



UNISUL

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

LETÍCIA OENING BERTO

**FLUXO DIGITAL ODONTOLÓGICO:
VANTAGENS E APLICAÇÕES**

Tubarão
2018

LETÍCIA OENING BERTO

**FLUXO DIGITAL ODONTOLÓGICO:
VANTAGENS E APLICAÇÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Odontologia da
Universidade do Sul de Santa Catarina
como requisito parcial à obtenção do título
de Cirurgiã Dentista.

Orientador: Profa. Andresa Nolla de Matos Furtado.

Tubarão

2018

LETÍCIA OENING BERTO

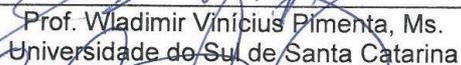
**FLUXO DIGITAL ODONTOLÓGICO:
VANTAGENS E APLICAÇÕES**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Cirurgiã Dentista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Odontologia da Universidade do Sul de Santa Catarina.

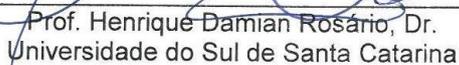
Tubarão, 13 de novembro de 2018.



Professor e orientador Andresa Nolla de Matos Furtado, Ms.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Prof. Wladimir Vinícius Pimenta, Ms.
Universidade do Sul de Santa Catarina



Prof. Henrique Damian Rosário, Dr.
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por orientar meu caminho; a minha família pelo apoio e paciência; e a minha orientadora por me guiar nessa trajetória.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por minha vida e as infinitas coisas maravilhosas colocadas em meu caminho.

A minha família. Ressaltando meus ídolos, meus pais Luciana e Nivaldo, obrigada pelo amor incondicional e incentivos. Obrigada aos meus irmãos João e Débora, por todo apoio e atenção nesses anos de graduação, assim como em toda minha vida. Os valores aprendidos com vocês me fortalecem a cada dia.

Agradeço aos meus amigos, Caio e Richelly, por toda cumplicidade, sempre permanecendo em minha torcida e tudo que nossa amizade consolidou, independente do tempo.

Aos amigos de turma, especialmente Carolina e André, obrigada pela ótima companhia todos esses anos. Vocês, com certeza, tornaram a graduação um período incrível, cujas lembranças positivas sempre levarei comigo.

A todos os professores que contribuíram com seus conhecimentos para minha formação, vocês foram fundamentais nesse processo. Meus mais sinceros agradecimentos por todo aprendizado.

E por fim, agradeço imensamente à Mestre Andresa Nolla de Matos Furtado, pela confiança, por ter me orientado na realização desta monografia com enorme apoio, rigor e exigência.

“Não é a mais forte das espécies que sobrevive, nem a mais inteligente,
mas aquela que melhor se adapta as mudanças”
(Charles Darwin).

RESUMO

O escaneamento intraoral em breve se tornará rotineiro na clínica diária do ortodontista. Obtendo modelos digitais tão precisos ou até melhores que os adquiridos através da moldagem convencional. Ele oferece inúmeras vantagens que vão desde uma boa experiência para o paciente até a facilidade de diagnóstico, simulação de tratamentos ortodônticos, confecção de aparelhos personalizados e a fabricação de alinhadores, através da impressão do modelo. Contudo, este método de obtenção de imagens digitais ainda é pouco utilizado, tendo em vista o alto investimento e a necessidade de se instruir sobre a utilização dos programas necessários. Neste contexto, este trabalho tem o objetivo de esclarecer as vantagens e aplicações do modelo digital como auxiliar no tratamento ortodôntico.

Palavras-chave: Ortodontia, Aparelho ortodôntico, Ortodontia digital.

ABSTRACT

Intraoral scanning will soon become routine in the orthodontist's daily clinic. Getting digital models as accurate or even better than those acquired through conventional molding. It offers numerous advantages ranging from a good patient experience to ease of diagnosis, simulation of orthodontic treatments, confection of custom appliances and the manufacture of aligners, through the printing of the model. However, this digital imaging method is still poorly used, given the high investment and the need to learn how to use the necessary software. In this context, this paper aims to clarify the advantages and applications of the digital model as an aid in orthodontic treatment.

Keywords: Orthodontics, Orthodontic appliance, Digital orthodontics.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVOS.....	14
2.1	GERAL	14
2.2	ESPECÍFICOS.....	14
3	METODOLOGIA.....	15
4	REVISÃO DE LITERATURA E DISCUSSÃO.....	16
4.1	ESCANEAMENTO INTRA-ORAL.....	166
4.2	IMPRESSÃO 3D.....	211
4.3	VANTAGENS E APLICAÇÕES DO MODELO DIGITAL.....	244
5	CONCLUSÃO	345
	REFERÊNCIAS.....	356

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia busca a cada dia tornar a nossa vida mais prática, rápida e com um menor custo. Na odontologia isso não é diferente. Estamos vivenciando um avanço importante no que diz respeito à introdução dos *scanners* e modelos digitais, em especialidades como prótese, implantodontia, cirurgia ortognática e, principalmente, na ortodontia.

O escaneamento é uma técnica de digitalização de objetos reais a partir de imagens geradas por luz ou, originalmente, por contato (BERNARDES *et al.*, 2012). Na década de 1980 foi inserido na odontologia restauradora o primeiro scanner intrabucal. Desde então, o uso de tecnologias digitais tem aumentado gradativamente na odontologia. (LOGOZZO *et al.*, 2011).

Utilizar os modelos digitais se tornará cada vez mais frequente, devido às inúmeras vantagens, como a facilidade de armazenamento da documentação, sem risco de fraturas do modelo, diminuição do espaço físico ocupado. Além de promover a comunicação entre os profissionais e entre profissionais e pacientes e a praticidade no planejamento do tratamento ortodôntico e orto-cirúrgico, a partir das simulações virtuais. Outrossim, há agilidade na confecção do modelo de estudo através da eliminação de várias etapas no atendimento, como seleção da moldeira, preparação dos materiais de moldagem e envio ao laboratório, não ocorrendo o risco de bolhas e alterações dimensionais na moldagem. (CARMARDELLA *et al.*, 2014).

Embora haja grande quantidade de vantagens da obtenção de modelos digitais, tem-se dois grandes obstáculos para a substituição das moldagens convencionais: o alto custo dos equipamentos e programas e o aprendizado a fim de dominar a técnica para utilização dos *softwares* necessários. (CAMARDELLA *et al.*, 2015).

Apesar de inicialmente o investimento ser alto, em médio prazo, aumenta o rendimento para o consultório, uma vez que as repetições e o tempo do paciente na cadeira diminuem. (POLIDO, 2010).

A substituição dos modelos de gesso por modelos virtuais pode beneficiar a ortodontia de diversas maneiras. O uso do escaneamento intraoral auxilia no planejamento e diagnóstico mais aprimorado, com tempo dos atendimentos reduzidos e maior conforto ao paciente. Há maior facilidade de comunicação com os laboratórios,

com envio e retorno mais rápidos. No consultório, os procedimentos tornam-se mais padronizados, tendo a grande vantagem de simular o tratamento ortodôntico, maior agilidade e precisão na medição de valores nas análises de modelo e na confecção de setups. Através do *setup* digital é possível confeccionar guias de colagem, guias cirúrgicos, aparelhos ortodônticos digitais, bráquetes customizados e arcos personalizados, os quais podem ser impressos em impressoras tridimensionais (3D). (ALFARO, 2013).

Alinhadores podem ser fabricados através da impressão de modelos. Em casos de danos ou perda do aparelho, há facilidade para fabricá-lo novamente. A comunicação entre profissionais da área torna-se mais fácil, como nos casos de cirurgia ortognática, em que o ortodontista e o cirurgião bucomaxilofacial podem discutir as alternativas, sem que haja necessidade de deslocamento de seus consultórios (KRAVITZ *et al.*, 2014). Tudo isso auxilia o ortodontista a desenvolver uma dinâmica de trabalho para resolver os problemas relacionados à má-oclusão de cada caso.

Os modelos digitais podem ser adquiridos por escaneamento de moldagem ou de modelo (POLIDO, 2010). Após o escaneamento, as imagens obtidas são “importadas” para *softwares* de planejamento e manipulação das imagens. O modelo digital é transferido para a “nuvem do cyber espaço”, podendo ser acessado por qualquer laboratório ou profissional, através de um *link*, além de permitir a duplicação do modelo em forma de *back ups*. (BERNARDES *et al.*, 2012).

A integração de tecnologias digitais na prática odontológica e principalmente na ortodôntica está levando a uma transição lógica de abordagem bidimensional a uma prática 3D. Os consultórios estão aumentando a utilização de scanners digitais, tomografia computadorizada de feixe cônico e impressoras 3D, devido às inúmeras vantagens eles oferecem, tanto para o paciente, como para o profissional. Mediante tais exposições, faz-se necessário o estudo dessas novas ferramentas tecnológicas.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

O presente estudo tem como objetivo revisar a literatura acerca do uso da ortodontia digital.

2.2 ESPECÍFICOS

- a) Descrever o método para obtenção do modelo digital;
- b) Verificar as vantagens do uso de ortodontia digital;
- c) Relatar as aplicações do uso do modelo digital na ortodontia;
- d) Conhecer os tipos impressão 3D dos modelos digitais utilizados na ortodontia.

3 METODOLOGIA

A metodologia será realizada por meio de busca eletrônica nas bases de dados bibliográficas; Medline, Lilacs, BBO, assim como busca direta no Google Acadêmico. Outros artigos considerados pertinentes também serão incluídos nessa seleção. Serão selecionados artigos publicados de 2013 até a presente data. Os idiomas utilizados para a pesquisa serão o português e o inglês. Os termos consultados serão: intraoral digital scanner, escaneamento intraoral, impressão tridimensional, modelos dentários.

4 REVISÃO DE LITERATURA E DISCUSSÃO

Neste tópico será abordado acerca do escaneamento intraoral, procurando explicar os principais aspectos sobre o tema.

4.1 ESCANEAMENTO INTRA-ORAL

O escaneamento é uma técnica de digitalização de objetos reais a partir de imagens geradas por luz ou, originalmente, por contato. Assim, podem-se obter imagens de *scanners* intraorais ou de bancada, a partir da captação do reflexo da luz ou por contato físico. (BERNARDES *et al.*, 2012).

O escaneamento intraoral de dentes individuais já é possível há algum tempo, mas exigiu o uso do pó de dióxido de titânio, devido à translucidez do esmalte e da dentina, para promover opacidade e permitir a digitalização do preparo. Entretanto, atualmente, os scanners podem produzir arcos digitais completos “costurando” as imagens juntas, sem necessidade de pó. (REMOND *et al.*, 2011; KURBAD, 2000). No caso do escaneamento de acessórios metálicos, como o caso dos mini-implantes, faz-se necessário utilizar um spray com o intuito de opacificá-los, para que o brilho do metal não reflita, sem causar falhas no escaneamento.

De maneira geral, as decisões sobre o uso de scanners dizem respeito à qualidade da imagem gerada, ao tempo de escaneamento, à necessidade de preparo da amostra a ser escaneada, ao tamanho do scanner, ao volume interno do scanner, à forma com que a peça é escaneada e a tecnologia ótica empregada, bem como a maneira que o paciente será escaneado, se a partir do modelo de gesso, moldagem ou com moldagem intraoral. (BERNARDES *et al.*, 2012).

Cada *scanner* tem três componentes principais: uma estação de trabalho móvel sem fio para suportar a entrada de dados; um monitor de computador para inserir prescrições, aprovar escaneamentos e revisar arquivos digitais; e uma varinha de mão para coletar os dados digitalizados na boca do paciente. Para coletar pontos de dados de superfície, a energia da luz do laser ou da luz branca é projetada da varinha para um objeto e refletida de volta para um sensor ou câmera na varinha. Com base em

algoritmos, dezenas ou centenas de milhares de medições são feitas por polegada, resultando em uma representação 3D da forma do objeto. A tecnologia usada pela varinha para capturar dados de superfície determina a velocidade de medição, a resolução e a precisão do scanner. (KRAVITZ *et al.*, 2014).

O processo de escaneamento, geralmente, começa no quadrante inferior esquerdo com o operador movendo a varinha de posterior para anterior. Posteriormente, o operador prossegue para o arco superior, para a mordida e para o palato. A verificação pode ser interrompida e reiniciada a qualquer momento, indo para frente ou para trás a fim de recapturar áreas de dados ausentes. (REMOND *et al.*, 2011).

O scanner precisa de cerca de 1,5 minuto para processar e costurar todas as imagens individuais. Após esse processo de "View", qualquer espaço vazio maior que 1,25 mm é marcado pelo software com círculos vermelhos e capturas adicionais são realizadas para preencher os dados em falta. Outra rodada de "View" é necessária para incorporar as capturas adicionais, quantas vezes forem necessárias. (LIU *et al.*, 2014).

Quanto ao marco inicial da utilização dos scanners, bem como seu desenvolvimento, se destaca a lição de Kravitz *et al.*:

A chegada dos scanners digitais intraorais coincidiu com o desenvolvimento da tecnologia de projeto e manufatura assistida por computador (CAD / CAM) e a introdução, em 1984, da restauração econômica de cerâmicas estéticas (CEREC). Em 2001, a Cadent introduziu o sistema OrthoCAD para a produção de modelos digitais 3D, configurações virtuais e guias de colagem indireta. Os modelos de gesso de um paciente ou impressões de polivinil siloxano (PVS) foram enviados para o centro de digitalização OrthoCAD, e processados em um arquivo digital que foi baixado para a rede do consultório médico. Em 2006, a Cadent desenvolveu o sistema de impressão digital iTero em consultório, que até 2008 era capaz de realizar varredura intraoral de arco completo. No final de 2009, a Cadent lançou o sistema iOC para usuários do iTero. A Align Technology adquiriu a Cadent em 2011, permitindo que os clínicos com o iOC iniciassem o envio digital 3D no lugar de impressões físicas para a fabricação de aparelhos Invisalign. Em outubro de 2012, a 3M ESPE lançou o scanner True Definition, permitindo que os ortodontistas enviassem modelos digitais para aparelhos linguais personalizados do Incognito. Seis meses depois, a Ormco lançou o sistema de impressão digital Lythos para seus sistemas de aparelhos Insignia e Clearguide. Em janeiro de 2014, após muita demanda por mais invariabilidade entre fabricantes, o scanner True Definition tornou-se qualificado para o envio de casos Invisalign, a fim de que as digitalizações True Definition pudessem ser

usadas ao envio de Invisalign e as digitalizações do iTero para o sistema de dispositivo anônimo. (KRAVITZ *et al*, 2014).

Na Ortodontia, esta tecnologia foi utilizada inicialmente para fazer modelos digitais e, posteriormente, para criar configurações virtuais para colagem indireta. Na prática, as varreduras intraorais substituíram as impressões tradicionais de polivinilsiloxano (PVS) e posteriormente, integradas em casos ortognáticos, nos quais os escaneamentos intraorais são sobrepostos com a tomografia computadorizada de feixe cônico, com o propósito de produzir arquivos .stl digitais para fabricação de guias cirúrgicos. (GARINO, 2010)

Já estão disponíveis diversos scanner de uso odontológico, sendo os mais conhecidos: iTero (Cadent Inc) – 2007, Lava C.O.S. (3M ESPE) – 2008, CEREC (Sirona Dental System) – 2009, IOS FastScan (IOS Technologies, Inc) – 2010 e TRIOS (3Shape) – 2011. (LOGOZZO *et al*, 2011). Dentre estes, três se destacam quanto ao uso na ortodontia: o Scanner iTero – Cadent, o Scanner TRIOS – 3SHAPE e o Scanner CEREC – Sirona.

O Scanner iTero – Cadent, indicado na Figura 01, foi desenvolvido pela Cadent Inc., nos EUA em 2007 e foi comprada pela Aling Technology em 2011. Ele usa um sistema de escaneamento a laser confocal paralela para realizar rapidamente a moldagem digital. A feixe de laser atinge o objeto e a luz refletida é convertida por conversor analógico-digital, gerando a imagem 3D. O escaneamento confocal digital paralelo captura todos os elementos e materiais presentes na boca, sem a necessidade de uso de produtos que recubram os dentes. Para completar o processo de escaneamento dos dentes e do registro de mordida são necessários entre 10 e 15 minutos (TANEVA; *et al.*, 2015; NAIDU; FREER, 2013). O preço do iTero é aproximadamente US\$26.000. (BÓSIO, 2017).



FIGURA 01: Scanner Itero Element

Fonte: <https://www.drkarlin.com/itero-element>

O Scanner TRIOS – 3SHAPE, indicado na Figura 02, é um *scanner* com capacidade de escanear modelos de estudos em poucos minutos. As imagens geradas são coloridas e o sistema tem facilidade de escanear regiões edêntulas. A unidade intraoral é pequena e bem tolerada pelos pacientes. As imagens são transmitidas para a “nuvem” da própria empresa, proporcionando maior segurança às informações pessoais dos pacientes. O aparelho transmite a imagem em um arquivo próprio, mas permite que outros laboratórios obtenham apenas o arquivo .stl (sem cores) para confecção de aparelhos. A maior desvantagem ainda é o preço que gira em torno de US\$ 48.000 além de uma anuidade em torno de US\$3.000, tal *scanner* pode ser vendido como unidade de laptop ou como em kart. O laptop, apesar de maior portabilidade, é acompanhado de softwares de seu próprio fabricante, o que diminui a velocidade de processamento das imagens, aumentando o tempo de aquisição. O modelo kart possui bateria recarregável própria e comporta todo o programa instalado, impedindo instalação de outros *softwares*, tornando-o mais rápido. O *scanner* captura a imagem, processa e envia por *wi-fi* para outros computadores, desde que tenham instalado o *software* da empresa, além de transmitir-se criptografado para um site seguro da “nuvem”. (BÓSIO, 2017).



Figura 2: scanner Trios

Fonte: <https://henryscheinequipmentcatalog.com/cad-cam/intraoral-scanners/3shape-trios-3>

O Scanner CEREC – Sirona, indicado na figura 03, oferece uma gama completa de sistemas de impressão digital, incluindo o CEREC AC Connect com Omnicam e CEREC AC Conect com Bluecam. O CEREC AC com Omnicam produz imagens a cores, 2D e 3D e capta semi-arco e impressões de arco completo. Com a tecnologia Color Streaming, o CEREC Omnicam permite a captura contínua de vídeo da cavidade. A peça de mão tem um tubo de câmera arredondado para facilitar a rotação da câmera e uma pequena ponta de câmera. Durante a digitalização, a câmera deve estar movida entre 0 e 15 mm sobre a superfície do dente. Enquanto isso, CEREC AC Connect com Bluecam apresenta um azul diodo emissor de luz com um comprimento de onda específico concebido para melhor capturar detalhes. Ambos os modelos CEREC Bluecam e Omnicam podem ser usados com Software CEREC Connect 4.2. Além disso, o Sirona Connect não possui taxas anuais ou incrementais e uso ilimitado. (BÓRIO, 2017).



Figura 03: scanner Cerec Omnicam

Fonte: <http://www.colfaxsmiles.com/cerec-one-visit-dentistry/>

4.2 IMPRESSÃO 3D

A partir dos modelos digitais, podem ser criados modelos prototipados de resina que possuem diversas finalidades. As técnicas de prototipagem rápida mais utilizadas são a Estereolitografia (SLA), a Sinterização Seletiva a Laser (SLS), a Impressão Tridimensional (3D Printing), a Modelagem por Deposição Fundida (FDM) e a Thermojet (figura 04). Todas elas se baseiam no princípio da adição camada por camada de material, que correspondem as “fatias” axiais da estrutura anatômica examinada. (VOLPATO *et al.*, 2007).

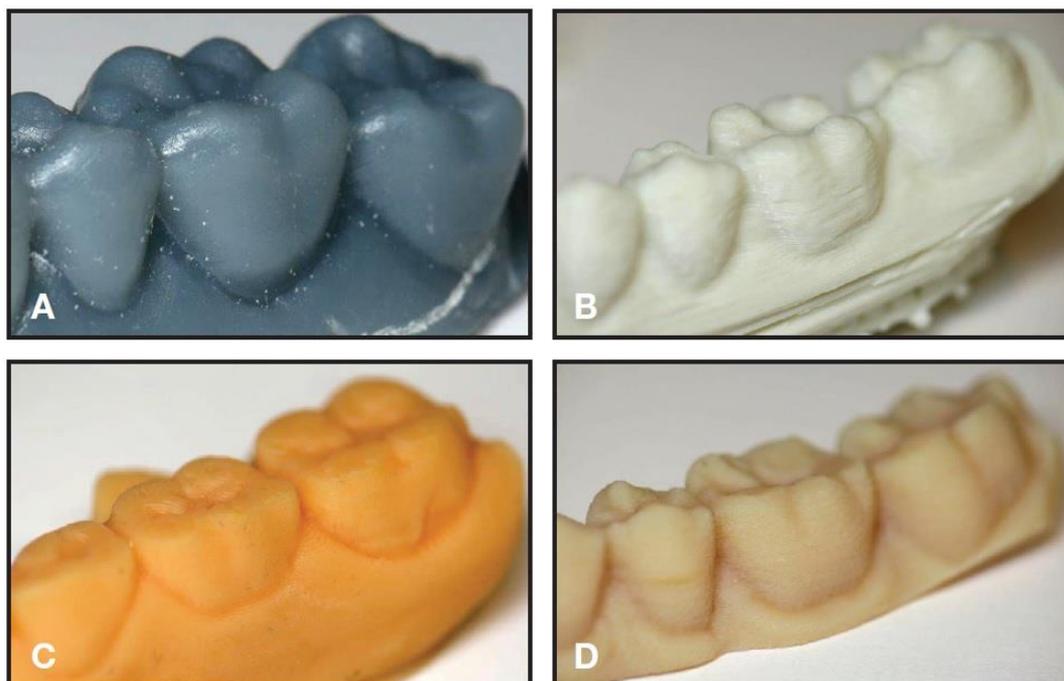


Figura 04: Modelos impressos usando sistemas SLA (A), FDM (B), DLP (C) e PPP (D).
Fonte: Groth et al., 2014

Um scanner intraoral é usado para criar um arquivo digital do objeto na linguagem de mosaico padrão (*STL*), o que possibilita a transferência de um modelo 3D a partir de uma tela de computador para o formato global para arquivos de impressão 3D. *STL* é um formato de arquivo desenvolvido em 1987 por Charles Hall a fim de apoiar sua impressora estereolitográfica 3D. (KRAVITZ *et al.* 2018).

O *software* de projeto e manufatura auxiliado por computador (*CAD/CAM*) é usado para processar o arquivo e prepará-lo para impressão. Este, divide o objeto em pequenas camadas de 16 a 300 microns cada, conhecidas como "camadas de compilação". O tempo necessário para produzir modelos 3D depende do número de camadas impressas - a altura vertical do modelo - e não do número de modelos sendo impressos. (GROTH *et al.*, 2014).

O processo de impressão requer preparação como remover o excesso de dados, o operador deve reparar todos os orifícios, os polígonos (compreende centenas de milhares de triângulos, alguns dos quais precisam ser removidos ou reparados) (figura 05), ajustar a altura da base (figura 06), esvaziar o interior e imprimir com a identificação do paciente (figura 07). Como o *software* fornecido com a impressora 3D pode não conseguir realizar todas essas manipulações, são

necessários outros programas de software de projeto e manufatura assistidos por computador (CAD/CAM). (KRAVITZ *et al.*, 2018).

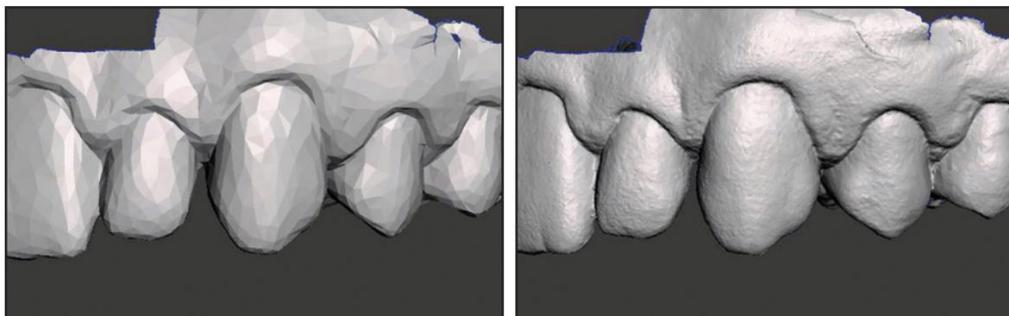


Figura 05: polígonos removidos ou reparados pela primeira modificação do arquivo stl.
Fonte: Kravitz et al., 2018

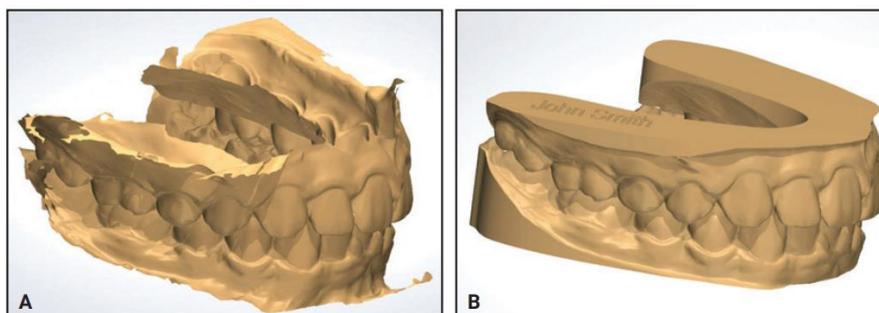


Figura 06: A. Arquivo STL bruto criado a partir da varredura intraoral. B. Modelo digital limpo e consertado pronto para impressão 3D.
Fonte: Kravitz et al., 2018



Figura 07: modelos impressos 3D para sequência de alinhadores.
Fonte: Furtado, 2018

4.3 VANTAGENS E APLICAÇÕES DO MODELO DIGITAL

Dentre as vantagens do uso dos modelos digitais destacam-se a precisão e velocidade na obtenção de dados para o diagnóstico e planejamento, facilidade de armazenamento; diminuição de risco de fratura, possibilidade de transferência de informações através de recursos digitais, facilidade na realização de análises ortodônticas e rápida confecção de *setups* virtuais para simulação de tratamento. (SOUSA *et al.*, 2012; STEVENS *et al.*, 2006; WIRANTO *et al.*, 2013).

Embora os modelos de gesso sejam muito úteis, apresentam algumas desvantagens, como necessidade de espaço físico para armazenamento, possíveis quebras, colonização de microrganismos a longo prazo, possibilidade de perda e dificuldade de troca de informações com outros profissionais. (TAVARES *et al.* 2017).

Sobretudo, as moldagens digitais tendem a reduzir retornos e retratamentos, assim como aumentar a eficiência do tratamento (POLIDO, 2010), com facilidade de reprodução, manipulação e medição dos modelos; (CUPERUS *et al.*, 2012; NAIDU; FREER, 2013); capacidade de visualizar os dentes de forma constante e corrigir as digitalizações em tempo real; (HAJEER *et al.*, 2004); e capacidade de combinar dados com a tomografia computadorizada de feixe cônico.(LEE *et al.*, 2012) Os pacientes se beneficiarão do maior conforto e da experiência muito mais positiva de ir ao dentista. (POLIDO, 2010). Usando essa tecnologia, os ortodontistas podem fabricar com mais precisão e eficiência os alinhadores invisíveis, bráquetes personalizadas, contenções, aparelhos de laboratório, além de guias para colagem indireta, sem a experiência desagradável das impressões convencionais. (KRAVITZ *et al.*, 2014).

Além disso, e de real importância, em casos de Ortodontia e de Cirurgia Ortognática, o registro oclusal tem historicamente sido realizado através do uso de materiais de silicone ou mordida em cera. Quando realizado digitalmente, não há material colocado entre os dentes superiores e inferiores, reduzindo significativamente o risco de se obter uma relação interoclusal inadequada. (POLIDO, 2010).

Em ortodontia, os modelos digitais podem contribuir para o processo diagnóstico (PEREIRA *et al.*, 2015), devido à grande versatilidade dos *softwares* atuais, que podem ser utilizados para cálculo das medidas de discrepância das arcadas, determinar o formato e tamanho das arcadas dentárias, tipo

de maloclusão, quantidade de apinhamento, trespasse vertical e horizontal. (GRUNHEID *et al.*, 2014). A moldagem do paciente torna-se desnecessária, eliminando-se o gesso e alginato do consultório para esse fim e a remoção de estruturas, como os bráquetes do modelo, pode ser feita de forma mais precisa através do *software*. Talvez como maior vantagem do planejamento digital se tem a previsibilidade da movimentação dentária associada à biomecânica da força aplicada aos dentes.

Tavares *et al.* (2017) descreveram que a utilização dos modelos digitais pode apresentar algumas limitações, como na obtenção de um registro físico da arcada dentária inferior para análise clínica da forma. Neste estudo, ele concluiu que imprimindo em papel o modelo de gesso escaneado, não se encontram diferenças clinicamente significativas nas medidas realizadas em modelos de gesso e digitais, quando levadas em consideração medições das distâncias intercaninos, intermolares e comprimento da arcada, podendo ser utilizadas como auxiliar na confecção de arcos ortodônticos individualizados.

Nesses últimos anos, a digitalização de modelos, o planejamento digital e a impressão tridimensional (3D) trouxeram muitas inovações para a Ortodontia. Com tais ferramentas é possível executar *set-ups* (figura 08), estes que foram sempre um grande obstáculo, estão sendo superados com a era digital, visto que as técnicas laboratoriais tradicionais utilizadas são trabalhosas e altamente dependentes dos técnicos que as realizam, demandando muito tempo. A partir dos modelos digitais, o *set-up* ortodôntico pode ser feito em poucos minutos nos softwares específicos para a ortodontia. (SHIBASAKI *et al.*, 2018).



Figura 08: setup virtual. A. lado esquerdo, visão lateral direita antes do tratamento; lado direito, visão lateral direita do setup confeccionado pelo técnico e corrigido pelo ortodontista. B. lado esquerdo, visão frontal antes do setup (em verde uma reposição virtual do elemento 34 ausente).

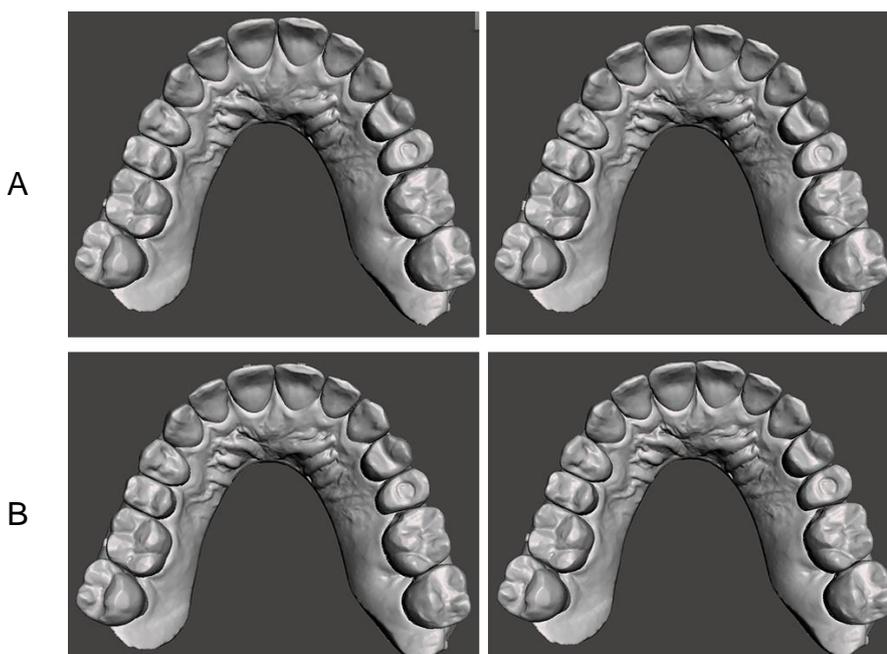
Fonte: Camardella et al., 2015

Barreto *et al.* (2018) relataram um caso de sucesso simulando várias opções de tratamento ortodôntico em uma paciente com má oclusão de Angle Classe I e esquelética classe III e com apinhamento anterior moderado e mordida cruzada, associada à presença de dois incisivos inferiores supranumerários, realizado com análise de discrepância de Bolton e a configuração ortodôntica virtual, através dos *setups*. Sendo que a paciente descartou a possibilidade de um tratamento ortodôntico cirúrgico, optaram pela extração dos incisivos inferiores supranumerários, o que revelou resultado ainda insatisfatório. Então, foi realizado um tratamento ortodôntico compensatório, extraindo um supranumerário adjacente ao canino inferior direito e desgaste interproximal de 3 mm, distribuída entre os 5 incisivos restantes. Tratamento que foi suficiente para equilibrar a discrepância do tamanho do dente entre os arcos superior e inferior, para dissolver o ântero apinhamento e corrigir a mordida cruzada anterior.

A Align Technology utiliza o *set up* digital de modelos sequenciados prototipados a fim de produzir os alinhadores para o sistema Invisalign. (YANPING *et al.*, 2006). Conseguir impressões altamente precisas para otimizar os benefícios do alinhador já foi um desafio. Vários materiais de impressão têm suas desvantagens e inconsistências de processo que muitas vezes levaram a compromissos adicionais e ajustes. Atualmente, as impressões digitais oferecem práticas com precisão superior, economia de custos e satisfação do paciente. Novos aprimoramentos de software oferecem aos usuários a capacidade de digitalizar arcos completos para fabricação de alinhadores. (JONES *et al.*, 2012) A ideia de realizar tratamento ortodôntico sem a necessidade de fios e bráquetes revolucionou a ortodontia. Os alinhadores invisíveis atendem às necessidades da maioria dos pacientes, quando se trata de mecânica ortodôntica, pois além de ser mais estético, confortável e higiênico, permitem que o paciente remova para escovação. É através de um planejamento digital que o ortodontista cria toda a mecânica necessária para um tratamento com alinhadores invisíveis, os quais são substituídos, em média, após 15 dias de início do uso.

Hoje já é realidade dentro das clínicas de ortodontia a própria fabricação de alinhadores. Os modelos e peças produzidos por impressoras 3D ou por máquinas de usinagem apresentam qualidade adequada para o uso em Odontologia e, se comparados aos modelos anteriores, a nova geração dessas tecnologias está mais

precisa e com um custo mais acessível (KASPAROVA *et al.*, 2013; KIM *et al.*, 2018). A redução de custos com laboratório e maior rapidez na entrega são as principais vantagens, quando se produz os próprios alinhadores, dentro do consultório (MARTINS; ALMEIDA, 2018). Digitalizar os processos, tem sido um grande desafio e um desejo de muitos clínicos, principalmente quando se trata da execução de tratamentos, fazendo-se necessário imprimir os modelos para confecção de alinhadores, por exemplo. (SHIBASAKI *et al.*, 2018). O processo de fabricação dos alinhadores inicia no software de planejamento (setup), no qual o ortodontista estabelece a posição final ideal para o caso, determina a taxa de movimentação adequada e o próprio software calcula quantos estágios serão necessários para chegar à posição desejada. A exportação desta sequência é realizada na impressão para posterior estampagem dos das placas alinhadoras na máquina à pressão.



D

E

Cinco alinhadores fabricados em clínica ortodôntica (in house). B. Fotografias iniciais com presença de diastemas entre os incisivos. C. Alinhador instalado. D. Fotografias finais.
FONTE: Furtado, 2018

Com o planejamento digital, a base dos bráquetes pode ser individualizada digitalmente, pois em alguns tratamentos, faz-se necessário o uso de dobras nos fios ortodônticos, levando o dente na posição desejada. Ou mesmo na ortodontia lingual, a anatomia palatina dos dentes dificulta a adaptação dos acessórios e a confecção de dobras, assim é possível personaliza-los virtualmente, possibilitando uma melhor adaptação, facilitar o tratamento para o ortodontista com relação aos fios ortodônticos, além de não prejudicar a intercuspidação.

Aristizábal *et al.* (2018) relataram um tratamento de má oclusão de classe III dentária e esquelética, auxiliado e personalizado com tecnologia digital 3D com bráquetes autoligáveis, mostrando a redução do tempo de tratamento. Para isso, utilizaram o tratamento ortodôntico pré-cirúrgico, cirurgia de recuo mandibular, seguido por uso de aparelhos fixos, com auxílio de bráquetes autoligáveis e splints cirúrgicos, produzidos através do sistema CAD/CAM. O tratamento ortodôntico foi completado cinco meses após o recuo mandibular, mostrando grandes melhorias no perfil facial, oclusão de Classe I com overjet e overbite ideais.

Quando bráquetes são colados com maior precisão, diminui-se a necessidade de correções e também o tempo de alguns tratamentos ortodônticos. Em tais casos, a colagem indireta é uma boa auxiliar, realizada através de guias de colagem, que podem ser impressos em impressoras 3D (YANPING *et al.*, 2006) Brown

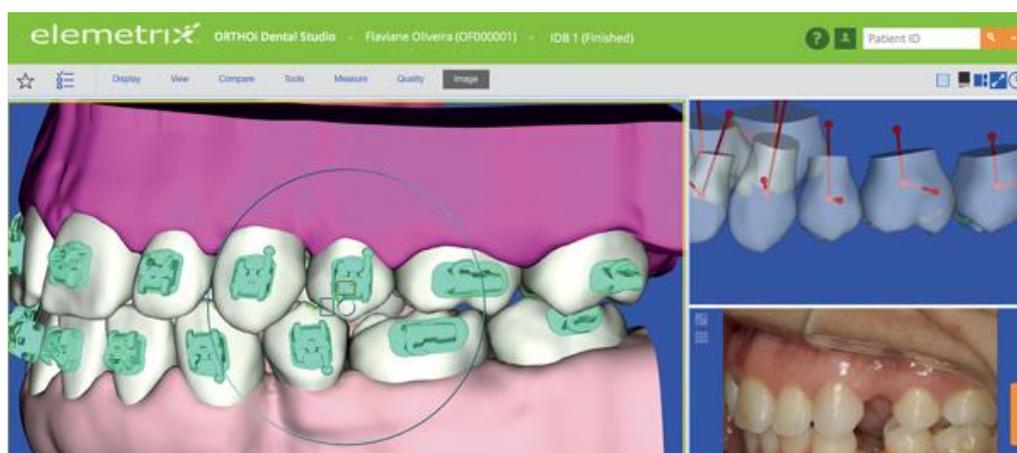
et al. (2015) realizaram uma pesquisa com três grupos para analisar a eficácia de aparelhos ortodônticos personalizados produzidos no sistema CAD/CAM, comparados aos bráquetes ortodônticos com colagem direta e indireta. Como resultado, constatou que o tempo dos tratamentos teve diferença significativa. O grupo CAD/CAM foi o mais curto, variando de 13,8 e 3,4 meses, com drástica redução, também no número de consultas, enquanto os de colagem direta foram de 21,9 e 5,0 e 16,9 e 4,1 meses para o grupo de colagem indireta.

A guia de colagem indireta virtual é realizada por meio de um software a partir do modelo digital, onde será confeccionado um *setup*, os bráquetes virtuais são posicionados no modelo final e transferidos para o modelo inicial virtual. Em seguida será utilizado para a confecção de um guia de colagem indireta (figura 10) contendo os desenhos dos bráquetes selecionados e uma série de arcos personalizados. A posição digital de cada bráquete é transferida para a cadeira do ortodontista que logo poderá iniciar a colagem do aparelho e o tratamento ortodôntico (CAMARDELLA *et al.*, 2015). Devido à redução do tempo de colagem, o paciente tem menos trauma e desconforto nas consultas de montagem do aparelho. Esse método de colagem exige pouco tempo do ortodontista, que geralmente só revisa o posicionamento dos bráquetes nos modelos. Tal procedimento leva apenas um minuto, e coloca a moldeira de transferência em posição na boca do paciente. (SILVA JUNIOR *et al.*, 2009).

A



B



C



D



E



Figura 10: A. Impressora 3D Moonray S, com 20 microns de resolução no eixo Z e 100 microns nos eixos XY, e velocidade de 25 mm/h é compatível com a qualidade necessária e velocidade de produção que se adequa às necessidades de um consultório ou clínica de Ortodontia. B. Simulação da movimentação dentária e ajuste final do posicionamento. C. Gerando moldeira de transferência digitalmente com o software para colocação na boca do paciente. D. Impressão da moldeira de transferência em 3d e adaptação dos bráquetes individualmente em cada dente na moldeira. E. Colagem indireta dos bráquetes na boca do paciente.

Fonte: Accorsi, 2017; Marotta, 2017.

Embora seja mais utilizado para reconstruções, cirurgiões bucomaxilofaciais estão utilizando cada vez mais o fluxo digital para planejamento e construção de guias para cirurgia ortognática. Com o uso da impressão 3D, tem sido feitos guias de osteotomias, planejamento em modelo de tamanho natural (Figura 11), referência intra-operatória e customização de peças de inclusão em vários materiais, desde o polietileno até o titânio. (DORNELLES, 2017).



FIGURA 11: modelo impresso 3D a partir da tomografia computadorizada (arquivo DICOM) para planejamento cirúrgico e confecção de mini-placa de ancoragem ortodôntica, com objetivo de diminuir o tempo cirúrgico, com maior precisão e previsibilidade da intervenção.

Fonte: Furtado, 2018

A era digital na ortodontia está se movendo na velocidade da luz. Radiografias digitais e fotografia digital estão se tornando a norma em registros ortodônticos. Ortodontistas usam computadores para manutenção de registros, gerenciamento de prática, educação do paciente e comunicação com os profissionais da área, além de muitas outras tarefas. Computadores tornaram-se uma necessidade e não uma opção. Com eles, diminui-se o espaço físico ocupado no consultório pelos modelos de gesso, uma vez que os modelos digitais podem ser armazenados na nuvem do cyberspaço. Conseqüentemente, facilita-se o envio dos modelos para

trabalhos em laboratório, o que pode ser feito de maneira segura por *softwares* que comunicam o *scanner* direto com laboratórios, como por exemplo o 3Shape Communicate™ (3Shape, Copenhague, Dinamarca). (MARTINS; ALMEIDA, 2018).

O escaneamento intraoral produz modelos digitais do mesmo padrão ou talvez até melhores que os modelos adquiridos através da moldagem convencional e, certamente, a sua utilização se tornará cada vez mais frequente. Comparado ao método convencional de confecção, o método digital apresenta algumas vantagens. Porém, segundo Tavares *et al.* (2017), alguns tratamentos, faz-se necessário a obtenção de um modelo físico, como por exemplo a avaliação de forma da arcada dentária, para fabricação de fios ortodônticos individualizados. Nesse contexto, foi impresso em papel a arcada dentária, e segundo avaliação constataram ser relativamente fiel a um modelo físico, com diferenças clinicamente insignificantes.

Comparando ainda o modelo de gesso e o modelo virtual, a durabilidade não é um fator comprometedor para o modelo digital, visto que o mesmo pode ser danificado, quebrado ou ficar mofado. O modelo digital não apresenta este problema, pois o mesmo é armazenado digitalmente, eliminando a necessidade de espaço para estoque, uma vez que podem ser gravados em HDs, por exemplo. (CAMARDELLA *et al.*, 2014)

Talvez a maior vantagem para o cirurgião dentista e para o técnico de laboratório em aderir tecnologia digital seja a eliminação de processos com base química, como a presa do material de moldagem e do gesso. Sendo assim, o maior acervo de erros no tratamento deixa de ser um fator significativo. Eliminando o processo de moldagem convencional, não há mais a preocupação com a possibilidade de erro devido a impasses como bolhas de ar, rasgos, deslocamento da moldeira, pouco material de moldagem, limitação do tempo de trabalho, imprecisão no vazamento e distorção resultante de procedimentos de desinfecção. (JONES, 2012).

A transição do escaneamento intraoral para o modelo físico não é tão simples quanto pressionar "imprimir" no computador. Na maioria dos casos, o modelo digital terá pequenos orifícios que precisam ser costurados, fechados e reparados antes da impressão. O software fornecido com a impressora é geralmente inadequado para preparar modelos digitais, que exigem a ajuda de outros softwares. Tais programas podem ser usados para estender a base do modelo, remover o material em excesso, imprimir um identificador de paciente e extrair apenas que o operador deseja imprimir. Fazendo o interior do modelo impresso oco, por exemplo, o programa

conserva resina cara. Usando o CAD/CAM, é possível remover digitalmente os bráquetes antes da remoção real do aparelho fixo. Uma vez que os acessórios foram digitalmente removidos, movimentos menores de dente podem ser prescritos para idealizar o alinhamento, e modelos 3D podem ser impressos na fabricação de contenções. (GROTH *et al.*, 2014).

Com o advento da colagem indireta, aparelhos ortodônticos pré-fabricados, arcos customizados ou alinhadores termoplásticos, a atuação do ortodontista durante a instalação do aparelho e na mudança de arcos ou alinhadores durante o tratamento pode, possivelmente, ser reduzida. O papel mais importante do ortodontista será no planejamento do tratamento e na avaliação durante e após o tratamento. Futuramente, o valor de aparelhos customizados será menor. Logo, um tratamento ortodôntico eficiente que proporcione resultados de alta qualidade em um reduzido tempo de tratamento estará disponível para um maior número de pacientes. (CAMARDELLA *et al.*, 2015).

Entretanto uma das dificuldades encontradas pelos ortodontistas para análises de modelos é a dependência de *softwares* para simular mecânicas indicadas à movimentação dentária (*set ups*), que são na grande maioria, caros e de difícil acesso. (SHIBASAKI *et al.*, 2018). Além disso, o processo de impressão 3D não é tão simples como apertar o botão de impressão, o modelo digital requer preparação antes da impressão tridimensional. Nesse sentido, é necessário além de disponibilidade de tempo do profissional o conhecimento para a execução de todo o processo.

5 CONCLUSÃO

Tendo em vista os aspectos mencionados, conclui-se que o escaneamento intraoral em poucos anos substituirá a moldagem convencional, por ser um método confiável, preciso e oferecer vantagens, como o conforto ao paciente.

Um grande benefício que o fluxo digital odontológico trouxe para a ortodontia foi o uso dos modelos digitais, os quais possibilitam aos clínicos aprimorar o diagnóstico e planejamento dos casos, não tendo a necessidade de ter um espaço físico no consultório para o armazenamento, diminuindo o risco de danos ou perdas do modelo.

Fazer o diagnóstico ortodôntico e simular os tratamentos através dos *setups* tornou-se algo mais previsível e prático com a ortodontia digital. A comunicação como os laboratórios tornou-se mais fácil. A confecção de acessórios personalizados, guias de colagem e alinhadores invisíveis evoluíram a ortodontia, acelerando o tempo dos tratamentos. Apesar de exigir uma curva de aprendizado e ter um alto custo, a facilidade de obtenção dos modelos para planejar os casos e prever o resultado final dos tratamentos traz credibilidade e confiança aos ortodontistas.

Através dos modelos digitais, pode-se imprimir os modelos em resina. Com o auxílio do CAD/CAM o arquivo é preparado e pela extensão do arquivo virtual (STL), é enviado para a impressora. Entender este processo é essencial para impressão 3D e construir um laboratório digital no consultório.

REFERÊNCIAS

ACCORSI, M. **Colagem indireta precisa por meio de sistemas CAD/CAM.** OrtodontiaSPO, 2017.

ALFARO, F.H. **New Protocol for Three-dimensional Surgical Planning and CAD/CAM Splint Generation in Orthognathic Surgery: an in vitro and in vivo study.** 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0901502713001975?via%3Dihub>> acesso em: 07/06/2018.

ARISTIZABAL, J.F. et al. **Surgery-first approach with 3D customized passive self-ligating brackets and 3D surgical planning: Case report.** Dental Press J. Orthod, 2018.

BARRETO, F.A.M. et al. **Virtual orthodontic setup in orthodontic camouflage planning for skeletal Class III malocclusion.** Dental Press J. Orthod, 2018.

BERNARDES, S. R. et al. **Tecnologia CAD/CAM, aplicada a prótese dentária e sobre implantes.** v. 06, n.1, p.08-13. Jornal ILAPEO., Jan/mar, 2012.

BÓRIO J.A. et al. **Odontologia digital contemporânea – scanners intraorais digitais.** Orthod. Sci. Pract, 2017.

CAMARDELLA, L.T et al. **A utilização dos modelos digitais em Ortodontia.** v.1, n.47, p75-82. Ortodontia SPO, 2014

CAMARDELLA, L.T. et al. **A utilização do fluxo de trabalho digital no tratamento ortodôntico e ortocirúrgico.** v. 31, n. 8, p. 305-314. Orthod. Sci. Pract, 2015.

CUPERUS, A.M. et al. **Dental models made with an intraoral scanner: A validation study.** Am. J. Orthod, 2012.

DORNELLES, R.F.V. **Tecnologia 3d na cirurgia crânio-maxilo-facial.** 13/07/2017. Disponível em: <<http://www.abccmf.org.br/medicos/?p=1009>> acessado em: 22/10/2018.

FURTADO, A.N.M. **Figuras 7, 9, 11: arquivo pessoal.** 2018.

GARINO, F. **Basic principles and clinical application of the Invisalign system.** Mondo Ortod, 2010.

GROTH, C. et al. **Three-Dimensional Printing Technology.** JCO, august, 2014.

GRUNHEID, T. et al. **Clinical use of a direct chairside oral scanner: an assessment of accuracy, time, and patient acceptance.** Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop, 2014.

HAJEER, M.Y. et al. **Applications of 3D imaging in orthodontics: Part II.** J. Orthod, 2004.

JONES, P. E. **The iTero optical scanner for use with Invisalign: A descriptive review.** Dent. Econ, 2012.

KASPAROVA, M. et al. **Possibility of reconstruction of dental plaster cast from 3D digital study models.** Biomed eng. Online, 2013.

KIM, S. Y. et al. **Precision and trueness of dental models manufactured with different 3-dimensional printing techniques.** Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop, 2018.

KRAVITZ, N. D. et al. **Intraoral Digital Scanners.** v. XLVIII, n. 6, p. 337-347. JCO. Inc. 2014.

KRAVITZ, N.D. et al. **CAD/CAM Software for Three-Dimensional Printing.** JCO/January, 2018

KURBAD, A. **The optical condition ing of Cerec preparations with scan spray.** Int. J. ComputDent, 2000.

LEE, C. Y. et al. **Use of cone beam computed tomography and a laser intraoral scanner in virtual dental implant surgery: Part 1.** Impl. Dent, 2012.

LIU, W. et al. **Improving the Efficiency of Intraoral Scanning.** Volume XLVIII, NUMBER 9, 2014.

LOGOZZO, S. et al. **A Comparative Analysis Of Intraoral 3d Digital Scanners For Restorative Dentistry.** v. 5, n.1, p. 1-18. The Internet Journal of Medical Technology, jan.2011.

MAROTTA, A. **Posicionamento digital dos bráquetes.** Disponível em: <<http://ortociencia.com.br/Materia/Index/133370>> acessado em 02/11/2018

MARTINS, R.P.; ALMEIDA, L.F. **Contenção superior fabricada por processo CAD/CAM “in-house”.** 2018.

NAIDU, D.; FREER, T. J. **Validity, reliability, and reproducibility of the iOC intraoral scanner: a comparison of tooth widths and Bolton ratios.** Am. j. orthod. Dentofac: orthop, 2013.

NOJIMA, L.I. **Figuras (colagem): Indirect orthodontic bonding - a modified technique for improved efficiency and precision.** Dental Press J Orthod, 2015.

PEREIRA, P. et al. **Variation of orthodontic treatment decision-making based on dental model type: A systematic review.** Angle orthod, 2015.

- POLIDO, D.W. **Moldagens digitais e manuseio de modelos digitais: a futuro da Odontologia**. v. 15, n. 5, p. 18-22. Maringá, Dental Press Journal Orhodontics, 2010.
- REDMOND, W. R. et al. **The cutting edge**. Volume XLV, Number 3, 2011.
- SHIBASAKI, W. et al. **Código aberto na Ortodontia – era só o que me faltava!** OrtodontiaSPO, 2018.
- SILVA JUNIOR, H.V. et al. **Colagem indireta em Ortodontia – descrição de um método simples e eficiente**. Rev. Clín. Ortonon. Dental Press, Maringá, v. 8, n. 1 - fev./mar. 2009
- SOUSA, M. V. et al. **Accuracy and reproducibility of 3-dimensional digital model measurements**. Am J. Orthod Dentofacial Orthop, 2012.
- STEVENS, D.R. et al. **Validity, reliability, and reproducibility of plaster vs digital study models: comparison of peer assessment rating and Bolton analysis and their constituent measurements**. Am J. Orthod Dentofacial Orthop, 2006.
- TAVARES, A. et al. **Digital models: How can dental arch form be verified chairside?** Dental Press J. Orthod, 2017.
- TAVENA, E. et al. **3D Scanning, Imaging, and Printing in Orthodontics**. orthod: InTech, 2015.
- WIRANTO, M. G. et al. **Validity, reliability, and reproducibility of linear measurements on digital models obtained from intraoral and cone-beam computed tomography scans of alginate impressions**. Am J. Orthod Dentofacial Orthop, 2013.
- YANPING, L. et al. **A novel method in the design and fabrication of dental splints based on 3D simulation and rapid prototyping technology**. Int J Adv Manufacturing, 2006.