology Inc. como modelo virtual tridimensional. Para estudar os movimentos, os autores realizaram um estudo de boca dividida, de forma que os movimentos foram divididos em dois subgrupos, dependendo do emprego ou não de auxiliares. No primeiro subgrupo, foram usados *attachment* colocados por técnicos da Align Technology Inc., seguindo seu protocolo de colocação de *attachment* para o reforço dos movimentos, enquanto que no outro subgrupo não utilizaram *attachments*. O grupo submetido à correção de torque do incisivo foi dividido em um subgrupo tratado com um *attachment* horizontal elipsoidal e o outro subgrupo, tratado com *Power Ridge*. O grupo com correção de rotação pré-molar foi dividido em um subgrupo tratado com *Optimized Rotation Attachment*, em comparação com outro subgrupo sem *attachment*. Por fim, o grupo tratado com distalização foi dividido em um subgrupo com *attachment* chanfrado horizontal e outro sem. Nos resultados, os autores observaram uma eficácia média de todos os movimentos de $59 \pm 0,2\%$, apresentando uma efetividade no movimento de torque de $42 \pm 0,2\%$, não havendo diferença estatisticamente significativa entre o subgrupo tratado com *Power Ridge* e com *attachment* elipsoidal horizontal. O movimento de desrrotação do pré-molar foi menos previsível, com $40 \pm 0,3\%$, não havendo diferença estatisticamente significativa entre o subgrupo tratado com e sem *attachments*. Observaram, por sua vez, que a previsibilidade diminuía significativamente, quando a rotação era superior a 15°. Finalmente, o movimento mais previsível foi a distalização, com uma taxa de $87 \pm 0,2\%$, não existindo nenhuma diferença entre os dois subgrupos. Diante desses resultados, os autores concluíram

que o torque incisivo, a desrrotação dos pré-molares e a distalização de molares podem ser realizados com alinhadores Invisalign®. O estadiamento (movimento/ alinhador) e o montante total do movimento planejado têm impacto significativo sobre a eficácia do tratamento.

Rossini et al. (2015) revisaram a literatura, com o objetivo de avaliar a evidência científica relacionada com a eficácia do tratamento com alinhador transparente (CAT) no controle da movimentação ortodôntica. Os autores selecionaram 11 artigos relevantes (dois ensaios clínicos randomizados (RCT), cinco prospectivos não randomizados, quatro retrospectivos não aleatórios) e risco de viés moderado em seis estudos e pouco claros para os outros. Os autores concluíram que a quantidade de intrusão média relatada foi de 0,72 mm. A extrusão foi o movimento mais difícil de controlar (30% de precisão), seguida do de rotação. A distalização dos molares superiores revelou a maior previsibilidade (88%), quando um movimento corporal de, pelo menos, 1,5 mm foi prescrito. A diminuição do índice do Little (arcada inferior: 5 mm; arco superior: 4 mm) foi observada no alinhamento dos arcos. No entanto, salientaram que esses resultados devem ser interpretados com cautela por causa do número, da qualidade e da heterogeneidade dos estudos.

4 DISCUSSÃO

Cada vez mais, os materiais estão revolucionando a ortodontia moderna, reduzindo o tempo de tratamento e de cadeira, minimizando desconforto e buscando a estética (FALTIN et al., 2003).

Atualmente, estudos sobre tratamento ortodôntico com alinhadores transparentes investigam, principalmente, a tecnologia do Invisalign®. Faltin et al. (2003) e Thukral e Gupta (2015) afirmaram que esse alinhador é uma alternativa de tratamento interessante diante das exigências de certos pacientes, pois é de poliuretano, quase imperceptível, não sendo necessários os usos de fios ou de outros acessórios metálicos. Possui, cada um, aproximadamente 0,7 mm de espessura e movimenta os dentes de 0,25-0,30 mm.

Para Boyd (2008) e Thukral e Gupta (2015), o Invisalign® é indicado para tratamento de apinhamento ligeiro a moderado (1-6 mm), espaçamento ligeiro a moderado (1-6 mm), mordida cruzada dentária (não esquelética) e recidiva do tratamento ortodôntico prévio. Tratamentos mais complexos, envolvendo extrações, movimento distal, mordidas profundas e casos periodontais foram relatados na literatura. Para esses autores, isso se deve, provavelmente, às melhorias no sistema, que permite o movimento simultâneo de todos os dentes. Os *attachments* podem ser usados para dar mais retenção aos alinhadores durante a correção da curva de Spee, por extrusão, rotação, translação e controle de torque.

Conforme Miranda, Oliveira e Oliveira (2016), são bons candidatos para o tratamento com alinhadores os pacientes com bruxismo, já que os próprios aparelhos funcionam de forma semelhante ao de proteção noturna. Uma vez finalizado o tratamento, os alinhadores são colocados, a fim de reduzir os efeitos de apertamento ou de bruxismo noturnos. Corroborando com esses autores, Boyd (2008) reportou que essa disocclusão dos dentes, causada pela espessura dos alinhadores, evitam as interferências produzidas com aparelhos fixos, favorecendo a correção de mordidas cruzadas anteriores e posteriores.

Para Miethke e Vogt (2005) e Miethke e Brauner (2007), entre os pacientes candidatos incluem-se aqueles que apresentam tratamento periodontal, devido à diminuição da placa em comparação com aparelhos fixos bucal ou lingual. A colaboração do paciente é muito importante para o sucesso terapêutico, devendo

usar constantemente os alinhadores, a fim de obter os movimentos desejados (22 horas). A verdadeira inovação do método é representada pelo ClinCheck Invisalign® (INVISALIGN, 2016). Essa simulação tridimensional digital, altamente realista, permite que o clínico e o paciente verifiquem o processo terapêutico do começo ao fim. Na análise de cada aspecto do tratamento, a cooperação e a motivação do paciente são necessárias (MIETHKE; VOGT, 2005).

Um dos seus principais benefícios é a melhora da estética durante o tratamento ortodôntico (MUGGIANO; QUARANTA, 2013). Além disso, Shalish et al. (2012) relataram que, para alguns pacientes, as considerações estéticas são tão importantes como outros fatores, tais como o conforto, a dor, o custo ou a duração do tratamento.

Outra vantagem é a melhora da higiene oral, reduzindo o risco de descalcificação, cáries, gengivite e doença periodontal, pois o tratamento com ortodontia fixa ocasiona grande retenção de placas, aumentando o risco de manchas brancas, cárie e periodontite. No estudo realizado por Miethke e Brauner (2007), os autores concluíram que apesar de todos os dentes e partes da gengiva queratinizada serem abrangidos quase todos os dias durante o tratamento com Invisalign®, o risco periodontal foi menor do que o associado aos aparelhos fixos linguais. É por isso que a avaliação de como eliminar esses fatores de risco tem sido de grande interesse para muitos autores, de acordo com Rothier et al. (2014), sendo o melhor índice de higiene oral em pacientes com aparelhos removíveis (ACAR et al., 2015).

Autores como Barbagallo et al. (2008), Brezniak e Wasserstein (2008), Sombuntham et al. (2009) e Krieger et al. (2013) citaram que outra vantagem foi a diminuição da reabsorção radicular, devido à aplicação de forças leves; no entanto, foram poucos artigos encontrados em relação à reabsorção radicular apical com aparelhos termoplásticos removíveis (alinhadores).

Já, para Boyd (2008) e Muggiano e Quaranta (2013), o tratamento com alinhadores é altamente benéfico em pacientes com mordida aberta anterior leve, por apresentar o material termoplástico uma espessura dupla em sua superfície oclusal, em combinação com a força de mastigação do paciente, exercendo uma força de intrusão nos dentes posteriores, produzindo uma disclusão posterior, fechando, ligeiramente, a mordida anterior, ao contrário do componente extrusivo

com aparelhos fixos, que produzem uma diminuição da sobremordida, especialmente, quando elásticos intermaxilares são utilizados.

Entre suas desvantagens, Bollen et al. (2003) afirmaram que todos os pacientes do estudo que finalizaram o protocolo dos alinhadores necessitaram de uma fase de refinamento ou término com bráquetes, e aqueles que não puderam finalizar o tratamento com os alinhadores deveu-se a um mau ajuste, novo planejamento do plano de tratamento ou não conformidade de continuar com o protocolo. Portanto, apenas 15 dos 51 sujeitos iniciais completaram a série predeterminada de alinhadores. A exploração da amostra mostrou que os indivíduos com duas ou mais extrações apresentaram o maior índice de tratamento incompleto, sendo 'zero' o número de pacientes que finalizaram o protocolo de alinhadores, existindo uma grande diferença no êxito do tratamento: se estava submetido a mais de duas extrações, não as realizaram ou se eram menores do que duas. A limitação do estudo radicou na seleção de casos complexos, pois na metade deles, aproximadamente, com extrações de pré-molares, foram empregados dois protocolos de alteração de alinhadores (sete dias contra 15), e de material do alinhador (suave em comparação com o rígido), que foram aleatoriamente randomizados.

Da mesma forma, a *Align Technology* (2017) reportou que aproximadamente 20-30% dos pacientes tratados necessitam de correção por impressões de refinamento para atender a todos os objetivos propostos.

Outra desvantagem é o possível aparecimento de mordida aberta posterior. Djeu, Shelton e Maganzini (2005) selecionaram uma amostra de 48 pacientes em cada grupo submetido à análise da ABO. Entre os critérios avaliados, o grupo tratado com bráquetes recebeu uma melhor pontuação em relação aos pontos de contato em comparação com os pacientes tratados com Invisalign®, atribuídos à dupla camada que se compõe o alinhador (uma espessura total de 0,06 microns) e às forças de mastigação, criando, geralmente, uma intrusão posterior após três meses do início do tratamento, aumentando a distância interoclusal (KRAVITZ et al., 2009), embora esse efeito possa ser benéfico para os pacientes com escassa sobremordida, mordida anterior ou mordida ligeiramente aberta, demonstrando um déficit de contatos oclusais posteriores após a finalização do tratamento (BOYD, 2008).

Adicionalmente, como condições difíceis de tratar e contraindicações, Muggiano e Quaranta (2013) reportaram: apinhamento ou diastema >5 mm, discrepâncias anteroposteriores esqueléticas >2 mm, relação cêntrica e discrepâncias cênicas oclusais, rotações >20°, dentes extruídos; inclinação >45°; dentes com coroas clínicas curtas, arcos com vários dentes ausentes. Os pacientes que necessitam de extrações (em particular de pré-molares ou incisivos) não são candidatos adequados para esse tipo de tratamento, uma vez que esses dispositivos não mantêm os dentes em posição vertical durante o fechamento dos espaços, inclinando excessivamente em torno dos locais de extração.

As forças e os momentos gerados por alinhadores plásticos têm sido pouco estudados, considerando que a quantidade de movimento linear padrão, tanto sagital quanto vertical, estabelecida pela Align Technology Inc., é 0,25 mm (0,15-0,25 mm) por alinhador, dois graus para as rotações e um grau para alterações de torque dos incisivos (SIMON et al., 2014).

Rossini et al. (2015) constataram que os alinhadores transparentes são eficazes no controle de intrusão anterior, mas não de extrusão anterior, no controle da inclinação posterior vestibulo-lingual, mas não na inclinação anterior vestibulo-lingual, no controle dos movimentos corporais dos molares superiores de cerca de 1,5 mm e não eficazes, em particular, no controle da rotação de dentes arredondados.

Poucos são os estudos que avaliam a previsibilidade do movimento de torque. Castroflorio et al. (2013) examinaram 12 incisivos superiores de seis pacientes tratados com Invisalign®, que requeriam torque radículo-lingual, observando que o movimento de torque esperado (ClinCheck® final) foi muito semelhante ao movimento alcançado (modelo final digitalizado), 10,55° e 10,53°, respectivamente, com uma mudança de 10,4° de média e um coeficiente de correlação próximo de 1 (p <.0001).

Um ano mais tarde, Simon et al. (2014) realizaram um estudo em que foi avaliada uma série de movimentos, entre eles o de torque superior a 10°, e a influência do *attachment* e *Power Ridge* com a eficácia do tratamento. Os resultados mostraram uma efetividade no movimento de torque de 42±0,2%, não havendo diferença estatisticamente significativa entre o subgrupo tratado com *Power Ridge* e o tratado com *attachment* elipsoidal horizontal.

Outro movimento mais difícil de ser alcançado com esse tipo de aparelho é o controle da raiz durante o fechamento do espaço. Womack (2006) demonstrou que o alargamento radicular, em casos de extração, é deficiente, requerendo, por vezes, elementos auxiliares, como *Power Arm* para sua correção. Com o objetivo de determinar uma maior profundidade do comportamento dos dentes adjacentes ao espaço de extração, Baldwin et al. (2008) observaram, ao analisar os resultados em um estudo com 20 pacientes tratados com, pelo menos, uma extração de pré-molar com o sistema Invisalign®, que a inclinação foi significativamente maior nos dentes adjacentes à extração, mas não encontraram diferenças significativas no material usado ou no período de mudança do alinhador em relação à inclinação do pré-molar.

Outro padrão de extração é o de um incisivo inferior, embora sejam escassas as publicações sobre o tratamento desses casos clínicos. De acordo com Miller, Duong e Derakhshan (2002), isso pode ser pelo fato de que são poucos pacientes que preenchem os padrões para esse tipo de tratamento, como classe I molar, apinhamento do incisivo inferior moderado, apinhamento leve ou sua ausência na arcada superior, perfil aceitável dos tecidos moles, sobremordida leve-moderada, mínimo potencial de crescimento, discrepância no tamanho dentário, como microdontia dos incisivos laterais, o que vai evitar a realização de desgaste interproximal para o ajuste do ressalte.

Clements et al. (2003) observaram que os resultados no fechamento de extrações de incisivos inferiores são melhores do que os obtidos com a extração de pré-molares superiores e inferiores, no entanto, a diferença na quantidade absoluta de fechamento não foi significativa ($p < .05$). Os melhores resultados foram observados no fechamento de espaço, quando o alinhador foi colocado durante um período de duas semanas, em comparação com uma semana; essa diferença foi apenas significativa no fechamento de espaço de incisivo inferior. Miller, Duong e Derakhshan (2002) recomendaram o uso de *attachment* retangular vertical nos dentes adjacentes à extração, a fim de alcançar um correto paralelismo. No entanto, apesar de o uso dos *attachments* verticais retangulares, os autores mostraram, mediante um caso clínico, uma excessiva inclinação distal da raiz do canino adjacente e uma ligeira angulação mesial do incisivo adjacente, além de uma ligeira reabsorção radicular dos incisivos.

Relativo ao movimento de extrusão, Kravitz et al. (2009) encontraram que o

incisivo central superior foi o dente com menor grau (18,3%), seguido pelo incisivo central inferior (24,5%), sendo o incisivo lateral superior com maior exigência de extrusão. Apenas 13 dos 64 dentes conseguiram extrusões maiores que 1 mm (1,0-1,8 mm), sendo 0,56 mm a extrusão média obtida. Portanto, o ortodontista poderia considerar como uma alternativa, para uma maior previsibilidade do movimento, a combinação de extrusão com movimentos mais precisos, tais como retração ou retroinclinação, o que comumente se conhece como extrusão relativa.

Clements et al. (2003) observaram, ao analisar as diferentes variáveis do índice PAR, que dos 51 pacientes tratados com Invisalign®, apenas dois não partiam de uma situação de sobremordida favorável, finalizando o tratamento com uma situação pior do que a inicial. Lin et al. (2014) optaram pelo uso de ancoragem óssea temporal para aumentar a previsibilidade do movimento de extrusão.

De acordo com Clements et al. (2003), ao contrário do movimento de extrusão, a intrusão do setor anterior é considerada um movimento de alta previsibilidade. No entanto, quando essa situação é significativa, havendo uma grande sobremordida, sua eficácia diminui acentuadamente.

Por sua vez, a *Align Technology* (2017) recomendou, para a intrusão de dentes anteriores, o uso de *attachment* horizontal chanfrado nos dentes adjacentes distais aos dentes a serem intruídos em ambas as hemiarcadas, já que a força de intrusão exercida nos incisivos produz uma força de extrusão nos dentes posteriores, que tende a deslocar os alinhadores. Com a incorporação do G5, em 2014, os *attachment* horizontais chanfrados foram substituídos pelos *Deep Bite Attachments*, no caso de necessitar de extrusão dos pré-molares ao invés da intrusão anterior. Os *attachments* de retenção dos pré-molares são fabricados com uma superfície ativa para ajudar a extrusão relativa do segmento bucal durante a intrusão dos dentes anteriores. É frequente que os dentes distais a intruir, caninos e pré-molares estejam rotacionados e requeiram desrrotação. Nesses casos, os *Deep Bite Attachments* serão substituídos pelos *Optimized Rotation Attachment*.

Kravitz et al. (2009) encontraram que a média de intrusão foi inferior (41,3%), sendo, inclusive, mais precisa a intrusão anteroinferior (46,6%) do que a anterossuperior (44,7%). O dente com menor capacidade de intrusão foi o incisivo lateral superior, provavelmente, devido à força gerada pelo canino adjacente. Esses autores encontraram que apenas 41 dos 189 dentes haviam alcançado uma intrusão

maior de 1 mm e apenas dois dentes foram intruídos mais de 2 mm. Com o sistema Invisalign®, pode-se escolher onde se deseja atuar, seja apenas nos dentes superiores ou inferiores, ou realizar uma combinação de ambos os arcos ou mesmo combiná-lo com a extrusão dos dentes posteriores.

Quanto ao movimento de rotação, Kravitz et al. (2009) observaram que a maior capacidade situa-se no incisivo central superior (54,2%) e a menor, no canino inferior (29,1%). Por sua vez, foi avaliada a rotação de caninos superiores e inferiores em função de se a rotação era maior ou menor do que 15°, observando uma diminuição na capacidade de rotação nos caninos superiores, quando era maior do que 15°. Esses dados sugerem que o movimento de rotação para os dentes com coroas redondas apresentam uma menor precisão, de forma que esses autores recomendaram realizar sua sobrecorreção, tanto para caninos como para pré-molares, adicionando *attachments* ou elementos auxiliares, assim, a forma da coroa terá uma maior influência do que seu tamanho quanto à precisão de movimentos com o sistema Invisalign®. No entanto, afirmaram que são poucos os estudos que têm analisado a influência existente entre a previsibilidade do movimento de rotação e a utilização de *attachments* e realização de redução interproximal (IPR).

Kravitz et al. (2008) mostraram que o grupo com IPR apresentou uma previsibilidade maior (43,1%), seguido por aqueles que tinham colocado os *attachments* (33,3%) e, finalmente, aqueles que não haviam sido submetidos IPR, ou colocado *attachments* (30,8%). Entretanto, essas diferenças não foram estatisticamente significativas, apesar de os caninos que receberam IPR reportarem um desvio-padrão menor. Há que se considerar que os *attachments* utilizados nesse estudo foram os elipsoides, com 0,75 mm de espessura, no entanto, ao longo da evolução do sistema, foram incorporados os *Optimized Rotation Attachments* para melhorar a previsibilidade. Por isso, Simon et al. (2014) realizaram um estudo para avaliar a previsibilidade do movimento de rotação com *attachments* otimizados, empregando uma amostra de 20 pacientes divididos, igualmente, em dois grupos. Dez deles tratados com *Optimized Rotation Attachments* e os 10 restantes sem a presença de *attachments*, obtendo uma eficácia de $37,5 \pm 0,3\%$ no grupo tratado com *attachments* e $42,4 \pm 0,3\%$ naqueles não usaram, não encontrando diferença significativa entre os dois grupos.

Os movimentos mesiodistais com Invisalign® têm despertado um interesse contínuo para todos os clínicos. Kravitz et al. (2009) observaram que o movimento mesiodistal mais previsível ocorreu no incisivo lateral inferior (48,6%), seguido pelo incisivo lateral superior (43,1%), canino superior (35,5%) e incisivo central superior (38,6%). O dente com menor fiabilidade de movimento foi o canino inferior (26,9%). Esses dados sugerem que os dentes com raízes mais longas são mais difíceis para conseguir um movimento mesiodistal.

Quanto à correção sagital da maloclusão, Clementes et al. (2003) e Djeu, Shelton e Maganzini (2005) sugeriram o potencial limitado desses aparelhos. Clementes et al. (2003) observaram que dos 50 pacientes tratados com Invisalign® partiam de uma posição oclusal anteroposterior incorreta, melhorando apenas em 32% deles, enquanto que 32% não apresentaram qualquer alteração e 36% pioraram em comparação com a oclusão inicial. Outro aspecto anteroposterior a avaliar foi a projeção, dos quais 10 dos 50 casos tiveram uma projeção adequada, produzindo piora em apenas um deles. Os 40 pacientes restantes tiveram uma projeção incorreta, produzindo uma melhoria em 21 deles (52,5%) e uma piora em sete (17,5%), que não utilizaram elementos auxiliares, como elásticos intermaxilares, e não foram submetidos a refinamento.

Corroborando com esses autores, Djeu, Shelton e Maganzini (2005) compararam os resultados obtidos pelo índice ABO em 48 pacientes tratados com Invisalign®, em comparação com 48 tratados com aparelhos multibráquetes (Tip-Edge), obtendo valores de ressalte ($p < .036$) e relação oclusal ($p < .0149$) estatisticamente melhores nos tratados com aparelhos multibráquetes em comparação com aqueles tratados com Invisalign®. Os tratados com Invisalign® não foram submetidos a refinamento ou o uso de elásticos.

5 CONCLUSÃO

Após revisar a literatura, conclui-se que:

- a transparência do aparelho Invisalign® aumenta seu apelo estético para pacientes adultos e adolescentes que não se dispõem a usar aparelhos ortodônticos fixos convencionais;
- as vantagens são a melhora estética alcançada durante o tratamento ortodôntico, higiene oral melhorada, redução do risco de descalcificação, cáries, gengivite e doença periodontal e visualização dos objetivos antes de iniciar o tratamento;
- por serem dispositivos removíveis, requerem mais motivação do paciente e autodisciplina necessária para alcançar os resultados desejados, devendo ser utilizados 22 horas por dia;
- é útil em casos com sobremordida aumentada, já que a mecânica de intrusão é mais previsível do que com ortodontia fixa. As mordidas cruzadas anteriores e posteriores são tratadas de forma eficaz, visto que os alinhadores desocluem e favorecem o movimento corretivo;
- é útil em pacientes com bruxismo, pois os alinhadores previnem o desgaste oclusal;
- o sistema Invisalign® tem limitações, não sendo recomendado para a correção de todos os tipos de maloclusões, necessitando de indicação precisa;
- mais estudos clínicos e de longo prazo são necessários para se familiarizar com a biomecânica e a eficácia do Invisalign®.

REFERÊNCIAS

ACAR, Y. B.; KOVAN, A. I.; ATESX, M.; BIREN, S. How efficient are clear aligners? Clear aligners vs traditional orthodontic treatment: a systematic review. **Turkish J Orthod**, İstanbul, v. 27, n. 3, p. 106-110, 2015.

ALIGN TECHNOLOGY. Why Invisalign. 2017. Disponível em: <<http://doutor.invisalign.com.br>>. Acesso em: 22 jan 2017.

AZARIPOUR, A.; WEUSMANN, J.; MAHMOODI, B. et al. Braces versus Invisalign®: gingival parameters and patients' satisfaction during treatment: a cross-sectional study. **BMC Oral Health**, London, v. 24, p. 1-9, Jun 2015.

BALDWIN, D. K.; KING, G.; RAMSAY, D. S. et al. Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 3: premolar extraction patients. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v. 133, n. 6, p. 837-845, Jun 2008.

BARBAGALLO, L. J.; JONES, A. S.; PETOCZ, P.; DARENDELILER, M. A. Physical properties of root cementum: Part 10. Comparison of the effects of invisible removable thermoplastic appliances with light and heavy orthodontic forces on premolar cementum. A microcomputed-tomography study. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v. 133, n. 2, p. 218-227, Feb 2008.

BOLLEN, A. M.; HUANG, G.; KING, G. et al. Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 1: Ability to complete treatment. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v. 124, n. 5, p. 496-501, Nov 2003.

BOYD, R. L. Esthetic orthodontic treatment using the invisalign appliance for moderate to complex malocclusions. **J Dent Educ**, Washington, v. 72, n. 8, p. 948-967, Aug 2008.

BREZNIAK, N.; WASSerstein, A. Root resorption following treatment with aligners. **Angle Orthod**, Appleton, v. 78, n. 6, p. 1119-1124, Nov 2008.

CASTROFLORIO, T.; GARINO, F.; LAZZARO, A.; DEBERNARDI, C. Upper-incisor root control with Invisalign appliances. **J Clin Orthod**, Hempstead, v. 47, n. 6, p. 346-351, Jun 2013.

CLEMENTS, K. M.; BOLLEN, A. M.; HUANG, G. et al. Activation time and material stiffness of sequential removable orthodontic appliances. Part 2: Dental improvements. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v. 124, n. 5, p. 502-508, Nov 2003.

DJEU, G.; SHELTON, C.; MAGANZINI, A. Outcome assessment of Invisalign and traditional orthodontic treatment compared with the American Board of Orthodontics objective grading system. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v. 128, n. 3, p. 292-298, Sep 2005.

DUONG, T.; KUO, E. Finishing with invisalign. **Prog Orthod**, Heidelberg, v. 7, p. 44-55, 2006.

DRAKE, C. T.; MCGORRAY, S. P.; DOLCE, C. et al. Orthodontic tooth movement with clear aligners. **ISRN Dent**, Cairo, v. 2012, p. 73-80, 2012.

ELIADES, T.; PRATSINIS, H.; ATHANASIOU, A. E. et al. Cytotoxicity and estrogenicity of Invisalign appliances. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v. 136, n. 1, p. 100-103, Jul 2009.

FALTIN, R. M.; ALMEIDA, M. A. A.; KESSNER, C. A.; FALTIN Jr, K. Efficiency, three-dimensional planning and prediction of the orthodontic treatment with the Invisalign® System: case report. **Rev Clín Ortodon Dental Press**, Maringá, v. 2, n. 2, p. 61-71, 2003.

FUJIYAMA, K.; HONJO, T.; SUZUKI, M. et al. Analysis of pain level in cases treated with Invisalign aligner: comparison with fixed edgewise appliance therapy. **Prog Orthod**, Heidelberg, v. 22, n. 15, p. 1-7, Nov 2014.

JÓIAS, R. P.; SANDERS, D.; CEPERA, F. et al. Aparelhos ortodônticos sequenciais removíveis – considerações gerais e apresentação de caso clínico. **RFO**, Passo Fundo, v. 16, n. 3, p. 332-336, set./dez 2011.

KRAVITZ, N. D.; KUSNOTO, B.; AGRAN, B.; VIANA, G. Influence of attachments and interproximal reduction on the accuracy of canine rotation with Invisalign. A prospective clinical study. **Angle Orthod**, Appleton, v. 78, n. 4, p. 682-687, Jul 2008.

KRAVITZ, N. D.; KUSNOTO, B.; BEGOLE, E. et al. How well does Invisalign work? A prospective clinical study evaluating the efficacy of tooth movement with Invisalign. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v. 135, n. 1, p. 27-35, Jan 2009.

KRIEGER, E.; DRECHSLER, T.; SCHMIDTMANN, I. et al. Apical root resorption during orthodontic treatment with aligners? A retrospective radiometric study. **Head Face Med**, London, v. 14, n. 9, p. 1-8, Aug 2013.

KRIEGER, E.; SEIFERTH, J.; MARINELLO, I. et al. Invisalign® treatment in the anterior region: were the predicted tooth movements achieved? **J Orofac Orthop**, München, München, v. 73, n. 5, p. 365-376, Sep 2012.

KRIEGER, E.; SEIFERTH, J.; SARIC, I. et al. Accuracy of Invisalign® treatments in the anterior tooth region. First results. **J Orofac Orthop**, München, v. 72, n. 2, p. 141-149, Mar 2011.

LEVRINI, L.; SACERDOTE, P.; MORETTI, S. et al. Changes of substance P in the crevicular fluid in relation to orthodontic movement preliminary investigation. **ScientificWorldJournal**, New York, v. 23, p. 1-6, Apr 2013.

LI W, WANG, S.; ZHANG, Y. The effectiveness of the Invisalign appliance in extraction cases using the ABO model grading system: a multicenter randomized controlled trial. **Int J Clin Exp Med**, Madison, v. 8, n. 5, p. 8276-8282, May 2015.

LIN, J. C.; TSAI, S. J.; LIOU, E. J.; BOWMAN, S. J. Treatment of challenging malocclusions with Invisalign and miniscrew anchorage. **J Clin Orthod**, Hempstead,

v. 48, n. 1, p. 23-36, Jan 2014.

MAMPIERI, G.; GIANCOTTI, A. Invisalign technique in the treatment of adults with pre-restorative concerns. **Prog Orthod**, Heidelberg, v. 20, n. 14, p. 1-9, Oct 2013.

MIETHKE, R. R.; VOGT, S. A comparison of the periodontal health of patients during treatment with the Invisalign system and with fixed orthodontic appliances. **J Orofac Orthop**, München, v. 66, n. 3, p. 219-229, May 2005.

MIETHKE, R. R.; BRAUNER, K. A Comparison of the periodontal health of patients during treatment with the Invisalign system and with fixed lingual appliances. **J Orofac Orthop**, München, v. 68, p. 223-231, 2007.

MILLER, R. J.; DUONG, T. T, DERAKHSHAN M. Lower incisor extraction treatment with the Invisalign system. **J Clin Orthod**, Hempstead, v. 36, n. 2, p. 95-102, Feb 2002.

MIRANDA, C. O.; OLIVEIRA, R. C. G.; OLIVEIRA, R. C. G. O tratamento ortodôntico com o sistema Invisalign® – relato de caso. **Revista UNINGÁ**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 44-47, jan./mar 2016.

MUGGIANO, F.; QUARANTA, A. The aesthetic alternative in orthodontics with sequential aligners: the invisalign system. **WebmedCentral Orthodontics**, London, v. 4, n. 10, p. 1-6, Oct 2013.

PAVONI, C.; LIONE, R.; LAGANÀ, G.; COZZA, P. Self-ligating versus Invisalign: analysis of dento-alveolar effects. **Ann Stomatol**, Roma, v. 2, n. 1-2, p. 23-27, Jan-Jun 2011.

PREMARAJ, T.; SIMET, S.; BEATTY, M.; PREMARAJ, S. Oral epithelial cell reaction after exposure to Invisalign plastic material. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v. 145, n. 1, p. 64-71, Jan 2014.

ROSSINI, G.; PARRINI, S.; CASTROFLORIO, T. et al. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review. **Angle Orthod**, Appleton, v. 85, n. 5, p. 881-889, Sep 2015.

ROTHIER, E. K. C. Afinal, o que podemos esperar do sistema Invisalign? **Rev Clín Ortod Dental Press**, Maringá, v. 12, n. 6, p. 6-14, jan. 2014.

SHALISH, M.; COOPER-KAZAZ, R.; IVGI, I. et al. Adult patients' adjustability to orthodontic appliances. Part I: a comparison between Labial, Lingual, and Invisalign™. **Eur J Orthod**, Oxford, v. 34, n. 6, p. 724-730, Dec 2012.

SCHUSTER, S.; ELIADES, G.; ZINELIS, S. et al. Structural conformation and leaching from in vitro aged and retrieved Invisalign appliances. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v. 126, n. 6, p. 725-728, Dec 2004.

SIMON, M.; KEILIG, L.; SCHWARZE, J. et al. Treatment outcome and efficacy of an aligner technique – regarding incisor torque, premolar derotation and molar

distalization. **BMC Oral Health**, London, v. 11, n. 14, p. 1-7, Jun 2014.

SOMBUNTHAM, N. P.; SONGWATTANA, S.; ATTHAKORN, P. et al. Early tooth movement with a clear plastic appliance in rats. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v. 136, n. 1, p. 75-82, Jul 2009.

THUKRAL, R.; GUPTA, A. Invisalign: invisible orthodontic treatment – a review. **JAMDSR**, v. 3, n. 5, p. S42-S4, Nov. 2015.

TUNCAY, O. C.; BOWMAN, S. J.; NICOZISIS, J. L.; AMY, B. D. Effectiveness of a compliance indicator for clear aligners. **J Clin Orthod**, Hempstead, v. 43, n. 4, p. 263-268; quiz 273-274, Apr 2009.

VARDIMON, A. D.; ROBBINS, D.; BROSH, T. In-vivo von Mises strains during Invisalign treatment. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v. 138, n. 4, p. 399-409, Oct 2010.

WOMACK, W. R. Four-premolar extraction treatment with Invisalign. **J Clin Orthod**, Hempstead, v. 40, n. 8, p. 493-500, Aug. 2006.