

## A ortodontia na era digital

### Orthodontics in the digital age

### Ortodoncia en la era digital

Glaucio Serra Guimarães 

Marcela Morgana Teixeira da Silva 

Liliane Siqueira de Moraes 

#### Endereço para correspondência:

Glaucio Serra Guimarães  
Faculdade de Odontologia - Instituto de Saúde de Nova Friburgo  
Universidade Federal Fluminense  
Rua Dr. Silvio Henrique Braune, 22  
Centro  
28625-650 - Nova Friburgo - Rio de Janeiro - Brasil  
E-mail: glaucioserra@gmail.com

**RECEBIDO:** 30.01.2022

**MODIFICADO:** 03.03.2022

**ACEITO:** 06.04.2022

#### RESUMO

A ortodontia está em constante progresso e cada vez mais o vinculamos com o surgimento de novas tecnologias. O objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão de literatura sobre as práticas ortodônticas que estão sendo modificadas pela inserção de ferramentas digitais. Foram utilizados artigos nacionais e internacionais, oriundos de estudos de revisão sistemática ou narrativa, relatos de casos clínicos e trabalhos que contivessem os temas: fotografia digital, radiografia digital, modelos digitais, setup digital, colagem indireta digital e alinhadores ortodônticos. A incorporação de ferramentas tecnológicas na rotina ortodôntica teve como principais objetivos simplificar e aumentar a efetividade do tratamento. As primeiras mudanças que estas tecnologias proporcionaram foram vistas nos âmbitos das fotografias e radiografias digitais que proporcionaram maior qualidade, rapidez na captura, acessibilidade imediata, facilidade de armazenamento e compartilhamento de informações. Os modelos digitais, obtidos através do escaneamento intraoral, eliminaram a etapa de moldagem, facilitando o armazenamento e a integração com outros arquivos digitais simplificando o diagnóstico e planejamento do tratamento. Os softwares especializados possibilitaram o planejamento virtual por meio de simulações de imagens tridimensionais sequenciais, contribuindo para a visualização dos movimentos ortodônticos planejados. Por fim, um novo modelo de aparelho ortodôntico estético foi criado como método alternativo aos aparelhos ortodônticos fixos, os alinhadores, oferecendo melhor conforto e estética ao paciente. Conclui-se por fim, que a evolução e o crescimento dos sistemas digitais potencializam e trazem benefícios gerais tanto para os profissionais ortodon-

tistas quanto para os pacientes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ortodontia. Radiografia dentária digital. Aparelhos ortodônticos removíveis.

#### **ABSTRACT**

Orthodontics is constantly evolving and increasingly new technologies are emerging. The aim of this study was to perform a literature review on orthodontic practices that are being modified by the insertion of digital tools. The incorporation of technological tools in the orthodontic routine aimed to simplify and increase the effectiveness of treatment. The first changes that these technologies provided were in digital photographs and radiographs field that provided higher resolution, fast image capture, immediate access, practical storage and easy information transmission. The digital models, obtained by intraoral scanning of the patient's arch, eliminated the molding of the dental arch, facilitated storage and allowed integration with other digital files, providing more easily diagnosis and treatment planning. Specialized software enabled virtual planning through sequential three-dimensional image simulations, contributing to the predictability of orthodontic movements and providing easiness, safety and greater accuracy. Finally, a new model of aesthetic orthodontic appliance was created as an alternative method to fixed orthodontic appliances, the aligners, offering more comfort and aesthetics to the patient. It was concluded that the insertion of digital tools in orthodontics had several advantages, streamlined the procedures, presented greater efficiency, provided instant digital information, immediate exchange of information and decreased the clinical time demanded by the orthodontist. Therefore, it is believed that the growth and evolution of digital systems enhance and offer general benefits to orthodontists and patients.

**KEYWORDS:** Orthodontics. Radiography, dental, digital. Orthodontic appliances, removable.

#### **RESUMEN**

La ortodoncia está en constante evolución y cada vez más la vinculamos con la irrupción de nuevas tecnologías. El objetivo de este trabajo fue realizar una revisión bibliográfica sobre las prácticas de ortodoncia que están siendo modificadas por la inserción de herramientas digitales. Se utilizaron artículos nacionales e internacionales provenientes de estudios de revisión sistemática o narrativa, relatos de casos clínicos y trabajos que contenían los temas: fotografía digital, radiografía digital, modelos digitales, setup digital, bonding indirecto digital y alineadores de ortodoncia. La incorporación de herramientas tecnológicas en la rutina de ortodoncia tuvo como principales objetivos simplificar y aumentar la efectividad del tratamiento. Los primeros cambios que brindaron estas tecnologías se vieron en el ámbito de las fotografías y radiografías digitales, que brindaron mayor calidad, captura más rápida, accesibilidad inmediata, facilidad de almacenamiento e intercambio de información. Los modelos digitales, obtenidos mediante escaneo intraoral, eliminaron el paso de moldeado, facilitando el almacenamiento y la integración con otros archivos digitales, simplificando el diagnóstico y la planificación del tratamiento. Un software especializado permitió la planificación virtual a través de simulaciones de imágenes tridimensionales secuenciales, lo que contribuyó a la visualización de los movimientos de ortodoncia planificados. Finalmente, se creó un nuevo modelo de aparatología de ortodoncia estética como método alternativo a la aparatología de ortodoncia fija, los alineadores, ofreciendo mayor comodidad y estética al paciente. Finalmente, se concluye que la evolución y crecimiento de los sistemas digitales potencializan y traen beneficios generales tanto para los profesionales ortodoncistas como para los pacientes.

**PALABRAS CLAVE:** Ortodoncia. Radiografía dental digital. Aparatos ortodónticos removibles.

## INTRODUÇÃO

Para alcançar um tratamento ortodôntico bem sucedido é necessário realizar um correto diagnóstico e um planejamento bem detalhado. O diagnóstico requer uma coleta de dados extremamente precisa, e deve incluir um histórico médico-odontológico cuidadoso, deve apresentar os registros de modelos de estudo, as radiografias e um exame clínico acompanhado por fotografias intra e extraorais. Estas documentações são necessárias para registrar o ponto inicial e todas as informações adicionais obtidas ao longo do tratamento e devem ser devidamente arquivados em prontuários<sup>1</sup>.

Com a evolução da tecnologia ao longo dos anos, a ortodontia vem se aperfeiçoando e sofrendo modificações para se adequar à era digital. Essas mudanças trouxeram novas ferramentas, como os scanners intraorais e modelos digitais que substituem o uso de modelos de gesso e as moldagens. As radiografias e tomografias digitais, cada vez mais presentes, vem substituindo as analógicas e possibilitando a produção de setups digitais e o desenvolvimento de planos de tratamento a partir das interações entre os modelos virtuais, setups, radiografias e tomografias, todos conectados via softwares ortodônticos. Estes avanços garantiram a digitalização e documentação virtual do prontuário, o qual beneficia a ortodontia em diversos aspectos tais como: maior eficiência, informações instantâneas, troca imediata de informações para consulta e encaminhamento, além de excluir a necessidade de manter um armazenamento físico promovendo assim, a economia de custos e a diminuição de riscos de danos físicos ou perda destes documentos<sup>2</sup>. Finalmente, possibilitou a produção de aparelhos ortodônticos "transparentes" e removíveis, os alinhadores, surgindo como uma alternativa aos aparelhos ortodônticos fixos tradicionais<sup>3</sup>.

A ortodontia está em constante progresso e cada vez mais é evidenciado o surgimento de novas tecnologias. O presente trabalho tem como objetivo abordar essas mudanças tecnológicas, a partir de uma revisão de literatura, analisando e comparando as transições da ortodontia na era digital.

## REVISÃO DE LITERATURA

### Fotografia Digital

A fotografia é um recurso importante utilizado por ortodontistas para elaboração do diagnóstico, planejamento ortodôntico, avaliação da evolução do tratamento e de seus resultados. Até meados da década de 90, as fotografias analógicas preponderavam, porém, com a entrada das câmeras digitais e seu constante aperfeiçoamento, as fotografias tradicionais foram se tornando cada vez mais escassas nos registros ortodônticos<sup>4</sup>.

A utilização da fotografia digital contribuiu significativamente para a ortodontia devido a sua rapidez na captura de imagens e visualização imediata de seus resultados. Anteriormente, com a fotografia analógica, havia a necessidade de realizar um processo químico para revelação do filme fotográfico. Este processo é dispensável nos dias atuais com o uso das fotografias digitais que podem ser armazenadas como arquivos em computadores. Além disso, não é necessário se preocupar com as variáveis como temperatura, quantidade de luz, umidade relativa e qualidade do ar que poderiam interferir e alterar a qualidade das fotografias como ocorre com as analógicas<sup>5</sup>.

As máquinas fotográficas analógicas eram utilizadas para capturar as imagens, estas eram criadas através da exposição de luz em um filme fotossensível e as imagens geradas apresentavam-se em alta qualidade. Além disso, o equipamento fotográfico convencional era de fácil manuseio e relativamente barato. No entanto, o custo para processamento dos filmes, o tempo necessário para revelar e o armazenamento físico das fotografias de todos os pacientes consistiam em dificuldades para o uso desta ferramenta<sup>6</sup>.

Com o crescente desenvolvimento tecnológico, em meados da década de 90, surgiram as primeiras máquinas fotográficas digitais. Nesta época, o seu uso ainda era pouco viável para a prática ortodôntica devido à baixa qualidade, alto custo e necessidade de conhecimento técnico para manuseá-la. A qualidade das imagens melhorou significativamente à medida que as câmeras digitais foram aperfeiçoadas e o seu custo reduziu consideravelmente ao longo dos anos. Entretanto, a qualidade de resolução das imagens ainda era questionável quando comparada às obtidas pelas câmeras analógicas<sup>4</sup>.

Nos anos seguintes foram realizados diversos

estudos com o intuito de avaliar a qualidade das imagens. Os estudos realizados por Wilcox e Grimwood (1995) e Bock (2001) compararam as fotografias digitais e analógicas em relação à qualidade das imagens. Wilcox e Grimwood avaliaram a qualidade das imagens e a capacidade de realizar o diagnóstico de lesões dermatológicas a partir das imagens obtidas. Os autores concluíram que a qualidade das imagens analógicas apresentavam-se superiores às digitais, entretanto não houve diferença significativa entre as fotografias analógicas e digitais para realização do diagnóstico das lesões presentes. Igualmente, Bock, também concluiu que embora a qualidade da fotografia analógica tenha superado a digital, as impressões em papel fotográfico de ambas ficaram bastante semelhantes<sup>4</sup>.

Com o intuito de comparar a qualidade das imagens digitais com as analógicas para finalidade ortodôntica, foram selecionadas vinte fotografias intra-buciais (10 analógicas e 10 digitais) e as imagens foram reveladas e dispostas aleatoriamente em um álbum fotográfico. Os avaliadores foram selecionados para avaliar as 20 fotografias e definir se elas foram obtidas por câmeras fotográficas analógicas ou digitais. Após os resultados, os autores concluíram que não foi possível diferenciar as fotografias analógicas das digitais<sup>4</sup>.

A qualidade e resolução da imagem estão indiretamente ligadas à capacidade da máquina fotográfica em capturar pixels, este por sua vez, é determinante para o tamanho da imagem. No início desta transição, essas máquinas que ainda geravam imagens de qualidade inferior às analógicas e possuíam de 3 a 5 megapixels. Entretanto, não demorou muito para as máquinas digitais superassem esses valores e desde 2009 a maioria das câmeras já possuem um mínimo de 10 megapixels como padrão<sup>7</sup>.

A utilização da fotografia digital na prática ortodôntica oferece inúmeras vantagens sobre as analógicas devido a sua rapidez de produção de imagens, visualização imediata, possibilidade de exclusão rápida em caso de imagens ruins, facilidade de edição e duplicação, armazenamento prático das imagens, eliminação dos filmes fotográficos, menor custo de processamento, compartilhamento rápido, além de minimizar os danos físicos como aqueles causados por arranhões e o envelhecimento<sup>5-6,8-9</sup>.

Por outro lado, as fotografias digitais ainda apresentam desvantagens como a necessidade de conhecimentos gerais sobre informática e técnicas fotográficas para manuseio das imagens e a perda dos

arquivos fotográficos devido a suscetíveis danos ao computador<sup>4-5,9</sup>.

A digitalização das imagens trouxe outra inovação para a ortodontia, a possibilidade de visualizar e manipular as imagens através de softwares, viabilizando ainda a sobreposição de modelos digitais em fotografias para melhor compreensão do planejamento ortodôntico<sup>9</sup>.

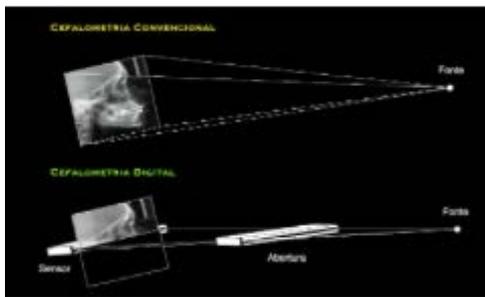
### **Radiografia e Tomografia Digital**

Os exames radiográficos fazem parte da prática ortodôntica, auxiliando no diagnóstico, no estudo dos resultados de casos realizados e são indispensáveis para realização da análise cefalométrica. As radiografias tradicionais são realizadas através do processamento de filmes radiográficos. Estes filmes são feitos de folhas de acetato de celulose revestidas por uma emulsão de gelatina contendo haletos de prata. Ao serem expostos à radiação ionizante, geram solventes e diluentes ricos em cargas metálicas, que são prejudiciais à saúde e ao meio ambiente se descartados erroneamente. Para gerar essas imagens, o filme passa pelos processos de revelação e fixação, que também geram resíduos contendo metais pesados. Esses resíduos devem seguir orientações específicas dos órgãos ambientais para descarte.

O processo de obtenção e revelação do filme radiográfico requer um tempo considerável do operador, e se todas as etapas não forem feitas corretamente, o filme é perdido. Com a introdução da radiografia digital, esta desvantagem foi eliminada, pois não há a necessidade de revelação do filme radiográfico. A etapa de emissão de raios-x ocorre da mesma maneira que a convencional, após a exposição ionizante, a imagem é capturada por uma placa de circuitos sensíveis a radiação que gera uma imagem digital. A radiografia digital trouxe também como vantagem, a disponibilização imediata das imagens, otimizando o tempo e a elaboração do diagnóstico e dispensando a necessidade de espaço físico que é exigido para armazenamento das radiografias tradicionais<sup>10</sup>.

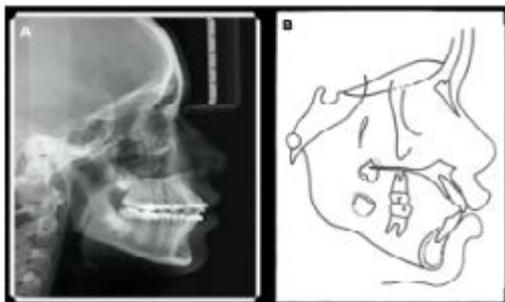
Foram comparadas as doses de radiação em que os pacientes são expostos em uma radiografia convencional e digital. Em sua pesquisa, as doses absorvidas mais altas foram registradas com a técnica convencional, nas regiões de pele e glândula parótida esquerda e na lente ocular do olho esquerdo. Já a radiografia digital resultou em uma dose absorvida duas

vezes menores que a recebida pela técnica convencional. Visser concluiu que o tempo total de exposição para a técnica convencional utilizando um feixe de raios X em forma de pirâmide, expõe o paciente a mais tempo de radiação do que utilizando a técnica de varredura em leque (Figura 1). Assim, os resultados demonstraram que a radiografia digital reduz a dose do paciente pela metade em comparação com a técnica convencional, sendo então mais vantajosa sua utilização<sup>10</sup>.



**Figura 1** - Cefalometria convencional utilizando um feixe de raios X em forma de pirâmide expõe o paciente a maior dose de radiação do que utilizando a técnica de varredura em leque na cefalometria digital.

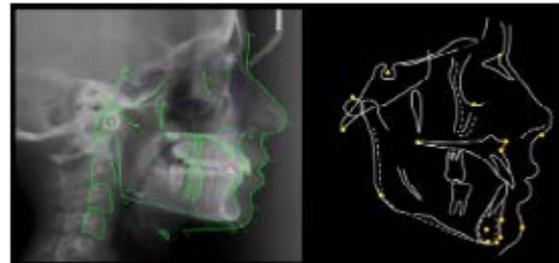
A análise cefalométrica é um exame essencial para o plano de tratamento. Os pontos de referência tradicionais dependem de um examinador experiente para sua identificação. Esta análise é feita sobrepondo uma folha transparente sobre uma radiografia cefalométrica, traça-se as estruturas cranianas, dentárias e de tecidos moles, identificam-se os pontos e traçam-se os planos (Figura 2). A partir de então, realizam-se as medidas angulares e lineares e comparando-as com os valores considerados ideais ou padrão.



**Figura 2** - A - Radiografia cefalométrica. B - Traçado cefalométrico em folha de acetato.

Essas medidas lineares e angulares obtidas

manualmente estão sujeitas a erros do operador, além de ser difícil a identificação de marcos de referência inerente às três dimensões. Com o decorrer dos avanços tecnológicos, sucedeu um aumento na utilização de computadores para realização das mensurações cefalométricas. Através de softwares podem-se gerar valores cefalométricos imediatamente, diminuindo o tempo de rastreamento manual (Figura 3). Com a imagem radiográfica digital, são reduzidos substancialmente os erros mecânicos gerados pelo operador e se elimina a necessidade de cópias impressas como ocorrem nas análises tradicionais, porém foram necessários diversos estudos para avaliação da efetividade desses dados digitais<sup>11-12</sup>.



**Figura 3** - Identificação dos pontos de referência em uma radiografia digital a partir de software.

As cefalometrias convencionais e digitais foram comparadas avaliando a identificação de 19 pontos de referências em radiografias pré-selecionadas e digitalizadas posteriormente. Os pesquisadores encontraram diferenças estatisticamente significativas em 8 dos 19 pontos. Para os pesquisadores, as principais dificuldades encontradas foram ao delinear um ponto de referência em um limite anatômico curvo e em locais onde havia a sobreposição de estruturas bilaterais, gerando imagens borradas. Além disso, as imagens do computador apresentaram uma qualidade inferior após terem sido digitalizadas<sup>13</sup>.

A qualidade da imagem está diretamente ligada à precisão da identificação de pontos de referência. Uma quantidade de pixels inferior a 0.47 mm diminui a confiabilidade da identificação desses pontos. Os principais problemas encontrados referentes aos estudos em radiografias digitais são problemas de ampliação e a capacidade de rastrear estruturas específicas<sup>11</sup>.

Continuaram as análises deste estudo, desta vez comparando os valores das medidas cefalométricas obtidas pelos cefalogramas digitalizados com os obtidos nas radiografias originais. Os resultados mos-

taram uma diferença estatisticamente significativa em todas as medidas cefalométricas, porém, permanecendo dentro do desvio padrão de cada uma, e por isso, foram clinicamente aceitáveis. A diferença dessas medidas deve-se, principalmente, aos pontos identificados com menor precisão anteriormente<sup>11</sup>.

Em outro estudo realizado foram comparadas as medidas manuais da análise cefalométrica tradicional com as medidas correspondentes à análise cefalométrica digital assistida por computador (computer-assisted digital cephalometric analysis system - CADCAS). O autor separou a análise manual em dois grupos (especialista e iniciante) e observou que os ortodontistas iniciantes levaram muito mais tempo para concluir o procedimento do que os experientes, devido ao tempo médio necessário para rastreamento e localização dos pontos de referência. Ainda assim, ambos precisaram de mais de 15 minutos apenas para realizar as medições. Em contrapartida, os resultados através do CADCAS estiveram disponibilizados em segundos, reduzindo significativamente o tempo necessário para o processo de medição. Todavia, vale ressaltar que não foi levado em consideração o tempo total necessário para realizar a análise usando o CADCAS, que incluía o tempo necessário para digitalizar as radiografias originais, inicializar o programa e identificar os pontos de referência<sup>14</sup>.

Comparou-se o sistema de identificação automático (SIA) dos pontos de referência com os de examinadores especialistas e ambos demonstraram obter uma identificação precisa dos pontos cefalométricos e a dificuldade em identificar determinados pontos em imagens de baixa qualidade também foi a mesma para ambos. Após testes repetidos, o SIA detectou posições idênticas, tornando esta técnica, possivelmente, mais confiável para identificar vários pontos repetidamente. Foi observado também que artefatos de metal como aparelhos ortodônticos fixos, próteses ou placas ósseas cirúrgicas não prejudicaram a identificação dos pontos de referência<sup>12</sup>.

A aplicação de sistemas de identificação automática de pontos de referência, não necessariamente substitui um especialista, a utilização deste método contribui para a ortodontia ao complementar e aumentar o desempenho do diagnóstico ortodôntico<sup>12</sup>.

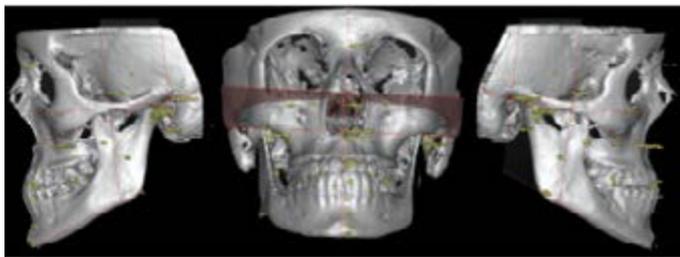
Na prática ortodôntica, é muito comum utilizar a sobreposição de cefalometrias para visualizar as mudanças de crescimento e as alterações produzidas pelo tratamento ortodôntico sobre o complexo crânio-

facial. O avanço tecnológico permitiu realizar essas sobreposições digitalmente, utilizando programas de computadores especializados. Muitos estudos foram realizados para avaliar a reprodutibilidade desses programas. Comprovaram que o método de sobreposição digital, apesar de apresentar pequenas diferenças, pode replicar e substituir com precisão o método tradicional para sobreposições de base craniana e de regiões selecionadas isoladamente, sendo possível a interpretação precisa do crescimento do crânio e as alterações geradas pelo tratamento ortodôntico<sup>15</sup>. Confirmaram que a confiabilidade e reprodutibilidade das medidas realizadas pelos métodos digitais apresentaram-se altamente compatíveis com o método convencional. Para os autores, o método digital é mais favorável que o método convencional no dia a dia, pois proporciona diversas vantagens como aprimoramento, facilidade de transmissão e arquivamento, além de baixas dosagens de radiação<sup>16</sup>.

A sobreposição seriada de imagens cefalométricas é muito utilizada para avaliar os resultados e alterações do tratamento ortodôntico. Realizou-se um estudo para avaliar a sobreposição seriada de cefalometrias digitais e para ele, apesar dos esforços para obter resultados de sobreposições estáveis, alguns erros ainda permanecem inevitáveis. Entretanto, concluiu em sua pesquisa que a cefalometria digital apresentou erros de sobreposição menores do que o método convencional, e é um método clinicamente mais confiável para sobrepor imagens cefalométricas em série<sup>17</sup>.

Os rápidos avanços na ciência da computação levaram a reconstrução tridimensional das imagens. Através da tomografia computadorizada (TC) e das técnicas 3D, os métodos tradicionais de imagens começaram a ser reavaliados. Diversos estudos foram realizados comprovando a exatidão e precisão da identificação de pontos de referência em imagens tridimensionais (Figura 4). Compararam as medidas 3D de uma tomografia computadorizada por feixe cônico com as medidas diretas no crânio humano e concluiu que as distâncias lineares dos pontos anatômicos reconstruídos refletiam verdadeiramente as do crânio. A utilização da TC para fins ortodônticos tem diversas vantagens sobre as radiografias, com ela obtém-se uma imagem em forma real do volume do crânio, podendo ser avaliada em qualquer plano e permitindo medições precisas dos ossos faciais e de como se relacionam. Assim, pode-se dizer que, futuramente, a cefalometria será baseada primordialmente por imagens

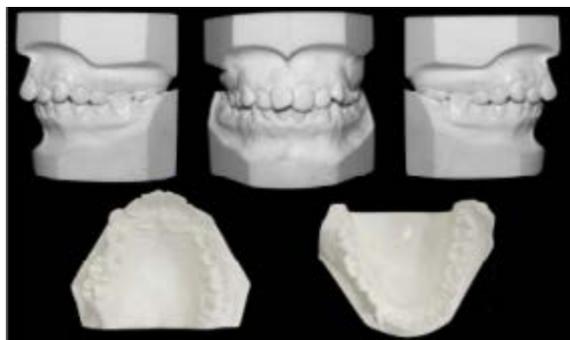
3D<sup>18</sup>.



**Figura 4** - Pontos de referência representados em uma imagem tridimensional.

### Modelos Digitais

O modelo de estudo fornece uma cópia tridimensional da oclusão do paciente e é essencial para o diagnóstico e planejamento de um tratamento ortodôntico. O modelo de gesso é considerado o "padrão ouro" e é referência para a avaliação da oclusão em ortodontia, sendo essencial para fins didáticos, avaliação do progresso e documentação de casos e pesquisas<sup>1-2</sup>. Estes tradicionais modelos de estudo, são confeccionados através da moldagem com alginato e reproduzidos em uma base de gesso. Esta técnica exige precisão e deve apresentar um baixo índice de distorção. Sua facilidade, baixo custo para produção e facilidade de medição através da montagem em um articulador para estudos tridimensionais foram vistos como vantagens. Porém, ele também retrata desvantagens como o custo do armazenamento físico, os riscos de danos por desgastes e o potencial de quebra ou perda do modelo de gesso<sup>19-21</sup>. Além disso, a confecção destes modelos convencionais demanda grande tempo de trabalho, tanto para realizar a moldagem quanto na fabricação dos modelos<sup>22</sup> (Figura 5).

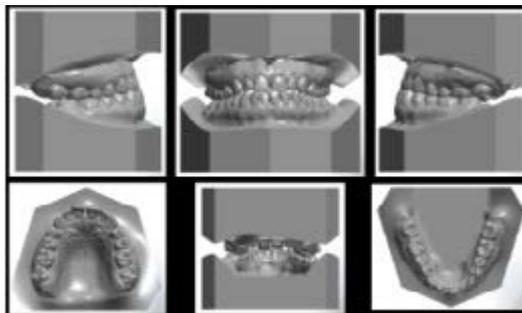


**Figura 5** - Modelo de estudo confeccionado com gesso.

Com os avanços tecnológicos, ferramentas como scanners foram introduzidas na rotina ortodôntica, tornando-se possível realizar o escaneamento da arcada dentária ou dos modelos de gesso já confeccionados. Para isto, utiliza-se um scanner, no qual através de um sensor é feita a leitura completa da arcada nas 3 dimensões (Figura 6). Captam-se e registram-se os arcos, dentes e tecidos adjacentes da arcada dentária. A partir deste escaneamento projeta-se uma imagem tridimensional virtual, gerando então os modelos de estudo digitais (Figura 7). Essa substituição dos modelos de gesso por modelos digitais traz benefícios à ortodontia em diversos aspectos como maior eficiência de aquisição, informações instantâneas digitais e diretamente armazenada nos prontuários, troca imediata de informações para tratamento multidisciplinares, economia de material, ausência da necessidade de armazenamento físico, eliminação do risco de danos físicos ou perda dos modelos de gesso, além das facilidades e maior precisão das medições digitais<sup>20</sup>. Entretanto, os principais obstáculos ao uso geral dessa tecnologia estão relacionados ao custo do aparelho, segurança e privacidade dos arquivos, tempo de resposta dependendo da tecnologia e a eventualidade das informações armazenadas eletronicamente poderiam ser permanentemente perdidas<sup>19</sup>.



**Figura 6** - Escaneamento intraoral.



**Figura 7** - Modelo de estudo digital com base ortodôntica gerado a partir de escaneamento intraoral.

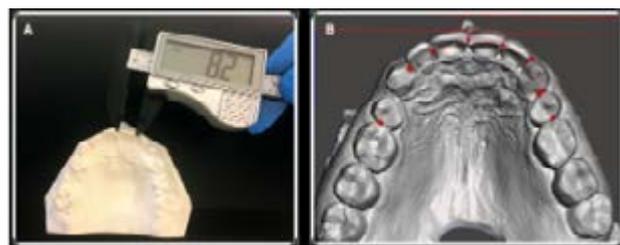
Um levantamento de evidências em sua revisão sistemática sugere que modelos digitais obtidos de modelos de gessos são tão precisos quanto os próprios modelos de gesso e a sua confiabilidade e validade são clinicamente aceitáveis como ferramenta diagnóstica<sup>23</sup>.

O processo de moldagem frequentemente é considerado desagradável para o paciente, pode-se gerar desconforto, ânsia de vômito, e incômodos devido ao cheiro ou sabor. Em contrapartida, com o escaneamento intraoral, descarta-se essas eventualidades e por consequência, o tempo de permanência do paciente na cadeira odontológica é menor<sup>24</sup>.

Outro item a ser avaliado, é quanto à precisão das medidas da arcada dentária ao utilizar o processo de escaneamento. Uma revisão sistemática, a cerca do escaneamento intraoral, concluiu que as medidas intraorais realizadas por scanners são equivalentes às de modelos de gesso e que apesar das evidências pesquisadas serem limitadas, todos foram consistentes em mostrar sua precisão e confiabilidade<sup>25</sup>.

Realizou-se um estudo comparativo entre as técnicas de medição convencional e digital, utilizando um paquímetro eletrônico digital e um método virtual. Para isto ele simulou vários tipos de má oclusão com diferentes graus de rotação e inclinação dos dentes. Os resultados mostraram que ambos os métodos são altamente válidos e reprodutíveis tanto para tamanho do dente quanto para a largura do arco sendo ambos clinicamente aceitáveis<sup>26</sup>.

Uma pesquisa comparativa foi proposta entre as medidas intraorais obtidas diretamente da arcada do paciente utilizando um paquímetro, e contrapôs com as medidas do modelo de gesso e do modelo digital. As diferenças de distâncias entre os modelos digitais e os modelos de gesso foram insignificantes, porém, ambas foram significativamente maiores em comparação com as medidas intraorais, atestando que nenhum procedimento fornece uma réplica intraoral exata. Os autores também avaliaram o custo para produção dos modelos digitais e de gesso. Conferiu então que inicialmente, o preço dos modelos digitais é muito superior comparado com o custo dos modelos de gesso, porém, depois de aproximadamente 3 anos, o custo dos dois procedimentos foi igualado. Essa curva de reversão deve-se ao custo inicial de aquisição do scanner, que é alto, sendo diluído ao longo do tempo com a obtenção dos modelos digitais sem custos adicionais (Figura 8)<sup>24</sup>.



**Figura 8** - A - Medidas feitas em um modelo de gesso utilizando um paquímetro. B - Medidas realizadas através de um software em um modelo digital.

Portanto, os modelos digitais oferecem várias vantagens, podendo ser usados para diagnóstico, planejamento, avaliação dos movimentos dentários através da sobreposição dos modelos (Figura 9), assim como para set-ups digitais e produção de alinhadores ortodônticos. A sua confiabilidade quanto às medições provaram ser tão confiáveis quanto às medidas feitas em modelos de gesso<sup>22</sup>. Além disso, os modelos digitais demonstram ser um substituto de menor custo em longo prazo, menor tempo e espaço exigido, tornando-se possivelmente o novo padrão ouro<sup>27</sup>.



**Figura 9** - Sobreposição de modelo digital inicial e final de plano de tratamento ortodôntico com vista oclusal das arcadas superior e inferior.

Outra inovação foi à possibilidade de sobreposição 3D de tomografias computadorizadas (TC) e modelos digitais 3D, muito utilizada para planejamento cirúrgico virtual e simulação de resultados pós-operatórios em cirurgias ortognáticas. Concluiu que embora a modelagem de uma TC seja extremamente rigorosa ao reproduzir as estruturas faciais, elas não fornecem detalhadamente as superfícies dentárias, tão pouco os dados precisos de intercuspidação. Isso provavelmente devido à resolução limitada de 1.0 mm de espessura em que o paciente foi submetido para realização da TC e a relação interoclusal que pode ser ofuscada por restaurações dentárias radiopacas ou aparelhos or-

todônticos. Combinar as imagens da tomografia e os dados do modelo virtual podem compensar esses problemas<sup>28</sup>.

A sobreposição de radiografias cefalométricas bidimensionais para comparar e avaliar os resultados ao longo do tratamento ortodôntico. Com o modelo digital é possível realizar essa sobreposição em três dimensões. A partir disso, realizou um estudo comprovando que a sobreposição de modelos digitais 3D usando a superfície palatina como referência, é tão confiável quanto a sobreposição cefalométrica ao avaliar o movimento dentário ortodôntico em casos onde há estabilidade da superfície palatal<sup>29</sup>.

Considerando que o processo de digitalização leva um tempo considerável para ser realizado, levou-se em conta a possibilidade de realizar as medidas utilizando apenas as imagens tomográficas, sem a necessidade de um modelo digital escaneado. Realizou um estudo comparando as medidas de overjet, sobremordida e apinhamentos de um modelo digital proveniente de uma tomografia computadorizada por feixe cônico (TCFC) e as medidas de um modelo digital escaneado. Ele encontrou dificuldades para estabelecer os pontos de contatos anatômicos da mandíbula devido à diminuição dos contornos das bordas na TCFC e dos pontos de contato anatômicos dos incisivos inferiores apinhados, porém as medidas realizadas foram tão precisas quanto às do modelo digital e, portanto, clinicamente aceitáveis. Acredita-se que com a constante melhoria da tecnologia, essas distorções nos modelos de TCFC também devem melhorar. Ressaltou também o benefício de utilizar a TCFC devido às outras informações como níveis osseos, posições radiculares e a condição da ATM. A desvantagem encontrada neste método é devido a grande dosagem de radiação em uma tomografia<sup>29</sup>.

### Setup Digital

O setup é uma técnica utilizada para simular o planejamento do tratamento ortodôntico. No método convencional os dentes do modelo de gesso são separados um dos outros e das bases dos modelos e reposicionados em um bloco de cera de forma a simular o tratamento (Figura 10). Esta técnica possui algumas privações, sendo necessário um profissional experiente para desempenhá-la corretamente, e, além disso, requer um tempo considerável para sua confecção completa. Somado a isto, estes modelos ainda

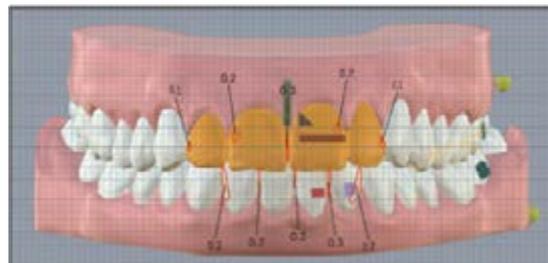
podem sofrer danos ou serem perdidos e é necessário um compartimento para arquivar estes modelos, ocupando um grande espaço nos consultórios ou laboratórios. Outra grande desvantagem desta técnica é não poder realizar a sobreposição de modelos, tornando difícil a comparação de dois modelos de gesso feitos em momentos diferentes<sup>30</sup>.



**Figura 10** - Confecção de setup convencional: reposicionamento dos dentes em base de resina conforme planejamento ortodôntico.

Com o crescente uso de modelos digitais, é possível criar setups ortodônticos digitais, que viabilizam revisar diversas opções de tratamento através de um planejamento virtual. Com a utilização de um software, é realizada a segmentação dos dentes do modelo digital e reposição na direção desejada. Este método facilita a comunicação tanto entre os profissionais quanto entre o profissional e o paciente, que por meio de imagens e simulações mecânicas é possível demonstrar a direção do tratamento. Além disso, a construção do setup digital demanda menos tempo comparada ao setup convencional<sup>31</sup>.

Com a crescente sofisticação de ferramentas em desenvolvimento, a utilização de setups virtuais é cada vez mais frequente e estudos são realizados para avaliar a confiabilidade desta tecnologia (Figura 11).



**Figura 11** - Setup digital: planejamento individualizado da movimentação ortodôntica sequencial com base no plano de tratamento.

Comparam os modelos de setups manuais com os modelos virtuais e ambos foram eficazes e precisos. A facilidade em manusear o programa virtual tornou-se uma vantagem do setup digital sobre o manual. Assim como a facilidade de armazenamento, eliminando a necessidade de espaço físico exigido para armazenar os modelos de gesso, e a facilidade de comunicação entre os profissionais. Em contrapartida, o programa utilizado não fornecia uma boa visualização da linha da gengiva, não sendo possível prever a resposta gengival ao movimento dentário<sup>32</sup>.

Demonstraram que é possível realizar a sobreposição de modelos digitais em tomografias de feixe cônico gerando uma imagem 3D precisa, permitindo a avaliação do osso alveolar disponível e o efeito do movimento planejado dos dentes nos tecidos moles<sup>33</sup>. Por outro lado, descrevem que apesar dos setups virtuais terem muitas vantagens, o alto custo do hardware e software, assim como a falta de treinamento podem limitar o uso desta tecnologia<sup>31</sup>.

Por fim, a possibilidade de realizar os setups através de modelos virtuais trouxe diversas vantagens, o tempo para sua confecção é menor comparado ao método tradicional e não requer espaço físico para armazenamento. Eles são mais fáceis de compartilhar, reproduzir e editar, entretanto é necessário conhecimento sobre o programa a ser utilizado. As suas maiores limitações são devido à necessidade de software específico e seu alto custo e o risco de perda ou danos aos arquivos.

### **Colagem Indireta Virtual**

Tradicionalmente, os tubos e bráquetes ortodônticos são colados diretamente nas superfícies dos dentes ou indiretamente em um molde de gesso para posteriormente serem transferidos para os dentes. O posicionamento dos brackets durante o procedimento de colagem deve ser precisamente calculado e a colagem indireta é um dos métodos utilizados que minimiza a ocorrência de falhas. A partir do modelo de gesso do paciente são realizadas as marcações das linhas de referências que auxiliam no posicionamento inicial dos brackets. Em seguida é realizada a colagem desses acessórios no modelo de gesso e sobre ele é confeccionada uma placa termoplástica de transferência que posteriormente é posicionada na arcada do paciente, transferindo os brackets para as posições planejadas<sup>34</sup>.

Vários fatores podem influenciar na precisão

do posicionamento do bráquete, como cooperação do paciente, salivagem excessiva, limites da abertura máxima da boca, variação na morfologia dentária, complexidade da má oclusão, tipo de bráquete, material e morfologia do guia de transferência e variações na percepção da posição ideal<sup>35</sup>.

Com a introdução do scanner intraoral e da confecção do modelo de estudo digital, é possível realizar a colagem indireta virtual. Através de softwares, podem-se posicionar virtualmente os acessórios nos modelos digitais, tornando as medidas e o posicionamento ainda mais precisos. Após o posicionamento virtual dos acessórios, os modelos e a moldeira de transferência são impressos através de uma impressora 3D. Os acessórios são então colocados nas suas respectivas posições e a colagem é realizada levando este guia de transferência ao arco do paciente<sup>36</sup>.

A colagem indireta virtual trouxe vantagens como a eliminação da fase laboratorial de moldagem e confecção dos modelos de gessos. Também trouxe a possibilidade de pré-definir os acessórios que serão utilizados, visto que os softwares possuem um banco de dados com diferentes acessórios e de diferentes marcas comerciais, assim permitindo essa fidelidade. Além disso, é possível a visualização futura do que irá acontecer após o alinhamento e nivelamento com os brackets posicionados.

Outra vantagem consiste na colagem indireta digital ser realizada através da impressão 3D dos guias de transferência, permitindo assim que a base do acessório fique livre de adesivos antes da colagem clínica. Essa vantagem diminui o risco de falha de adesão após a colagem clínica e a possibilidade de excesso de adesivo na superfície da base do bráquete<sup>37</sup>.

A colagem virtual é mais precisa que a colagem direta e a experiência clínica pode ter influência positiva até mesmo para a colagem virtual. Em seu estudo foi comparado a influência clínica na precisão de colagens ortodônticas digital com a colagem direta. Para isso a autora utilizou um total de 1120 dentes artificiais de 40 modelos idênticos que foram divididos em quatro grupos: (1) colagem direta realizada por ortodontistas experientes, (2) colagem direta por estudantes de pós-graduação, (3) colagem virtual por ortodontistas experientes e (4) colagem virtual por estudantes de pós-graduação. Cada participante realizou os procedimentos de colagem direta e quinze dias depois os mesmos operadores realizaram a colagem indireta virtual utilizando o mesmo computador. Os resulta-

dos obtidos definiram que na análise intraoperatória, a colagem virtual foi mais precisa que a colagem direta nas dimensões vertical e horizontal, mas não na angular. Na comparação interoperador, não foi observada diferença entre os ortodontistas experientes e os estudantes de pós-graduação nos dois métodos de colagens diferentes, exceto na dimensão angular em que os ortodontistas experientes foram mais precisos do que os estudantes de pós-graduação no método de colagem virtual. A prevalência de erros foi maior no procedimento direto do que na colagem virtual, e os erros foram mais significativos nos pré-molares e molares. Todavia, os ortodontistas experientes tiveram menos erros na dimensão vertical nos pré-molares e molares ao usar a técnica virtual em comparação com a colagem direta, enquanto não foi observada nenhuma melhora nos estudantes de pós-graduação nestes mesmos grupos de dentes entre os dois diferentes métodos<sup>35</sup>.

Portanto, pode-se notar que a colagem indireta virtual proporcionou muitas vantagens. O controle digital das etapas de preparação e predefinição resulta em segurança, facilidade e precisão. Houve diminuição do risco de falhas de colagem e, além disso, se eliminou a fase laboratorial gerando economia de tempo e custo de material.

### Alinhadores Ortodônticos

Os alinhadores transparentes removíveis surgiram no mercado como uma alternativa aos aparelhos fixos convencionais. Foi idealizado por Harold D. Kesling em meados de 1946, ao desenvolver um aparelho de posicionamento dentário em acrílico que tinha o objetivo de aperfeiçoar a fase de finalização ortodôntica fixa. Kesling previu que o uso de uma série de posicionadores termoplásticos poderia promover a movimentação progressiva dos dentes desalinhados. Com isso, vários investidores surgiram na tentativa de reproduzir estes alinhadores. Só então em 1997, ao adaptar e utilizar tecnologias modernas como a impressão tridimensional (3D), a Align Technology desenvolveu os primeiros aparelhos termoplásticos, criando então o Sistema Invisalign<sup>3,38</sup>.

Esses aparelhos são fabricados a partir de uma base confeccionada por um plástico transparente que se encaixa sobre a superfície dentária do paciente. A partir do modelo 3D inicial, é realizado o planejamento virtual das movimentações dentárias desejadas.

Para cada etapa é confeccionado um modelo de alinhador específico, determinando quais dentes serão movimentados, a quantidade e para qual direção esses movimentos irão ocorrer. Após o planejamento virtual do tratamento, uma série de alinhadores com pequenas diferenças sequenciais na posição dos dentes é confeccionada (Figura 12).



**Figura 12** - Alinhador ortodôntico de base polimérica.

O sistema de alinhadores vem evoluindo com o passar do tempo. A primeira geração dependia única e exclusivamente da moldeira termoplástica para atingir seus resultados, sem nenhum elemento auxiliar incorporado. Com o avançar dos anos, os fabricantes incorporaram o uso de acessórios para melhorar a movimentação ortodôntica, como botões de resina nos dentes, posteriormente chamados de "attachments" e elásticos intermaxilares, surgindo assim, a segunda geração de alinhadores. Visto a necessidade de alcançar um melhor controle dos movimentos, os sistemas de alinhadores implementaram o planejamento dos softwares já com os acessórios incluídos automaticamente, constituindo então, a terceira geração com a previsão digital destes encaixes e suas forças objetivando o alcance dos movimentos ortodônticos desejados<sup>39</sup>.

Diversos estudos clínicos e experimentais demonstraram que a característica removível dos alinhadores transparentes podem facilitar os procedimentos de higiene oral comparado aos aparelhos fixos, visto que estes apresentam mais locais suscetíveis à retenção de biofilme<sup>40</sup>. Entretanto, alguns pesquisadores ainda afirmam que uma terapia de suporte periodontal e conscientização do paciente quanto à importância da manutenção da higiene oral podem melhorar a saúde periodontal dos pacientes, independente da técnica ortodôntica utilizada<sup>41</sup>.

Inicialmente, os alinhadores eram utilizados para casos mais simples, como apinhamentos ou pequenos fechamentos de espaços. Com o avanço da tec-

nologia e a evolução da técnica, tornou-se possível tratar diversos casos de más oclusões, desde casos mais leves a casos mais complexos. Há diversos relatos na literatura de tratamento de mordida aberta, sobremordida exagerada, mordida cruzada, correções de Classe II e de Classe III. Entretanto, para obter sucesso no tratamento é importante que o profissional entenda a especificidade de cada aparelho e seus requisitos<sup>42</sup>.

## DISCUSSÃO

Este trabalho teve como propósito reunir e comparar dados apresentados no cotidiano das práticas clínicas e de pesquisas ortodônticas sobre a influência da digitalização dos equipamentos utilizados anteriormente e suas modificações até os dias atuais. As vantagens e desvantagens do implemento da tecnologia no dia a dia do ortodontista, resultaram em inovações principalmente no âmbito das fotografias, radiografias, modelos de estudo e incorporação de softwares e ferramentas para planejamento e tratamento das más oclusões.

A primeira mudança observada foi à chegada das câmeras fotográficas digitais. Inicialmente, as fotografias digitais apresentavam-se relativamente inferiores às analógicas em relação à qualidade da imagem. De acordo com Wilcox e Grimwood (1995) e Bock (2001) a resolução das fotografias analógicas apresentavam-se superiores às digitais<sup>4</sup>. Apesar disso, em ambos os estudos, foi constatado que a diferença foi insignificante e não prejudicava o uso na prática clínica. Em 2009, os valores em pixels das máquinas digitais já haviam ultrapassado o esperado, assim, com o decorrer dos avanços na ciência, em pouco tempo as máquinas digitais se superaram em matéria de qualidade, podendo substituir definitivamente as fotografias analógicas<sup>7</sup>. Suas vantagens são inúmeras para a prática ortodôntica, como: acessibilidade imediata, rapidez de produção das imagens, armazenamento fácil, menor custo de processamento, facilidade de edição, compartilhamento rápido e principalmente elimina-se a etapa química de revelação como ocorre na produção das fotografias analógicas. Presume-se que as desvantagens em relação a esta tecnologia, estão ligadas à necessidade de conhecimento geral sobre informática e técnicas fotográficas, assim como a vulnerabilidade

que eventos como danos ao computador podem gerar a perda desses arquivos.

A utilização da radiografia digital resultou em uma mudança significativa para o cotidiano do ortodontista e trouxe muitas vantagens. A disponibilidade imediata, a otimização do tempo, a qualidade da imagem e a redução da exposição do paciente aos raios X são exemplos dos benefícios dessa tecnologia. Além disso, a utilização de softwares permitiu ampliar, editar, sobrepor, modificar e prever movimentos ortodônticos. Outro recurso muito importante foi à possibilidade de realizar as análises cefalométricas digitalmente. Os softwares geram valores cefalométricos imediatamente, diminuindo o tempo de rastreamento exigido no método manual, os erros mecânicos gerados pelo operador e a necessidade de cópias impressas. Entretanto, foram necessários vários estudos para analisar a veracidade destas medidas. Uma justificativa para os possíveis erros nas cefalometrias digitais é quanto à dificuldade de rastrear estruturas específicas e a qualidade da imagem que influencia diretamente na precisão da identificação dos pontos de referência<sup>11</sup>. Apesar disso, os dois estudos realizados posteriormente concluíram que os resultados estavam dentro do desvio padrão e mesmo apresentando diferenças de medidas comparando-as as tradicionais, foram clinicamente aceitáveis. Evidenciou-se que um sistema de identificação automático detecta posições idênticas automaticamente e mais instantaneamente, tornando a técnica mais confiável para identificar vários pontos repetidamente. Adicionado a isto, constatou-se que a radiografia digital gera economia de espaço, não requer processamento químico e facilita o compartilhamento das imagens entre profissionais e pacientes, proporcionando mais benefícios<sup>12</sup>.

O scanner intraoral e os modelos digitais vem substituindo gradativamente os modelos de gesso. A principal vantagem desta troca, em vista do paciente, é a eliminação da etapa de moldagem requerida para confecção dos modelos de gesso. Na maioria das vezes, este é um procedimento considerado desconfortável, podendo causar ânsia de vômito e incômodos devido ao cheiro ou sabor<sup>24</sup>. Para os ortodontistas as vantagens vão muito além, sendo possível a realização das medições virtualmente e sobreposição dos modelos para avaliação da evolução do tratamento, além disso, softwares especializados permitem manipular e prever os movimentos dentários nos modelos digitais e assim o compartilhamento com o paciente e outros

especialistas, proporcionando um melhor entendimento sobre o tratamento. Os modelos digitais geram uma economia de custo em longo prazo, as trocas de informações são imediatas, não há necessidade de armazenamento físico e se elimina o risco de danos físicos ou perda dos modelos de gesso.

A precisão da reprodução das medidas digitais são tão eficazes quanto às medidas dos modelos de gesso, e por tanto clinicamente aceitáveis<sup>23-24,26</sup>. O uso da ferramenta digital ainda gera alguns problemas, principalmente relacionado ao custo dos equipamentos e programas necessários<sup>19</sup>. A longo prazo, a escolha do método digital gera uma economia de custo comparado ao método tradicional<sup>24</sup>. Problemas eventuais podem ocorrer devido à dependência de meios eletrônicos, como a seguridade das informações confidenciais, assim como a perda permanente ou danificação de arquivos<sup>19</sup>.

A ascensão destas tecnologias na ortodontia permitiu que muitas outras formas de trabalho fossem reavaliadas. Com o tempo, diversos softwares foram desenvolvidos e novos métodos de planejamento foram surgindo, como a realização do setup no formato digital. Por meio desses programas é possível realizar com segurança a segmentação dos dentes do modelo digital e reposicioná-los na direção desejada, esse método facilita a comunicação entre os profissionais e pacientes por meio de imagens e simulações mecânicas que permitem demonstrar a direção do tratamento. A construção do setup digital demanda menos tempo comparado ao setup convencional, é de fácil armazenamento e não necessita de espaço físico<sup>31</sup>. Entretanto, o autor também ressaltou que a necessidade de conhecimento sobre o programa e seu alto custo pode ser um empecilho para a escolha desta ferramenta, assim como o risco de perda ou dano aos arquivos.

Outro procedimento que pôde ser adaptado com o uso dos equipamentos tecnológicos foi quanto a colagem indireta. Softwares e impressoras 3D permitiram o posicionamento virtual de acessórios em modelos digitais e sua impressão tridimensional. Este método possibilitou definir e visualizar os acessórios previamente, permitindo detectar antecipadamente o que irá acontecer após o alinhamento e nivelamento com os brackets posicionados. Somado a isto, constatou-se que as medidas e o posicionamento foram mais precisos que o método tradicional, tornando esta uma escolha segura para o tratamento<sup>35</sup>.

Por fim, a evolução desses programas e im-

pressoras tridimensionais permitiu desenvolver um novo modelo de aparelho ortodôntico estético. Devido a sua natureza transparente, os alinhadores se tornaram uma das principais motivações para a escolha deste aparelho pelos pacientes. Os alinhadores transparentes proporcionam mais conforto e maior facilidade de higienização oral devido à possibilidade de removê-los<sup>40</sup>. Entretanto, uma terapia de suporte periodontal e conscientização do paciente quanto à importância da manutenção da higiene oral podem melhorar a saúde periodontal dos pacientes, independente da técnica utilizada<sup>41</sup>.

## CONCLUSÃO

Com base nesta revisão de literatura narrativa conclui-se que a inserção de ferramentas digitais na ortodontia apresentaram diversas vantagens, agilizando procedimentos, fornecendo maior eficiência, informações instantâneas digitais dos prontuários, troca imediata de informações e diminuição do tempo clínico demandado pelo ortodontista.

As principais mudanças que estas tecnologias proporcionaram foram vistas nos âmbitos das fotografias e radiografias, nos modelos de estudos e nas técnicas de simulação e planejamento do tratamento e por fim, no desenvolvimento de um aparelho ortodôntico mais estético, os alinhadores transparentes. Estes aparelhos proporcionaram ao paciente maior conforto e melhor estética.

Acredita-se por fim, que a evolução e o crescimento dos sistemas digitais potencializam e trazem benefícios gerais tanto para os profissionais ortodontistas quanto para os pacientes.

## REFERÊNCIAS

1. Shastry S, Park JH. Evaluation of the use of digital study models in postgraduate orthodontic programs in the United States and Canada. *Angle Orthod.* 2014;84(1):62-7.

2. Pacheco-Pereira C, Canto GL, Mjor PW, Flores-Mir C. Variation of orthodontic treatment decision-making based on dental model type: a systematic review. *Angle Orthod.* 2015;85(3):501-9.
3. Kuncio D, Maganzini A, Shelton C, Freeman K. Invisalign and traditional orthodontic treatment postretention outcomes compared using the american board of orthodontics objective grading system. *Angle Orthod.* 2007;77(5):864-9.
4. Machado AW, Oliveira DD, Leite EB, Lana AMQ. Fotografia digital x analógica: a diferença na qualidade é perceptível?. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Facial.* 2005;10(4):115-23.
5. Machado AW, Leite EB, Souki BQ. Digital photography in orthodontics - Part II: digital system X analogic system. *J Bras Ortodon Ortop Facial.* 2004;9(50):146-63.
6. Sandler J, Murray A. Digital photography in orthodontics. *J Orthod.* 2001;28(3):197-201.
7. Ahmad I. Digital dental photography. Part 4: choosing a camera. *Br Dent J.* 2009;206(11):575-81.
8. Palomo JM, Wolf GR, Hans MG. Use of digital photography in the case orthodontic clinic. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2004;126(3):381-5.
9. Kalpana D, Rao SJ, Joseph JK, Kurapati SKR. Digital dental photography. *Indian J Dent Res.* 2018;29(4):507-12.
10. Visser H, Rodig T, Hermann KP. Dose reduction by direct-digital cephalometric radiography. *Angle Orthod.* 2001;71(3):159-63.
11. Chen Y-J, Cehn S-K, Yao J C-C, Chang H-F. The effects of differences in landmark identification on the cephalometric measurements in traditional versus digitized cephalometry. *Angle Orthod.* 2004;74(2):155-61.
12. Hwang H-W, Park J-H, Moon J-H, Yu Y, Kim H, Her S-B. et al. Automated identification of cephalometric landmarks: Part 2 - Might it be better than human? *Angle Orthod.* 2020;90(1):69-76.
13. Chen YJ, Chen SK, Chang HF, Chen KC. Comparison of landmark identification in traditional versus computer-aided digital cephalometry. *Angle Orthod.* 2000;70(5):387-92.
14. Chen S-K, Chen Y-J, Yao C-CJ, Chang H-F. Enhanced speed and precision of measurement in a computer-assisted digital cephalometric analysis system. *Angle Orthod.* 2004;74(4):501-7.
15. Huja SS, Grubaugh EL, Rummel AM, Fields HW, Beck FM. Comparison of hand-traced and computer-based cephalometric superimpositions. *Angle Orthod.* 2009;79(3):428-35.
16. Farooq MU, Khan MA, Imran S, Sameera A, Quresh A, Ahmed SA, et al. Assessing the reliability of digitalized cephalometric analysis in comparison with manual cephalometric analysis. *J Clin Diagn Res.* 2016;10(10):20-3.
17. Moon JH, Hwang HW, Lee SJ. Evaluation of an automated superimposition method for computer-aided cephalometrics. *Angle Orthod.* 2020;90(3):390-6.
18. Yitschaky O, Redlich M, Abed Y, Faerman M, Casap N, Hiller N. Comparison of common hard tissue cephalometric measurements between computed tomography 3D reconstruction and conventional 2D cephalometric images. *Angle Orthod.* 2011;81(1):11-6.
19. Darroudi AM, Kuijpers-Jagtman AM, Ongkosuwito EM, Suttrop CM, Bronkhorst EM, Breuning KH. Accuracy of a computed tomography scanning procedure to manufacture digital models. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017;151(5):995-1003.
20. Horton HMI, Miller JR, Gaillard PR, Larson BE. Technique comparison for efficient orthodontic tooth measurements using digital models. *Angle Orthod.* 2010;80(2):254-61.
21. Abizadeh N, Moles DR, O'Neill J, Noar JH. Digital versus plaster study models: How accurate and reproducible are they ? *J Orthod.* 2012;39(3):151-9.
22. Kirschneck C, Kamuf B, Putsch C, Chhatwani S, Bizhang M, Danesh G. Conformity, reliability and validity of digital dental models created by clinical intraoral scanning and extraoral plaster model digitization workflows. *Comput Biol Med.* 2018;100:114-22.
23. Canto GDL, Pachêco-Pereira C, Lagravere MO, Flores-Mir C, Major PW. Intra-arch dimensional measurement validity of laser-scanned digital dental models compared with the original plaster models: a systematic review. *Orthod Craniofac Res.* 2015;18(2):65-76.
24. Glisic O, Hoejbjerg L, Sonnesen L. A comparison of patient experience, chair-side time, accuracy of dental arch measurements and costs of acquisition of dental models. *Angle Orthod.* 2019;89(6):868-75.
25. Aragón MLC, Pontes LF, Bichara LM, Flores-Mir C, Normando D. Validity and reliability of intraoral scanners compared to conventional gypsum models measurements: a systematic review. *Eur J Orthod.* 2016;38(4):429-34.
26. Zilberman O, Huggare JA, Parikakis KA. Evaluation of the validity of tooth size and arch width measurements using conventional and three-dimensional virtual orthodontic models. *Angle Orthod.* 2003;73(3):301-6.
27. Rossini G, Parrini S, Castroflorio T, Deregibus A, Debernardi C. Diagnostic accuracy and measurement sensitivity of digital models for orthodontic purposes: a systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016;149(2):161-70.
28. Park TJ, Lee SH, Lee KS. A method for mandibular dental arch superimposition using 3D cone beam CT and orthodontic 3D digital model. *Korean J Orthod.* 2012;42(4):169-81.

29. Choi DS, Jeong YM, Jang I, Jost-Brinkmann PG, Cha BK. Accuracy and reliability of palatal superimposition of three-dimensional digital models. *Angle Orthod.* 2010;80(4):497-503.
30. Flugge TV, Schlager S, Nelson K, Nahles S, Metzger MC. Precision of intraoral digital dental impressions with iTero and extraoral digitization with the iTero and a model scanner. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013;144(3):471-8.
31. Camardella LT, Rothier EK, Vilella OV, Ongkosuwito EM, Breuning KH. Virtual setup: application in orthodontic practice. *J Orofac Orthod.* 2016;77(6):409-19.
32. Barreto MS, Faber J, Vogel CJ, Araujo TM. Reliability of digital orthodontic setups. *Angle Orthod.* 2016;86(2):255-9.
33. Macchi A, Carrafiello G, Cacciafesta V, Norcini A. Three-dimensional digital modeling and setup. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006;129(5):605-10.
34. Christensen LR, Cope JB. Digital technology for indirect bonding. *Semin Orthod.* 2018;24(4):451-60.
35. Oliveira NS, Rossouw E, Lages EMB, Macari S, Pretti H. Influence of clinical experience on accuracy of virtual orthodontic attachment bonding in comparison with the direct procedure. *Angle Orthod.* 2019;89(5):734-41.
36. Duarte MEA, Gribel BF, Spitz A, Artese F, Miguel JAM. Reproducibility of digital indirect bonding technique using three-dimensional (3D) models and 3D-printed transfer trays. *Angle Orthod.* 2020;90(1):92-9.
37. El-Timamy AM, El-Sharaby FA, Eid FH, Mostafa YA. Three-dimensional imaging for indirect-direct bonding. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016;149(6):928-31.
38. Rossino G, Parrini S, Castroflorio T, Deregiibus A, Debernardi CL. Efficacy of clear aligners in controlling orthodontic tooth movement: a systematic review. *Angle Orthod.* 2015;85(5):881-9.
39. Hennessy J, Al-Awadhi EA. Clear aligners generations and orthodontic tooth movement. *J Orthod.* 2016;43(1):68-76.
40. Levrini L, Mangano A, Montanari P, Margherini S, Caprioglio A, Abbate GM. Periodontal health status in patients treated with the Invisalign system and fixed orthodontic appliances: a 3 months clinical and microbiological evaluation. *Eur J Dent.* 2019;9(3):404-10.
41. Chhibber A, Agarwal S, Yadav S, Kuo C-L, Upadhyay M. Which orthodontic appliance is best for oral hygiene? A randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018;153(2):175-83.
42. Wheeler TT. Orthodontic clear aligner treatment. *Semin Orthod.* 2017;23(1):83-9.