



O fluxo de trabalho e a aplicação da impressão 3D na odontologia

The workflow and application of 3D printing in dentistry

EL flujo de trabajo y la aplicación de la Impresión 3D en odontología

Jhonny Renato Serafim de Oliveira¹, Lorena dos Santos Rodrigues¹, Nathalia Silveira Finck².

RESUMO

Objetivo: Discorrer sobre o fluxo digital na odontologia com foco nos sistemas de impressão 3D, tipos de materiais utilizados e sua aplicabilidade na clínica odontológica. **Revisão bibliográfica:** De acordo com a literatura, o fluxo de trabalho digital na Odontologia por meio do projeto auxiliado por computador/fabricação auxiliada por computador (CAD/CAM) ocorre de forma segmentada e sua aplicabilidade está presente em todas as áreas da Odontologia. As principais impressoras utilizadas são do tipo: Estereolitografia (SLA), Processamento de luz digital (DLP), Visor de cristal líquido (LCD) e Modelagem por deposição fundida (FDM). As propriedades das peças produzidas por meio da impressão 3D, tem se mostrado similar ou superior às produzidas convencionalmente. As impressoras DLP e SLA são mais presentes na rotina clínica, o tipo de material prevalentemente utilizado são os polímeros e suas principais aplicações são: coroas provisórias, modelos de trabalho, guias cirúrgicos, alinhadores e placas mio-relaxantes. **Considerações finais:** O fluxo de trabalho com a aplicação da impressão 3D apresenta diversas vantagens para a clínica odontológica, melhorando a comunicação com o paciente, reduzindo o número de sessões clínicas, previsibilidade do caso e melhora da técnica.

Palavras-chave: Impressão Tridimensional, Fluxo de Trabalho, Desenho Assistido por Computador, Materiais Dentários.

ABSTRACT

Objective: Discuss the digital flow in dentistry with a focus on 3D printing systems, types of materials used and their applicability in the dental clinic. **Bibliographic review:** According to the literature, the digital workflow in Dentistry through computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM) occurs in a segmented way and its applicability is present in all areas of Dentistry. The main printers used are: Stereolithography (SLA), Digital Light Processing (DLP), Liquid Crystal Display (LCD) and Fused Deposition Modeling (FDM). The properties of parts produced through 3D printing have been shown to be similar or superior to those produced conventionally. DLP and SLA printers are more present in the clinical routine, the type of material predominantly used are polymers and their main applications are: temporary crowns, working models, surgical guides, aligners and myorelaxing plates. **Final considerations:** The workflow with the application of 3D printing has several advantages for the dental clinic, improving communication with the patient, reducing the number of clinical sessions, predicting the case and improving the technique.

Keywords: Printing Three-Dimensional, Workflow, Computer-Aided Design, Dental materials.

¹ Rede de Ensino Doctum, Serra - ES.

² Universidade Federal de Pelotas (UFPEL), Pelotas - RS.

RESUMEN

Objetivo: Discutir el flujo digital en odontología con un enfoque en los sistemas de impresión 3D, los tipos de materiales utilizados y su aplicabilidad en la clínica dental. **Revisión bibliográfica:** Según la literatura, el flujo de trabajo digital en Odontología a través del diseño asistido por computadora/fabricación asistida por computadora (CAD/CAM) ocurre de forma segmentada y su aplicabilidad está presente en todas las áreas de la Odontología. Las principales impresoras utilizadas son: estereolitografía (SLA), procesamiento de luz digital (DLP), pantalla de cristal líquido (LCD) y modelado por deposición fundida (FDM). Se ha demostrado que las propiedades de las piezas producidas mediante impresión 3D son similares o superiores a las producidas de forma convencional. Las impresoras DLP y SLA están más presentes en la rutina clínica, el tipo de material predominantemente utilizado son los polímeros y sus principales aplicaciones son: coronas temporales, modelos de trabajo, guías quirúrgicas, alineadores y placas miorrelajantes. **Consideraciones finales:** El flujo de trabajo con la aplicación de la impresión 3D tiene varias ventajas para la clínica dental, mejorando la comunicación con el paciente, reduciendo el número de sesiones clínicas, prediciendo el caso y mejorando la técnica.

Palabras clave: Impresión Tridimensional, Flujo de Trabajo; Diseño Asistido por Computadora; Materiales Dentales.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a Odontologia Digital teve um grande avanço, parte deste progresso se deve ao advento do Sistema CAD/CAM (*Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing*), que se divide em dois métodos, subtrativo e aditivo. Enquanto no método subtrativo realiza-se cortes a partir de um bloco pré-fabricado, no método aditivo ou impressão 3D ocorre a adição do material.

A primeira tecnologia de impressão 3D foi introduzida em 1986 pelo norte-americano Charles Hull, formado em engenharia pela Universidade do Colorado. Com a expiração das principais patentes, empresas puderam trazer vários outros sistemas aditivos à Odontologia, além de proporcionar um aumento significativo de estudos e trabalhos com impressão 3D (TAHAYERI A, et al., 2018; DELLA BONA A, et al., 2021; ALSHAMRANI A, et al., 2022).

A sequência de um trabalho no sistema CAD/CAM consiste em três etapas, a partir da aquisição de dados por escaneamento 3D, seja por scanner intra-oral ou de bancada, gera um arquivo no formato STL, além também desses dados serem obtidos por tomografias computadorizadas, gerando um arquivo no formato DICOM, dessa forma é possível realizar o desenho do objeto no software CAD, que irá dar volume ao arquivo e, por fim, a impressora identifica e realiza a sua fabricação através do sistema CAM.

Após o processo de impressão, a peça deve ser lavada com o objetivo de remover o excesso de material e passar por um processo de pós-cura que visa proporcionar uma maior resistência uniformizando a polimerização completa da peça (TAHAYERI A, et al., 2018; KESSLER A, et al., 2019; ALSHAMRANI A, et al., 2022).

As vantagens da impressão 3D promoveram um aumento significativo do seu uso, a sua capacidade em imprimir estruturas complexas e economia dos custos gerais de produção permitiram que os sistemas aditivos tornam-se superiores à manufatura subtrativa em algumas áreas odontológicas.

Contudo, com relação às propriedades dos materiais utilizados nos objetos impressos ainda se apresentam inferiores aos materiais subtrativos. São utilizados três tipos de tecnologias para a fabricação de peças, são eles a fusão em leito de pó, fotopolimerização e modelagem por deposição fundida (TAHAYERI A, et al., 2018; KESSLER A, et al., 2019; GRUBER K, et al., 2021; DELLA BONA A, et al., 2021).

Apesar do grande desenvolvimento tecnológico que a Odontologia Digital teve referente às impressoras 3D, grande parte dos profissionais não possuem o conhecimento necessário para aplicar esta nova tecnologia em sua rotina clínica, sendo assim, há uma necessidade de trabalhos cujo intuito seja de esclarecer como a

manufatura aditiva pode ser inserida e aplicada na clínica odontológica. Portanto, este trabalho de revisão narrativa de literatura tem como objetivo discorrer sobre o fluxo digital na Odontologia com foco nos sistemas de impressão 3D, tipos de materiais utilizados e sua aplicabilidade na clínica odontológica.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Fluxo de Trabalho Digital

Na área odontológica, a prototipagem rápida ou impressão 3D tem permitido a transição de uma Odontologia Convencional para Digital. O conceito de Odontologia Digital se refere à capacidade de otimização dos tratamentos dentários. O fluxo de trabalho pode ocorrer parcialmente (*labside*) ou totalmente (*chairside*) digital. Em um fluxo convencional os materiais de moldagem são utilizados para obtenção de um modelo de gesso.

A grande diferença para o fluxo de trabalho digital envolve a utilização de scanners para obtenção de um modelo digital. No fluxo totalmente digital, é utilizado um scanner intraoral para obtenção do modelo digital e já no fluxo parcialmente digital o profissional realiza a moldagem para obtenção dos modelos de gesso e encaminha ao laboratório que através de um scanner de bancada obtém o modelo digital (BROWN G, et al., 2018; OBEROI G, et al., 2018; KONIECZNY B, et al., 2020; GRECO G, et al., 2022). O escaneamento intraoral elimina a necessidade de moldagem, reduzindo o desconforto para o paciente. Em casos de escaneamento insatisfatório, o próprio aparelho identifica e alerta ao profissional no mesmo momento, já no método tradicional, o processo de repetição da moldagem é mais demorado. As vantagens dos modelos digitais incluem nenhum requisito de armazenamento físico, acessibilidade instantânea, capacidade de fazer simulações digitais de diagnóstico ou tratamento, percepções positivas do paciente, capacidade de enviar imediatamente para um laboratório externo, sem risco de quebra, desgaste, degradação ou perda e uma melhoria da continuidade dos cuidados (BROWN G, et al., 2018; CAMARDELLA L, et al., 2017; GRECO G, et al., 2022).

Após o escaneamento, é feito um processamento de dados e o preparo para a impressão. O escaneamento gera um arquivo, este arquivo na impressão 3D, comumente, é o STL (*Standard Triangle Language*) e por ser um arquivo linear, é necessário que um software de preparo o transforme em um arquivo volumétrico, para então ser impresso. A imagem do escaneamento é projetada no software de preparo através de uma malha composta por vários triângulos e, a partir desta malha, a imagem é trabalhada de acordo com a finalidade do caso. A imagem também pode ser obtida através da tomografia computadorizada em arquivo DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*), neste caso os dados anatômicos do paciente de tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) são combinados com o escaneamento intraoral em arquivo STL (DEEB G, et al., 2017; KONIECZNY B, et al., 2020; RYU J, et al., 2020).

A produção das peças pode ser feita através da usinagem ou impressão 3D, a manufatura aditiva representada pelas impressoras 3D é conhecida pela produção de peças através do depósito de material camada por camada, ou seja, após a imagem ser trabalhada no software de preparo é necessário realizar um fatiamento do arquivo com auxílio de um software de corte para que a impressora consiga analisar e imprimir (OBEROI G, et al., 2018; KONIECZNY B, et al., 2020).

Sistemas de Impressoras 3D

O termo prototipagem rápida significa produzir o protótipo de uma nova peça em um curto espaço de tempo. A prototipagem rápida está associada a manufatura aditiva caracterizada pela impressão 3D, porém, a manufatura aditiva, além de criar protótipos, também produz peças finais.

O desempenho da impressão 3D é conhecida pela fabricação na qual as peças são construídas através da adição de várias camadas. Os principais tipos de tecnologia de manufatura aditiva utilizados na área odontológica são fusão em leito de pó, fotopolimerização e modelagem por deposição fundida. As principais aplicações e vantagens na rotina clínica do uso da impressão 3D são apresentadas no **Quadro 1** (DIETRICH C, et al., 2017; GRUBER K, et al., 2021; KONIECZNY B, et al., 2020).

Quadro 1 - Relação da aplicabilidade da impressão 3D em cada área odontológica.

Área	Aplicabilidade	Vantagens	Autores
Prótese	Coroas metálicas, modelos de trabalho, coroas e pontes provisórias, copings, pontes e estruturas de próteses parciais metálicas ou de resina e modelos de estudo.	Bom ajuste, tempo reduzido, custo baixo, precisão, boas propriedades mecânicas, pressão de contato uniforme, conveniente e rápido e bom detalhamento reproduzível.	TIAN Y, et al. 2021. DELLA BONA A, et al. 2021. GRECO G, et al. 2022. KONIECZNY B, et al. 2020 MUNOZ S, et al. 2017. OBEROI G, et al. 2018.
Cirurgia	Guias, talas cirúrgicas, placa oclusal, modelo de trabalho, Scaffolds, placas de titânio, próteses, modelos anatômicos e implantes cirúrgicos.	Economia de tempo e custo, alta resistência mecânica, precisão, conveniente e rápido, reduz tempo operatório e risco, melhora da integridade e estética e porosidade ajustável.	TIAN Y, et al. 2021. CAMARDELLA L, et al. 2017. KONIECZNY B, et al. 2020 OBEROI G, et al. 2018. RIDER P. et al. 2018.
Implantodontia	Implante, guias cirúrgicos e bandejas personalizadas.	Alta eficiência e precisão, operação simples e redução de erros de operação.	TIAN Y, et al. 2021. DEEB G, et al. 2017. KONIECZNY B, et al. 2020 LIU Y, et al. 2019. OBEROI G, et al. 2018.
Periodontia	Scaffolds, modelos de estudo e guias.	Exatidão, personalização, melhora das habilidades cirúrgicas e precisão.	OBEROI G, et al. 2018. REYMUS M, et al. 2019. RIDER P. et al. 2018. TAO O, et al. 2019.
Ortodontia	Aparelhos ortodônticos (alinhadores e retentores), guias, modelos de trabalho e placas miorreaxantes.	Alta resistência ao desgaste, boa qualidade de superfície.	TIAN Y, et al. 2021. BROWN G, et al. 2018. CAMARDELLA L, et al. 2017. OBEROI G, et al. 2018.
Endodontia	Modelos de dentes, limas auto-ajustáveis, scaffolds e guias.	Simplificação do procedimento, maior precisão e exatidão, aprimoramento das habilidades do operador e conforto do paciente.	OBEROI G, et al. 2018. REYMUS M, et al. 2019. TIAN Y, et al. 2021. TAO O, et al. 2019. CHERNYSHIKHIN S, et al. 2022.

Fonte: Oliveira JRS, et al., 2023.

Fusão em Leito de Pó (*Powder Bed Fusion*)

A Fusão em Leito de Pó é uma tecnologia que utiliza fonte de calor para provocar uma fusão térmica do material em leito de pó. Fazem parte deste tipo de tecnologia a Fusão Seletiva a Laser (*Selective Laser Melting - SLM*) e Sinterização Seletiva a Laser (*Direct Metal Laser Sintering - SLS*) (KONIECZNY B, et al., 2020; GRUBER K, et al., 2021; TIAN Y, et al., 2021).

Na tecnologia SLM, um laser de CO₂ ou laser de fibra é utilizado para obter uma fusão completa do pó metálico e a energia fornecida pelo laser é capaz de derretê-lo, sua principal característica é a obtenção da fusão completa do pó metálico formando uma peça homogênea, esta é a abordagem mais popular para o processamento de metais em Odontologia. Como vantagem a tecnologia SLM apresenta biocompatibilidade dos materiais e não requer nenhum processo de vinculação, como desvantagem tem-se altas tensões internas (KONIECZNY B, et al., 2020; TIAN Y, et al., 2021; CHERNYSHIKHIN S, et al., 2022).

Por outro lado, a tecnologia SLS utiliza um laser de alta potência, que é focado em uma fina camada de pó de metal, induzindo seletivamente a fusão entre partículas de pó dentro de uma área de construção para criar um objeto sólido. Suas vantagens são flexibilidade de fabricação, complexidade das formas 3D obtidas, produção rápida e, como desvantagem, apresenta alta porosidade (RIDER P, et al., 2018; TAHAYERI A, et al., 2018).

Fotopolimerização

A Fotopolimerização é uma tecnologia de manufatura aditiva em que uma resina de fotopolímero em uma cuba é seletivamente curada e moldada por uma fonte de luz, ou seja, as cadeias de moléculas se unem e formam polímeros. O processo de funcionamento consiste na exposição da resina à luz, movimentação da plataforma e reabastecimento de resina. Nesta técnica há três representantes: Estereolitografia (*Stereolithography* - SLA), Processamento digital de luz (*Digital Light Processing* - DLP) e Display de cristal líquido (*Liquid Crystal Display* - LCD) (TIAN Y, et al., 2021; TAHAYERI A, et al., 2018; ALSHAMRANI A, et al., 2022).

A tecnologia empregada em SLA faz com que a mesma resina líquida seja polimerizada com um único feixe de laser. No processo, a plataforma de construção é submersa em uma resina líquida e assim é polimerizada através de um laser ultravioleta. Apresenta alta precisão de construção de peças, acabamento de superfície suave, detalhes de construção finos e alta resistência mecânica como vantagens e como desvantagens alto custo da impressora e produção lenta (CAMARDELLA L, et al., 2017; DIETRICH C, et al., 2017; DELLA BONA A, et al., 2021). Já a tecnologia utilizada em DLP faz uma polimerização de toda a camada de resina líquida em um único momento. A tecnologia consiste em um arranjo retangular de espelhos, chamado de Dispositivo de Micro Espelho Digital, dentro da lente do projetor. A luz gerada a partir da fonte de luz é refletida pelo micro espelho e projetada na superfície a ser impressa em forma de pixel. Como vantagens desta tecnologia tem-se a boa resistência mecânica, produção rápida e precisão, já a desvantagem seria o acabamento superficial marcado dependendo da espessura da camada (OSMAN R, et al., 2017; TIAN Y, et al., 2021).

As tecnologias de impressão 3D SLA e DLP que utilizam sistema de fotopolimerização são as mais utilizadas na rotina clínica, devido à grande quantidade de aplicações clínicas e vantagens, até o momento são consideradas com a melhor resolução espacial e propriedades mecânicas mais isotrópicas entre os materiais de impressão 3D. Além disso, há uma grande quantidade de estudos em torno dos polímeros quanto à biocompatibilidade, resistência e precisão. As impressoras SLA apresentam a melhor precisão, porém seu tempo de trabalho é longo, uma vez que o laser deve percorrer todo um trajeto. No caso das impressoras DLP toda a camada de resina é polimerizada em uma única vez, reduzindo assim seu tempo de impressão (REYMUS M, et al., 2019; DELLA BONA A, et al., 2021; GRECO G, et al., 2022; ALSHAMRANI A, et al., 2022).

Nas impressoras LED também ocorre a polimerização de toda a camada em uma única vez, luzes em LED como fonte de luz são utilizadas enquanto a tela em LCD controla os padrões de luz. A luz é emitida pela lâmpada em LED, passando através da tela LCD, sendo absorvida pela resina, proporcionando a polimerização. As impressoras LCD foram uma das últimas a ser lançada dentro da categoria de impressoras que utilizam fotopolimerização para a cura das peças, seu objetivo é tentar compensar o custo utilizando projetores LCD como fonte de luz. Apresenta como vantagem produção rápida, baixo custo de produção, já desvantagem desta tecnologia é a Luz LED possuir um alcance reduzido (MOON W, et al., 2021; TAS H, et al., 2022; TSOLAKIS I, et al., 2022).

Modelagem por Deposição Fundida (*Fused Deposition Modeling* - FDM)

Esta tecnologia tem como princípio de funcionamento, a partir de um material termoplástico filamentosos que é extrudado de um bocal, fundir o material em formato de um andaime, quando o bocal é movido ao longo de um caminho pré-determinado onde o filamento resfria, se solidifica, formando um objeto sólido. A facilidade de instalação e uso, ampla disponibilidade de material, acessibilidade e economia são as vantagens desta tecnologia e o baixo nível de detalhe, falta de lisura superficial, alto tempo de produção, remoção de suporte e dificuldade de imprimir estruturas complexas representam as desvantagens (OBEROI G, et al., 2018; JIN S, et al., 2018; TIAN Y, et al., 2021).

Materiais de Impressão 3D

Os materiais, descritos no **Quadro 2**, utilizados para impressão 3D na área odontológica devem seguir alguns critérios para serem empregados em meio intra-oral. Estudos realizados descobriram que peças

impressas em 3D podem ser tóxicas para as células podendo causar respostas alérgicas, inflamatórias e infecções em pacientes. A biossegurança e a citotoxicidade são os principais critérios a serem analisados. Materiais a base de polímeros precisam apresentar um certo grau de conversão para ter biocompatibilidade, um alto grau de conversão impede a liberação de monômero residual. No entanto, alguns autores, indicam protocolos pós-impressão que visa tornar o grau de conversão homogêneo em toda a peça com a intenção de reduzir o potencial de toxicidade (CHEN S, et al., 2018; RIDER P, et al., 2018; REYMUS M, et al., 2019; TZENG J, et al., 2021).

Quadro 2 - Relação das técnicas utilizadas em odontologia com os principais tipos de materiais utilizados para impressão.

Tecnologias	Técnicas	Materiais	Autores
Fusão em leito de pó	SLM SLS	Titânio (Ti), Alumínio, aço inoxidável, Cobalto-cromo(CoCr), Níquel-Titânio, biocerâmicas e polímeros sintéticos.	TIAN Y, et al. 2021. KONIECZNY B, et al. 2020. OBEROI G, et al. 2018. REBONG R, et al. 2018. CHERNYSHIKHIN S, et al. 2022
Fotopolimerização	SLA DLP LCD	Polímeros, biocerâmica, porcelana e pasta de zircônia.	DEHURTEVENT M, et al. 2017. TIAN Y, et al. 2021. OBEROI G, et al. 2018. RIDER P. et al. 2018.
Modelagem por deposição fundida	FDM	Ácido polilático, policarbonato, poliamida e copolímeros de acrilonitrila-butadieno-estireno.	TIAN Y, et al. 2021. OBEROI G, et al. 2018. RIDER P. et al. 2018.

Fonte: Oliveira JRS, et al., 2023.

A manufatura aditiva apresenta um grande potencial para transformar a pesquisa, a metodologia de tratamento e o ensino da Odontologia e, assim, melhorar os cuidados com a saúde bucal. Na escolha de uma tecnologia de impressão, o cirurgião dentista deve levar em consideração a disponibilidade do material, as propriedades odontológicas do material, o tempo necessário e a resolução desejada do objeto de impressão. Um dos requisitos para um material ser usado na odontologia, especificamente na cavidade oral, é apresentar biocompatibilidade. A capacidade do material em não causar reações alérgicas ou inflamatórias é o grande desafio nos estudos de criação de novos materiais (OBEROI G, et al., 2018; REYMUS M, et al., 2019; ALSHAMRANI A, et al., 2022).

Processo de produção

Durante o processo de construção das peças em 3D, existem parâmetros que podem ser ajustados de acordo com a finalidade da peça e tempo de produção. Um dos parâmetros é a angulação da impressão, estudos realizados demonstraram que elementos como a precisão, a rugosidade de superfície, o ajuste marginal e interno e a distribuição de tensões estão diretamente relacionados com o ângulo de construção e que cada um deles pode apresentar uma maior ou menor relevância a depender da finalidade de produção da peça. Além disso, o ângulo de impressão influencia o tempo de impressão e o material consumido (OSMAN RB, et al., 2017; TAHAYERI A, et al., 2018; DELLA BONA A, et al., 2021).

Outro parâmetro é a espessura da camada de fabricação das peças que pode afetar o tempo de produção e a suscetibilidade a erros, ou seja, quanto maior a espessura uma menor quantidade de camadas será exigida e, conseqüentemente, menor serão as chances de possíveis erros acontecerem. Da mesma forma, a espessura da camada interfere na resistência à fratura. Espessuras de fabricação menores apresentam uma menor chance de fratura e além disso, as chances das fraturas poderem ser reparáveis são maiores. Além disso, a espessura da camada pode ter efeito no grau de conversão (JIN S, et al., 2018; REYMUS M, et al., 2019; TIAN Y, et al., 2021).

Dessa forma, as peças produzidas por meio da impressão 3D devem apresentar precisão, a veracidade e precisão são as medidas utilizadas para quantificar a precisão dos modelos. Enquanto a veracidade é a medida do desvio da referência fornecida e a precisão é a medida do desvio de medições repetidas no mesmo

grupo. Estudos demonstraram que as peças produzidas por meio da manufatura aditiva apresentaram veracidade e precisão aceitáveis para serem utilizadas em ambientes clínicos (DIETRICH C, et al., 2017; JIN S, et al., 2018).

Pós-Produção

As peças produzidas a partir da manufatura aditiva precisam passar por um processo pós impressão, que visa preparar a peça para aplicação final. Os procedimentos variam de acordo com cada tecnologia de impressão, remover estruturas de suporte, efetuar acabamento e polimento, tratamento térmico, realizar pós-cura e limpeza da peça são alguns dos procedimentos relatados na literatura (OSMAN R, et al., 2017; KONIECZNY B, et al., 2020; TIAN Y, et al., 2021).

Nos sistemas de impressão que utilizam a tecnologia PFB, após o processo de fabricação, existem algumas etapas necessárias para a obtenção do produto final. Partículas de pó soltas não processadas e estruturas de suporte desnecessárias são removidas. Em seguida, o objeto é preparado para tratamento térmico. O tratamento térmico pós-processamento é considerado necessário para garantir o uso confiável de peças construídas com PFB em aplicações práticas. A qualidade da superfície de peças fabricadas com aditivos pode ser significativamente melhorada pelo polimento a laser. A esterilização de produtos odontológicos é uma etapa vital antes de seu uso clínico, tanto a esterilização por calor seco quanto a esterilização por vapor (autoclave) mostraram-se eficientes (KONIECZNY B, et al., 2020; TIAN Y, et al., 2021).

Os sistemas de impressão que utilizam tecnologias de fotopolimerização, após o processo de produção a peça passa por uma lavagem utilizando álcool de forma ativa, com o objetivo de remover o excesso de resina não polimerizado sobre a peça. De maneira geral, nesse tipo de tecnologia é realizado uma pós-cura nas peças com o intuito de promover uma uniformidade na polimerização da peça, essa etapa é realizada em uma câmara de pós-cura. Estudos demonstraram que a pós cura por luz UV e micro-ondas pode melhorar o módulo de elasticidade, biocompatibilidade, estabilidade de cor e a resistência final da peça impressa (OSMAN R, et al., 2017; REYMUS M, et al., 2019; ALSHAMRANI A, et al., 2022).

No caso da tecnologia de modelagem por deposição fundida, as peças precisam ser removidas dos suportes que foram utilizados para impressão e é necessário realizar um acabamento e polimento superficial uma vez que as peças impressas nesse tipo de tecnologia apresentam falta de lisura superficial. Estudos mostraram que o polimento a laser resultou em maior resistência à corrosão das amostras (OBEROI G, et al., 2018; TIAN Y, et al., 2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fluxo de trabalho com a aplicação da impressão 3D apresenta diversas vantagens para a clínica odontológica, melhorando a comunicação com o paciente, reduzindo o número de sessões clínicas, eliminando espaços físicos para armazenamento de modelo, previsibilidade do caso e melhora da técnica. Em relação aos materiais utilizados na impressão 3D, é necessário possuir cuidado para o seu uso intra-oral, a citotoxicidade do material e a biossegurança devem ser consideradas e protocolos devem ser utilizados para reduzir seu potencial de toxicidade. O grande potencial de crescimento da tecnologia está relacionado com a capacidade do profissional em se familiarizar com a técnica e para isso é necessária uma curva de aprendizado, em que o profissional se atualize sobre o assunto.

REFERÊNCIAS

1. ALSHAMRANI A, et al. Effect of Printing Layer Thickness and Postprinting Conditions on the Flexural Strength and Hardness of a 3D-Printed Resin. *Biomed Res Int*, 2022; 2022.
2. BROWN G, et al. Accuracy of 3-dimensional printed dental models reconstructed from digital intraoral impressions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2018; 5: 733-739.
3. CAMARDELLA L, et al. Accuracy of stereolithographically printed digital models compared to plaster models. *J Orofac Orthop*, 2017; 5: 394-402.

4. CHEN S, et al. Comparison of flexural properties and cytotoxicity of interim materials printed from mono-LCD and DLP 3D printers. *J Prosthet Dent*, 2021; 5: 703-708.
5. CHEN S, et al. A Study of 3D-Printable Reinforced Composite Resin: PMMA Modified with Silver Nanoparticles Loaded Cellulose Nanocrystal. *Materials (Basel)*, 2018; 12: 2444.
6. CHERNYSHIKHIN S, et al. The Study on Resolution Factors of LPBF Technology for Manufacturing Superelastic NiTi Endodontic Files. *Materials (Basel)*, 2022; 19: 6556.
7. DEEB G, et al. How Accurate Are Implant Surgical Guides Produced With Desktop Stereolithographic 3-Dimensional Printers? *J Oral Maxillofac Surg*, 2017; 12: 2559.
8. DEHURTEVENT M, et al. Stereolithography: A new method for processing dental ceramics by additive computer-aided manufacturing. *Dent Mater*, 2017; 5: 477-485.
9. DELLA BONA A, et al. 3D printing restorative materials using a stereolithographic technique: a systematic review. *Dent Mater*, 2021; 2: 336-350.
10. DIETRICH C, et al. A validation study of reconstructed rapid prototyping models produced by two technologies. *Angle Orthod*. 2017; 5: 782-787.
11. GRECO G, et al. Accuracy of 3-dimensional printing of dental casts: A proposal for quality standardization. *J Prosthet Dent*, 2022; 6: 899-910.
12. GRUBER K, et al. Evaluation of Inconel 718 Metallic Powder to Optimize the Reuse of Powder and to Improve the Performance and Sustainability of the Laser Powder Bed Fusion (LPBF) Process. *Materials (Basel)*, 2021; 6: 1538.
13. JIN S, et al. Accuracy (trueness and precision) of dental models fabricated using additive manufacturing methods. *Int J Comput Den*, 2018; 2: 107-113.
14. KESSLER A, et al. Three-body wear of 3D printed temporary materials. *Dental Materials*, 2019; 12: 1805-1812.
15. KONIECZNY B, et al. Challenges of Co-Cr Alloy Additive Manufacturing Methods in Dentistry-The Current State of Knowledge (Systematic Review). *Materials (Basel)*, 2020; 16: 3524.
16. LIU Y, et al. Accuracy of multi-implant impressions using 3D-printing custom trays and splinting versus conventional techniques for complete arches. *Int J Oral Maxillofac Implants*, 2019; 4: 1007-1014.
17. MOON W, et al. Dimensional Accuracy Evaluation of Temporary Dental Restorations with Different 3D Printing Systems. *Materials (Basel)*, 2021; 6: 1487.
18. MUNOZ S, et al. Comparison of margin discrepancy of complete gold crowns fabricated using printed, milled, and conventional hand-waxed patterns. *J Prosthet Dent*, 2017; 1: 89-94.
19. OBEROI G, et al. 3D Printing-Encompassing the Facets of Dentistry. *Front Bioeng Biotechnol*, 2018; 6: 172.
20. OSMAN R, et al. Build Angle: Does It Influence the Accuracy of 3D-Printed Dental Restorations Using Digital Light-Processing Technology? *Int J Prosthodont*, 2017; 2: 182-188.
21. REBONG R, et al. Accuracy of three-dimensional dental resin models created by fused deposition modeling, stereolithography, and Polyjet prototype technologies: A comparative study. *Angle Orthod*, 2018; 3: 363-369.
22. REYMUS M, et al. 3D-printed material for temporary restorations: impact of print layer thickness and post-curing method on degree of conversion. *Int J Comput Den*, 2019; 3: 231-237.
23. RIDER P, et al. Additive Manufacturing for Guided Bone Regeneration: A Perspective for Alveolar Ridge Augmentation. *Int J Mol Sci*, 2018; 11: 3308.
24. RYU J, et al. Marginal and internal fit of 3D printed provisional crowns according to build directions. *J Adv Prosthodont*, 2020; 4: 225-232.
25. TAHAYERI A, et al. 3D printed versus conventionally cured provisional crown and bridge dental materials. *Dent Mater*, 2018; 2: 192-200.
26. TAO O, et al. The Applications of 3D Printing for Craniofacial Tissue Engineering. *Micromachines (Basel)*, 2019; 7: 480.
27. TAS H, et al. Evaluation of the accuracy of dental casts manufactured with 3D printing technique in the All-on-4 treatment concept. *J Adv Prosthodont*, 2022; 6: 379-387.
28. TIAN Y, et al. A Review of 3D Printing in Dentistry: Technologies, Affecting Factors, and Applications. *Scanning*, 2021; 9950131.
29. TSOLAKIS I, et al. Comparison in Terms of Accuracy between DLP and LCD Printing Technology for Dental Model Printing. *Dent J (Basel)*, 2022; 10: 181.
30. TZENG J, et al. Mechanical Properties and Biocompatibility of Urethane Acrylate-Based 3D-Printed Denture Base Resin. *Polymers (Basel)*, 2021; 5: 822.
31. WANG W, et al. Trueness analysis of zirconia crowns fabricated with 3-dimensional printing. *J Prosthet Dent*, 2019; 2: 285-291.