Revista Eletrônica
Acervo Saúde
Electronic Journal Collection Health ISSN 2178-2091

A aplicabilidade das impressoras 3D na odontologia digital

The applicability of 3D printers in digital dentistry

Aplicabilidad de las impresoras 3D en odontología digital

Ramom Mesquita Oliveira[1], Paulo Victor Negrão Saraiva[1], Francisco Anderson de Sousa Sales[1], Ana Cristina de Mello Fiallos[1], Wagner Araújo de Negreiros[1], Rômulo Rocha Regis[1], Raniel Fernandes Peixoto[1], Lívia Maria Sales Pinto Fiamengui[1], Karina Matthes de Freitas Pontes[1], Marcelo Barbosa Ramos[1].

RESUMO

Objetivo: Apurar a aplicabilidade e a eficiência do método de impressão 3D em detrimento das confecções analógicas convencionais. **Métodos:** Trata-se de uma revisão integrativa de literatura, compreendendo estudos publicados entre os anos de 2013 e 2023, na língua inglesa e com texto completo disponível gratuitamente ou com disponibilidade de acessado a partir do Portal CAPES. Utilizou-se como pergunta norteadora: Qual a aplicabilidade e eficiência oferecidos pelos sistemas CAD-CAM para a odontologia contemporânea? A pesquisa bibliográfica foi realizada em outubro de 2023, a partir da base de dados PubMed, por meio dos seguintes descritores: “CAD/CAM dentistry”, “digital dentistry” e “manufacturing 3D print”, intercalados pelos operadores booleanos “AND” e “OR”, respectivamente. **Resultados:** Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados 27 artigos a serem avaliados neste estudo, os quais apresentaram uma série de possibilidades e benefícios da utilização de impressoras 3D à práxis do cirurgião-dentista frente às metodologias analógicas de trabalho exercidas pelas variadas especialidades odontológicas. **Considerações finais:** As impressoras 3D apresentam características e propriedades para o bom uso em ocasiões clínicas específicas. E com o decorrer do tempo, tendem a expandir sua gama de funções.

Palavras-chave: CAD-CAM, Impressão tridimensional, Odontologia.

ABSTRACT

Objective: To determine the applicability and efficiency of the 3D printing method in contrast to conventional analog fabrications. **Methods:** This is an integrative literature review, comprising studies published between 2013 and 2023, in English and with full text freely available or accessible from the CAPES Portal. The guiding question was: What applicability and efficiency do CAD-CAM systems offer to contemporary dentistry? The bibliographic search was carried out in October 2023, using the PubMed database, using the following descriptors: “CAD/CAM dentistry”, “digital dentistry” and “manufacturing 3D print”, interspersed with the Boolean operators “AND” and “OR”, respectively. **Results:** After applying the inclusion and exclusion criteria, 27 articles were selected to be evaluated in this study, which presented a series of possibilities and benefits of using 3D printers to the dentist's praxis compared to the analog working methodologies exercised by the various odontological specialties. **Final considerations:** 3D printers have the characteristics and properties to be used in specific clinical situations. And over time, they tend to expand their range of functions.

Keywords: CAD-CAM, Three-dimensional printing, Dentistry.

[1] Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza - CE.

SUBMETIDO EM: 6/2025 | **ACEITO EM: 7/2025** | **PUBLICADO EM: 9/2025**

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la aplicabilidad y eficiencia del método de impresión 3D sobre las fabricaciones analógicas convencionales. **Métodos:** Se trata de una revisión bibliográfica integradora, que comprende estudios publicados entre 2013 y 2023, en inglés y con texto completo disponible gratuitamente o accesible a través del Portal CAPES. La pregunta guía fue: ¿Qué aplicabilidad y eficiencia ofrecen los sistemas CAD-CAM a la odontología contemporánea? La búsqueda bibliográfica se realizó en octubre de 2023, a través de la base de datos PubMed, utilizando los siguientes descriptores: "CAD/CAM dentistry", "digital dentistry" y "manufacturing 3D print", intercalados con los operadores booleanos "AND" y "OR", respectivamente. **Resultados:** Tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron 27 artículos para ser evaluados en este estudio, que presentaron una serie de posibilidades y beneficios del uso de impresoras 3D en la praxis del cirujano dentista frente a las metodologías de trabajo analógicas ejercidas por las distintas especialidades odontológicas. **Consideraciones finales:** las impresoras 3D tienen las características y propiedades para ser aprovechadas en ocasiones clínicas concretas. Y, con el tiempo, tienden a ampliar su abanico de funciones.

Palabras clave: CAD-CAM, Impresión tridimensional, Odontología.

INTRODUÇÃO

Os sistemas "*computer-aided design*" e "*computer-aided manufacturing*" (CAD/CAM) foram desenvolvidos na década de 1950 com o intuito de modelar, elaborar e fabricar instrumentos ou objetos utilizados em processos industriais. Na odontologia é possível utilizar esses sistemas em diversas áreas, por exemplo: restaurações indiretas, templates cirúrgicos, próteses faciais e/ou dentárias, entre outros. Tais feitos representam uma associação de sucesso entre a evolução da informática e da engenharia para as necessidades da odontologia (FILGUEIRAS A, et al., 2018).

Os sistemas CAD/CAM tiveram sua origem na indústria aeronáutica e automobilística e foram posteriormente incorporados em diversos campos da medicina. Na odontologia, essa tecnologia foi introduzida na década de 1970, sendo o Cerec (Sirona®, Alemanha) o primeiro sistema CAD/CAM a ser comercializado, lançado por Duret em 1987. Desde então, novos sistemas têm sido desenvolvidos e aprimorados continuamente (ANDREIOTELLI M, et al., 2013).

A etapa inicial no processo de elaboração de um trabalho em CAD/CAM é o escaneamento, que consiste na obtenção de estruturas tridimensionais. Essa etapa pode ser realizada de duas maneiras: intraoral, diretamente na boca do paciente, ou por meio do escaneamento de bancada, utilizando modelos físicos fora da boca. Na etapa seguinte, o escaneamento é repassado a um software. Cada fabricante disponibiliza um software específico, e cada marca comercial possui seu próprio software exclusivo. Esses softwares incluem bibliotecas digitais que oferecem uma variedade de opções, como coroas anatômicas completas, "inlays", "onlays", "table tops", facetas, pilares personalizados, guias cirúrgicos, entre outros. Além disso, essas peças podem ser personalizadas conforme as necessidades individuais de cada paciente, permitindo a alteração de forma e tamanho de acordo com as especificidades do caso (ALGHAZZAWI TF, 2016).

A obtenção de peças protéticas por meio da tecnologia CAD pode ocorrer através de dois tipos de processamento: o subtrativo, que envolve a fresagem de um bloco de material para criar a peça desejada, e o aditivo, que utiliza a impressão 3D para construir a peça camada por camada, adicionando material conforme necessário (FILGUEIRAS A, et al., 2018).

Atualmente, destacam-se entre as técnicas de impressão 3D, os métodos: de processamento digital de luz (DLP), de estereolitografia (SLA) e de impressão PolyJet. Nos métodos DLP e SLA, uma fonte de luz apropriada ao respectivo método, um painel de cristal líquido ou uma fonte de projeção é empregada para polimerizar a camada superficial de uma cuba de resina fotopolimerizável, seguindo um formato pré-definido pelo modelo digital. Por sua vez, a impressão PolyJet dispõe de peças componentes que injetam ou pulverizam a resina nas áreas desejadas. Conforme esses componentes realizam passagens subsequentes, cada camada depositada é polimerizada por uma fonte de luz ultravioleta (BROWN GB, et al., 2018).

Com o advento das impressoras 3D no processo de confecção de diversos materiais em consultórios odontológicos que possuem viabilidade clínica, o objetivo deste trabalho foi apurar, através da literatura disponível, a aplicabilidade de impressoras 3D à práxis do cirurgião-dentista frente às metodologias de confecções analógicas exercidas pelas variadas especialidades odontológicas.

MÉTODOS

Esta revisão integrativa foi executada a partir da questão norteadora da pesquisa: "Como a tecnologia de impressão 3D tem sido aplicada na odontologia?". Para tanto, foi realizada uma busca na base de dados PubMed. Foram utilizados os seguintes descritores: "CAD/CAM dentistry", "digital dentistry" e "manufacturing 3D print", intercalados pelos operadores booleanos "AND" e "OR", respectivamente. Nesta busca inicial, foram encontrados 137 artigos.

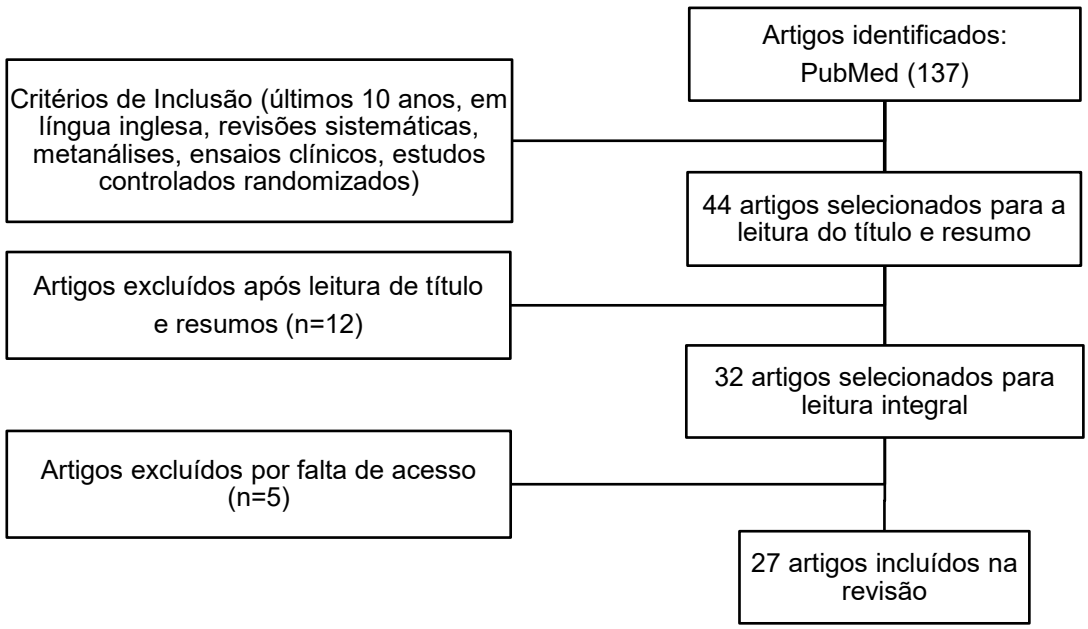
Como critérios de inclusão, foram selecionadas revisões sistemáticas, metanálises, ensaios clínicos e estudos randomizados todos na língua inglesa. Como critério temporal, foram selecionados trabalhos publicados nos últimos 10 anos, de 2013 a 2023.

Como critérios de exclusão, foram retirados estudos "in vitro", casos clínicos, artigos "*in press*" e artigos que não possuíssem informações de interesse para a vigente pesquisa com base nas regras anteriormente citadas. Para a leitura dos títulos, resumos e integral dos textos, a plataforma Rayyan ® (Instituto de Pesquisa em Computação do Qatar, Qatar) auxiliou na organização dos estudos incluídos e excluídos.

RESULTADOS

Após a busca e a aplicação dos critérios supracitados foram selecionados 44 artigos. Dentre esses, não foi obtido acesso de 5 artigos por não haver parceira com o sistema CAPES. Outros 12 artigos foram excluídos por encontrarem-se fora de escopo, ou seja, não consideraram impressoras 3D ou sistema CAD/CAM como tema fundamental. Um artigo foi excluído por se encaixar como overview. Ao final da pesquisa, 27 estudos foram incluídos para a composição do vigente trabalho, como ilustrado no fluxograma da **Figura 1**.

Figura 1 - Fluxograma do processo de seleção dos artigos para revisão integrativa.



Fonte: Oliveira RM, et al., 2025.

Quadro 1 - Artigos selecionados para esta revisão integrativa.

N	Autores (Ano)	Principais achados
1	ABUALSALUD R e GAD M (2022)	Revisão sistemática e meta-análise de estudo "in vitro". O estudo avaliou a resistência flexural à flexão em materiais de base de dentaduras produzidos a partir de fresadoras e impressoras 3D; apontando que as impressoras 3D mostraram resultados inferiores às fresadoras.
2	AL-HAMAD KQ, et al. (2022)	Revisão sistemática e meta-análise. O estudo analisou o efeito da manufatura aditiva em comparação à manufatura subtrativa nas propriedades mecânicas (resistência, dureza, porosidade, fadiga e encolhimento volumétrico) de facetas em cerâmicas utilizadas em próteses fixas; concluindo que a manufatura aditiva apresentou resultados inferiores em relação a manufatura subtrativa.
3	ALAM MK, et al. (2023)	Revisão sistemática e meta-análise. O estudo avaliou a utilização da impressão 3D na ortodontia; indicando, por fim, que as impressoras 3D têm potencial de melhor individualização do tratamento ortodôntico, tornando-o mais efetivo.
4	AL-HALABI MN, et al. (2022)	Ensaio clínico randomizado. O estudo comparou o impacto clínico do uso de coroas fabricadas por impressora 3D e coroas de compósito celulóide pré-fabricado em restaurações de molares decíduos; indicando, então, que o grupo com coroas impressas em 3D apresentou melhor adaptação marginal e saúde gengival que o grupo com coroas pré-fabricadas.
5	AL-HUMOOD H, et al. (2023)	Revisão sistemática. O estudo avaliou achados na literatura acerca das adaptações marginais, propriedades mecânicas e estéticas e a estabilidade de cor em próteses fixas provisórias fresadas e impressas; apontando que próteses fresadas apresentaram melhores resultados que as impressas, que por sua vez, sobressaíram-se em relação às coroas confeccionadas seguindo metodologias convencionais.
6	ALONSO-FERNÁNDEZ I, et al. (2023)	Revisão sistemática. O estudo avaliou a literatura disponível acerca do uso de "scaffolds" feitos a partir de impressão 3D como materiais para enxerto ósseo; apontando propriedades promissoras para este fim.
7	ALZAHRANI SJ, et al. (2023)	Revisão sistemática. O estudo avaliou a literatura disponível acerca das propriedades mecânicas de próteses unitárias e provisórias em resina feitas em impressão 3D; concluindo que esse método apresentou maior dureza e resistência ao desgaste, além de menor perda de volume e uma superfície mais suave em comparação aos métodos convencionais.
8	CURINGA MRS, et al. (2023)	Revisão sistemática. O estudo avaliou a precisão e as propriedades mecânicas das estruturas de próteses parciais removíveis fabricados através do fluxo convencional e por impressão 3D, concluindo que as impressoras 3D propiciam resultados clínicos relevantes, possuindo precisão aceitável e boa biomecânica e funcionalidade.
9	DEWAN H, et al. (2023)	Revisão sistemática. O estudo avaliou a eficiência de próteses em zircônia fabricadas a partir de fresadoras e impressoras 3D, concluindo que, apesar dos resultados satisfatórios da utilização de impressoras 3D para este fim, mais estudos precisam ser realizados acerca deste tema.
10	ETEMAD-SHAHIDI Y, et al. (2020)	Revisão sistemática. O estudo avaliou a precisão de modelos de arcadas dentárias, fabricadas a partir de diferentes tecnologias de impressão 3D; apontando que essa tecnologia é útil em especialidades que requerem menor precisão de reprodução para o planejamento.
11	JAIN S, et al. (2022)	Revisão sistemática. O estudo comparou as propriedades físicas e mecânicas dos materiais de coroas provisórias e próteses fixas dentárias impressas em 3D e produzidas por fresadoras e pelos métodos convencionais; indicando que as peças confeccionadas por meio da impressão 3D apresentaram desempenho superior em relação às propriedades mecânicas, quando comparadas aos demais métodos de fabricação. Por outro lado, os métodos convencionais demonstraram melhores propriedades físicas em comparação às obtidas por impressão 3D.
12	LOPEZ VP, et al. (2023)	Revisão sistemática. O estudo avaliou a precisão e as propriedades mecânicas das estruturas de próteses parciais removíveis (PPR) fabricadas pelas técnicas convencionais e digitais; indicando que as impressoras 3D apresentaram resultados satisfatórios para uso clínico, contudo a utilização de fresadoras apresentou resultados superiores quando comparados aos demais métodos.
13	MAI HY, et al. (2022)	Revisão sistemática e meta-análise. O estudo analisou a precisão de estruturas de próteses parciais removíveis impressas em CAD/CAM frente aos métodos tradicionais; constatando que o uso do sistema CAD/CAM foi aceitável clinicamente.

N	Autores (Ano)	Principais achados
14	NÉMETH A, et al. (2023)	Meta-análise em rede. O estudo avaliou a precisão de modelos dentais produzidos por impressoras 3D comparado com modelos digitais de referência, concluindo que para prótese, os métodos de estereolitografia, processamento de luz digital (DLP) e tecnologia PolyJet são os mais precisos e clinicamente aceitáveis, sendo a última de menor confiabilidade.
15	RAD MR, et al. (2022)	Revisão sistemática. O estudo avaliou fatores biológicos e físico-químicos em "scaffolds" impressos tridimensionalmente; apontando características positivas sobre o uso das impressoras 3D para este fim, contudo, divergiu quanto a utilização do material de escolha.
16	RUTKÜNAS V, et al. (2022)	Revisão sistemática. O estudo avaliou a precisão das próteses fixas implantossuportadas fabricadas com materiais em metal, cerâmica e polímeros utilizando fundição, fresadoras e impressoras 3D; indicando que a manufatura aditiva demonstrou precisão semelhante às outras técnicas citadas.
17	SCHWÄRZLER A, et al. (2023)	Ensaio clínico randomizado. O estudo avaliou a colagem de brackets em 46 pacientes utilizando resina rígida ou resina flexível, concluindo que ambas as resinas se mostraram confiáveis embora a resina flexível tenha se mostrado mais precisa e mais fácil de usar.
18	SERRANO C, et al. (2019)	Revisão sistemática e meta-análise. O estudo objetivou identificar resultados clínicos que explicassem as aplicações das impressoras 3D nas reconstruções mandibulares e seus impactos nos tempos operatórios; relatando que a integração do método digital permite um tempo, em média, 21,2% mais rápido que os métodos convencionais, além de entregar melhor estética segundo os pacientes.
19	SHI Y, et al. (2023)	Revisão sistemática. O estudo avaliou a influência dos guias cirúrgicos impressos para a precisão na implantodontia, delineando os tipos, os métodos de produção e o design; apontando que essa prática favorece a correta instalação dos implantes frente às metodologias convencionais.
20	SRINIVASAN M, et al. (2021a)	Revisão sistemática. O estudo avaliou a usuabilidade do sistema CAD/CAM na produção de próteses parciais removíveis; concluindo que essa tecnologia pode servir como uma ótima alternativa para pacientes idosos que têm acesso limitado aos cuidados em saúde bucal.
21	SRINIVASAN M, et al. (2021b)	Ensaio clínico randomizado. Comparou as fresadoras e as impressoras 3D ao produzirem próteses totais removíveis; concluindo que ambas entregam resultados válidos. As impressoras 3D são mais práticas e acessíveis, contudo, as fresadoras proporcionam melhores propriedades estruturais.
22	TANVEER W, et al. (2021a)	Revisão sistemática. O estudo analisou as aplicações clínicas e técnicas da tecnologia CAD/CAM para o planejamento, colocação de implantes, design e fabricação na produção de próteses de órbita segundo a literatura disponível; concluindo que a fabricação de próteses de órbita por meio de impressoras 3D foi eficaz, em virtude de reduzir o tempo gasto na fabricação.
23	TANVEER W, et al. (2021b)	Revisão sistemática. O estudo analisou as aplicações laboratoriais e clínicas do sistema CAD/CAM no planejamento, desenho e produção de próteses nasais; aferindo que este método é eficaz, apresentando altas taxas de precisão, personalização e adaptação. O custo dos equipamentos foi uma limitação observada.
24	THAKUR J, et al. (2023)	Revisão sistemática. O estudo comparou a precisão e a adaptação marginal em estruturas implantossuportadas, como dentaduras parciais, coroa com implante único e restaurações provisórias produzidas por impressoras 3D e fresadoras; concluindo que a manufatura aditiva (impressão 3D) obteve melhor adaptação marginal que a manufatura subtrativa (fresadoras).
25	VIRANI FR, et al. (2021)	Revisão sistemática. O estudo avaliou o uso de impressoras 3D nos cuidados de pacientes com lábios e palato fissurados; atestando que existem vantagens na utilização de impressoras 3D frente a metodologias convencionais.
26	WANG C, et al. (2021)	Revisão sistemática. O estudo avaliou a precisão de próteses totais fabricadas digitalmente e resumiram os fatores que influenciaram no resultado; inferindo que não foram percebidas diferenças relevantes entre fresadoras e impressoras 3D.
27	WANG X, et al. (2021)	Revisão sistemática e meta-análise. O estudo avaliou a precisão de impressoras 3D de mesa versus impressoras 3D profissionais na produção de próteses maxilofaciais através de uma revisão sistemática; concluindo que ambas apresentam precisões semelhantes, e que o uso das impressoras de mesa é viável na reabilitação bucomaxilofacial.

Fonte: Oliveira RM, et al., 2025.

De acordo com o trabalho de Serrano C, et al. (2019), que objetivou identificar, na literatura, resultados clínicos que explicassem as aplicações das impressoras 3D nas reconstruções mandibulares e seus impactos nos tempos operatórios, a integração do método digital permite um tempo, em média, 21,2% mais rápido que os métodos convencionais, além de entregar melhor estética segundo os pacientes.

Rad MR, et al. (2022) analisaram fatores biológicos e físico-químicos em “scaffolds” impressos tridimensionalmente a partir de revisão sistemática. O estudo apontou características positivas sobre o uso das impressoras 3D para este fim, divergindo, contudo, na utilização do material de escolha.

Alonso-Fernández I, et al. (2023), em revisão sistemática, avaliaram a viabilidade do uso de “scaffolds” compostos de ácido polilático/biocerâmica fabricados por tecnologias de impressão 3D como materiais de enxerto ósseo em estudos pré-clínicos “in vivo”, o qual mostrou propriedades osteogênicas promissoras e interação positiva com tecido circundante para servir de suporte na engenharia de tecidos ósseos.

Por sua vez, Etemad-Shahidi Y, et al. (2020), avaliaram a precisão de modelos de arcadas dentárias, fabricadas a partir de diferentes tecnologias de impressão 3D a partir de uma revisão sistemática. Atestando que essas tecnologias são úteis em especialidades que requerem menor precisão de reprodução para planejamento, contudo são insatisfatórias em especialidades de maior exigência.

Na especialidade de próteses bucomaxilofaciais, Wang X, et al. (2021) avaliaram a precisão de impressoras 3D de mesa versus impressoras 3D profissionais na produção de próteses maxilofaciais através de uma revisão sistemática. Concluíram que ambas apresentam precisões semelhantes, e que o uso das impressoras de mesa são viáveis nas reabilitações bucomaxilofaciais.

Tanveer W, et al. (2021a) reuniram aplicações clínicas e técnicas da tecnologia CAD/CAM para o planejamento, colocação de implantes, design e fabricação na produção de próteses de órbita segundo a literatura disponível. Concluindo que a fabricação de próteses de órbita por meio de impressoras 3D foi eficaz, em virtude de reduzir o tempo gasto na fabricação.

Tanveer W, et al. (2021b) analisaram, em uma revisão sistemática, as aplicações laboratoriais e clínicas do sistema CAD/CAM no planejamento, desenho e produção de próteses nasais, aferindo que este método é eficaz, apresentando altas taxas de precisão, personalização e adaptação. O custo dos equipamentos foi uma limitação observada.

Em um ensaio clínico randomizado, Al-Halabi MN, et al. (2022), compararam o uso de coroas impressas 3D e coroas de compósito celuloide em molares decíduos pós-pulpotomia. Concluiu-se que ambas são adequadas frente às restaurações convencionais em resina, contudo, coroas impressas propiciaram melhor saúde gengival e adaptação marginal.

Wang C, et al. (2021) avaliaram, através de uma revisão sistemática, a precisão de próteses totais fabricadas digitalmente e resumiram os fatores que influenciaram no resultado. Inferindo que não foram percebidas diferenças relevantes entre fresadoras e impressoras 3D, mas ambas obtiveram resultados semelhantes ou superiores aos métodos de confecção convencionais.

Srinivasan M, et al. (2021a) realizaram uma revisão sistemática sobre próteses totais removíveis produzidas pelo sistema CAD/CAM. Os autores concluíram que essa modalidade de tratamento pode servir como uma ótima alternativa para pacientes idosos que têm acesso limitado aos cuidados em saúde bucal.

Srinivasan M, et al. (2021b), em ensaio clínico randomizado, compararam as fresadoras e as impressoras 3D ao produzirem próteses totais removíveis, concluindo que ambas entregam resultados válidos. As impressoras 3D são mais práticas e acessíveis, contudo, as fresadoras proporcionam melhores propriedades estruturais.

Mai HY, et al. (2022) analisaram estudos sobre a precisão de estruturas de próteses parciais removíveis impressas em CAD/CAM frente aos métodos tradicionais, constatando que o uso do sistema CAD/CAM foi aceitável clinicamente.

Rutkünas V, et al. (2022), através de revisão sistemática, avaliaram a precisão das próteses fixas implantossuportadas fabricadas com materiais em metal, cerâmica e polímeros utilizando fundição, fresadoras e impressoras 3D. Segundo os autores, a manufatura aditiva demonstrou precisão semelhante às outras técnicas citadas.

Virani FR, et al. (2021) revisaram a literatura disponível sobre o uso de impressoras 3D nos cuidados de pacientes com lábios e palato fissurados, atestando que existem vantagens na utilização de impressoras 3D frente a metodologias convencionais.

Al-Hamad KQ, et al. (2022), através de revisão sistemática, compararam o efeito da manufatura aditiva (MA) e manufatura subtrativa (MS) nas facetas cerâmicas em próteses fixas, e avaliaram os efeitos do tipo de MA na fabricação de cerâmicas dentais. Por fim, concluíram que a MS apresentou melhor precisão e propriedades físicas que a MA.

Abualsalud R, e Gad M. (2022) avaliaram a literatura disponível sobre a resistência à flexão (FS) em materiais de base de dentaduras feitos em fresadoras, impressoras 3D e metodologias convencionais. Os autores concluíram que as fresadoras obtiveram resultados superiores, sendo alternativas mais eficientes. Impressoras 3D obtiveram resultados inferiores, mais estudos são esperados futuramente.

Por sua vez, Jain S, et al. (2022), em revisão sistemática, compararam as propriedades físicas e mecânicas dos materiais de coroas provisórias e próteses fixas dentárias impressas 3D com as fresadoras e os métodos convencionais. Inferindo que os materiais produzidos pelas impressoras 3D apresentaram melhores propriedades mecânicas, porém piores propriedades físicas comparadas aos materiais produzidos pelas fresadoras CAD/CAM e por outros métodos convencionais.

Alzahrani SJ, et al. (2023), fizeram uma Revisão sistemática a fim de analisar as propriedades mecânicas de coroas e próteses provisórias em resina feitas com impressoras 3D. Foram características das impressoras 3D: maior dureza, maior resistência ao desgaste, menor perda de volume e superfície mais suave.

Alam ML, et al. (2023), a partir de revisão sistemática, examinaram a impressão 3D e suas tendências na ortodontia e hipóteses associadas nessa especialidade, concluindo que as impressoras 3D conseguiram satisfatória individualização e efetividade de tratamento devido à sua personalização, além de uma melhor customização para o paciente.

Al-Humood H, et al. (2023), em revisão sistemática, avaliaram a adaptação marginal, propriedades mecânicas, estética e estabilidade de cor em prótese fixas dentárias provisórias, concluindo que essas peças tiveram melhores propriedades nas fresadoras, entretanto, as impressoras 3D apresentaram vantagens frente aos métodos convencionais.

Dewan H, et al. (2023), em revisão sistemática, avaliaram a eficiência de próteses em zircônia fabricadas a partir de fresadoras e impressoras 3D. As impressoras 3D tiveram boa precisão, porém, segundo os autores, mais estudos serão necessários para avaliação das qualidades mecânicas e ópticas das coroas de zircônia.

Thakur J, et al. (2023), a partir de uma revisão sistemática, compararam a precisão e a adaptação marginal em estruturas implantossuportadas, como dentaduras parciais, coroa com implante único e restaurações provisórias produzidas por impressoras 3D e fresadoras. Concluindo que a manufatura aditiva (impressoras 3D) obteve melhor adaptação marginal que a manufatura subtrativa (fresadoras).

Lopez VP, et al. (2023), em revisão sistemática, comparam a performance mecânica de dispositivos interoclusais, feitas em resina e produzidas por impressoras 3D em relação aos dispositivos produzidos por fresadoras e métodos convencionais. As impressoras 3D apresentaram resultados satisfatórios e ficaram elegíveis para uso clínico. As fresadoras apresentaram-se superiores em relação aos demais métodos.

Curinga MRS, et al. (2023), em revisão sistemática, avaliaram a precisão e as propriedades mecânicas das estruturas de próteses parciais removíveis (PPR) fabricadas pelas técnicas convencionais e digitais. As impressoras 3D possuem relevância clínica na produção de estruturas de PPR's por possuírem precisão aceitável para uma boa biomecânica e funcionalidade.

Shi Y, et al. (2023), em revisão sistemática, analisaram a influência dos guias cirúrgicos impressos para a precisão na implantodontia, delineando os tipos, os métodos de produção e o design. Atestando que essa prática favorece a correta instalação dos implantes frente às metodologias convencionais.

A partir de um ensaio clínico randomizado, Schwärzler A, et al. (2023) realizaram um estudo avaliando a colagem de brackets em 46 pacientes utilizando resina rígida ou resina flexível, concluindo que ambas as resinas se mostraram confiáveis embora a resina flexível tenha se mostrado mais precisa e mais fácil de usar.

Németh A et al. (2023), a partir de uma meta-análise em rede, determinaram a precisão de modelos dentais produzidos por impressoras 3D comparado com modelos digitais de referência, concluindo que para prótese, os métodos de estereolitografia, processamento de luz digital (DLP) e tecnologia PolyJet são os mais precisos e clinicamente aceitáveis, sendo a última de menor confiabilidade. Para a ortodontia, SLA e DLP foram clinicamente aceitáveis.

DISCUSSÃO

A odontologia digital está presente nos consultórios no cotidiano contemporâneo. As impressoras 3D estão se destacando nesse meio devido sua personalização, velocidade de produção e custo reduzido em relação a outros métodos digitais, como as fresadoras. Mas para a sua concreta utilização, é preciso entender a aplicabilidade e a participação das impressoras 3D na clínica odontológica e nos processos reabilitadores (FILGUEIRAS A, et al., 2018; ALGHAZZAWI TF, 2016).

A produção de próteses fixas a partir de impressoras 3D demonstrou dados significantes para seu uso clínico. Tendo em vista que coroas produzidas por esse método possuíam melhores propriedades mecânicas que as fresadoras e métodos tradicionais, por exemplo, a alta resistência ao desgaste e maior força à flexão (JAIN S, et al., 2022; ALZAHRANI SJ, et al., 2022). Entretanto, propriedades físicas (dureza, resiliência, estabilidade de cor, solubilidade e sorção de água) foram reduzidas em relação a fresadoras. (JAIN S, et al., 2022; AL-HAMAD KQ, et al., 2022; AL-HUMOOD H, et al., 2023). A maioria dos estudos favoreceu as fresadoras, logo em seguida, as impressoras 3D, e por fim, os métodos convencionais. Entretanto, por ser uma nova tecnologia, o tempo de estudo clínico a longo prazo ainda é limitado. (AL-HUMOOD H, et al., 2023)

A adaptação marginal foi um tópico importantíssimo na odontologia, pois é necessário um vedamento marginal para sucesso do processo reabilitador em próteses unitárias. As impressoras 3D apresentaram margens bem adaptadas ao dente/estrutura, tornando-as aceitáveis para utilização em clínica. Além disso, por apresentarem uma adaptação marginal alta também em molares decíduos, a saúde gengival foi mais bem preservada pois o acúmulo de biofilme foi reduzido por não haver sobrecontornos ou subcontornos no dente reabilitado. (DEWAN H, 2023; AL-HALABI MN, et al., 2023)

Na produção de próteses removíveis parciais ou totais, as impressoras 3D podem ser utilizadas como alternativa viável. Os custos são reduzidos em relação aos demais métodos com uma baixa taxa de discrepância (SRINIVASAN M, et al., 2021b). Além disso, as estruturas de base ou conectores apresentam precisão aceitáveis, proporcionando uma boa biomecânica e funcionalidade (CURINGA MRS, et al., 2023). A resistência à flexão, outra propriedade significante, é comparável aos métodos convencionais, apresentando relevância clínica (ABUALSAUD R, et al., 2022). A precisão das oclusais em impressoras 3D são comparáveis às fresadoras, muitas vezes, sem diferenças significativas (WANG C, et al. 2021).

As impressoras 3D tiveram uma ótima mobilidade por serem relativamente pequenas, ou seja, fáceis de transporte. Além disso, seu custo reduzido para aquisição e econômicas em sua produção. Desse modo, tornou-se uma ferramenta muito útil para ser empregada em comunidades carentes ou que possuíssem baixos níveis de instrução em higiene bucal, principalmente em pacientes idosos edêntulos (SRINIVASAN M, et al., 2021a). Não obstante, as impressoras 3D de mesa possuem tamanho reduzido e menor custo, sendo assim, fáceis de serem transportadas. A diferença absoluta entre a discrepância de precisão de modelos produzidos por impressoras 3D industriais e impressoras de mesa é de 0,02 mm. Assim, reforça-se a sua utilização em diferentes ambientes sem perder a qualidade (WANG C, et al. 2021).

Em prótese faciais, o custo e o tempo de fabricação foram reduzidos. E ao utilizar impressoras 3D industriais, o tempo foi extensamente menor, porém o custo bem mais elevado. Em próteses nasais, especificamente, foi observada ótima adaptação nos defeitos e melhor customização para o paciente (TANVEER W, et al., 2021b). Além disso, o número de ajustes manuais foi reduzido, pois foi observado uma boa personalização no processo de fabricação (VIRANI FR, et al., 2022).

As impressoras 3D podem servir de amparo para a regeneração óssea na região maxilofacial ao produzir scaffolds capazes de estimular o reparo tecidual. Geralmente, produzidos com titânio ou hidroxiapatita, apresentaram complicações mínimas aos pacientes. As propriedades osteogênicas desses materiais não apresentaram efeitos adversos (ALONSO-FERNÁNDEZ I, et al., 2023).

No âmbito da cirurgia, o tempo cirúrgico pôde ser densamente diminuído com o auxílio das impressoras 3D. O paciente ao realizar uma tomografia computadorizada, torna possível recriar seu defeito ósseo em forma de modelo de estudo produzido pela manufatura aditiva. Além disso, a confecção de templates que irão guiar a cirurgia tornam os erros humanos mais incomuns e reduzem o tempo operatório. Além disso, para fins educativos os modelos anatômicos podem ser produzidos para evidenciar os casos dos pacientes. (SERRANO C, et al., 2019; VIRANI FR, et al., 2022)

Durante a cirurgia, ao produzir guias, os erros humanos foram densamente reduzidos. A margem de erro é menor que 2 mm em relação a distância esperada e a angulação só é alterada em no máximo 8°. (SHI Y, et al., 2023). Sua utilização em próteses sobre implantes apresentou discrepâncias marginais de 23 a 200 µM, que demonstram ótima aceitação clínica. A técnica reduziu os erros humanos e eliminaram a discrepância causada pela expansão do material em métodos convencionais de produção (THAKUR J, et al., 2023)

Para se evitar o bruxismo no sono, as impressoras 3D foram capazes de produzir placas interoclusais. Os estudos demonstraram desgaste igual independentemente do método de produção da placa, apenas PEEK possuiu menor desgaste. Elas são elegíveis para o uso clínico. Mesmo que as fresadoras e métodos convencionais tivessem apresentado resultados melhores (LOPEZ VP, et al., 2023).

As impressoras 3D conseguiram produzir trabalhos individualizados na ortodontia. E nos casos em que a precisão do modelo não precisava ser alta, as impressoras 3D puderam ser aplicadas em larga escala, pois o resultado do tratamento estava mais relacionado com as forças aplicadas à movimentação dentária ao se criar um torque manualmente. (ETEMAD-SHAHIDI Y, et al., 2020; ALAM MK, et al., 2023). A colagem de brackets também pôde ser facilitada ao aplicar as bandejas de colagem indiretas que serviriam de guia para a identificação do local de melhor colagem. (SCHWÄRZLER A, et al., 2023).

Apesar de a tecnologia na odontologia ainda ser cara, tornando difícil a compra de equipamentos, os preços estão diminuindo. Equipamentos mais modernos e compactos estão disponíveis, ocupando menos espaço. Profissionais que trabalham em diferentes lugares podem se comunicar remotamente por meio de redes de computadores, usando sua estrutura digital à distância. (ALGHAZZAWI TF, 2016)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As impressoras 3D apresentam características e propriedades para o bom uso em ocasiões clínicas específicas. Pode-se aplicar em restaurações onlay, próteses fixas, próteses totais removíveis, próteses parciais removíveis, próteses parciais ou totais suportados por implantes, scaffolds, guias cirúrgicos, modelos de estudo, modelos voltados para a prática clínica, próteses faciais e placas interoclusais. Além disso, podemos inferir que: 1) O custo reduzido na produção de materiais, além da minimização do desperdício material tornam o acesso das impressoras maior em relação às fresadoras; 2) As impressoras 3D possuem maior velocidade em detrimento a outros métodos de produção; 3) Apresentam alta taxa de previsibilidade do procedimento devido ao planejamento digital prévio; 4) Há uma alta tendência de crescimento na prática desse método de produção. Diante disso, as impressoras 3D com o decorrer do tempo, tendem a expandir sua gama de funções.

REFERÊNCIAS

1. ABUALSAUD R, GAD M. Flexural strength of CAD/CAM denture base materials: systematic review and meta-analysis of in-vitro studies. Journal Of International Society Of Preventive And Community Dentistry, 2022; 12(2):160-70.
2. AL HAMAD KQ, et al. Additive manufacturing of dental ceramics: a systematic review and meta-analysis. Journal of Prosthodontics, 2022.
3. ALAM MK, et al. Future of orthodontics: a systematic review and meta-analysis on the emerging trends in this field. Journal Of Clinical Medicine, 2023; 12(2): 532.
4. ALGHAZZAWI TF. Advancements in CAD/CAm technology: options for practical implementation. Journal of Prosthodontic Research, 2016; 60(2): 72-84.
5. AL-HALABI MN, et al. Comparative assessment of novel 3d printed resin crowns versus direct celluloid crowns in restoring pulp treated primary molars. Journal Of Evidence-Based Dental Practice, 2022; 22(1): 101664.
6. AL-HUMOOD H, et al. Marginal fit, mechanical properties, and esthetic outcomes of cad/cam interim fixed dental prostheses (FDPs): a systematic review. Materials, 2023; 16(5): 1996.
7. ALONSO-FERNÁNDEZ I, et al. Use of 3D-printed polylactic acid/bioceramic composite scaffolds for bone tissue engineering in preclinical in vivo studies: a systematic review. Acta Biomaterialia, 2023; 168: 1-21.
8. ALZAHRANI SJ, et al. Mechanical properties of three-dimensional printed provisional resin materials for crown and fixed dental prosthesis: a systematic review. Bioengineering, 2023; 10(6): 663.
9. ANDREIOTELLI M, et al. Digital data management for cad/cam technology: an update of current systems. Eur J Prosthodont Restor Dent, 2013; 21: 9-15.
10. BROWN GB, et al. Accuracy of 3-dimensional printed dental models reconstructed from digital intraoral impressions. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 2018; 154(5): 733-739.
11. CURINGA MRS, et al. Mechanical properties and accuracy of removable partial denture frameworks fabricated by digital and conventional techniques: a systematic review. The Journal Of Prosthetic Dentistry, 2023; 1(1): 00-00.
12. DEWAN H. Clinical effectiveness of 3d-milled and 3d-printed zirconia prosthesis—a systematic review and meta-analysis. Biomimetics, 2023; 8(5): 394.
13. ETEMAD-SHAHIDI Y, et al. Accuracy of 3-dimensionally printed full-arch dental models: a systematic review. Journal Of Clinical Medicine, 2020; 9(10): 3357.
14. FILGUEIRAS A, et al. Aplicabilidade clínica dos avanços da tecnologia CAD-CAM em Odontologia. HU Revista, 2018; 60(1): 29-34.
15. JAIN S, et al. Physical and mechanical properties of 3d-printed provisional crowns and fixed dental prosthesis resins compared to cad/cam milled and conventional provisional resins: a systematic review and meta-analysis. Polymers, 2022; 14(13): 2691.
16. LOPEZ VP, et al. Mechanical performance of 3-dimensionally printed resins compared with conventional and milled resins for the manufacture of occlusal devices: a systematic review. The Journal Of Prosthetic Dentistry, 2023: 13-18.
17. MAI HY, et al. Accuracy of removable partial denture metal frameworks fabricated by computer-aided design/ computer-aided manufacturing method: a systematic review and meta-analysis. Journal Of Evidence-Based Dental Practice, 2022; 22(3): 101681.
18. NÉMETH A, et al. Clear guidance to select the most accurate technologies for 3D printing dental models: a network meta-analysis. Journal Of Dentistry, 2023; 134: 104532.
19. RAD MR, et al. 3D printed composite scaffolds in bone tissue engineering: a systematic review. Current Stem Cell Research & Therapy, 2022; 17(7): 648-709.
20. RUTKÜNAS V, et al. Accuracy of fixed implant-supported dental prostheses additively manufactured by metal, ceramic, or polymer: a systematic review. Journal Of Prosthodontics, 2022; 31(1): 70-87.
21. SCHWÄRZLER A, et al. 3D printed indirect bonding trays: transfer accuracy of hard versus soft resin material in a prospective, randomized, single-blinded clinical study. Dental Materials, 2023; 39(11): 1058-1065.

22. SERRANO C, et al. Benefits of 3D printing applications in jaw reconstruction: a systematic review and meta-analysis. Journal Of Cranio-Maxillofacial Surgery, 2019; 47(9): 1387-1397.
23. SHI Y, et al. A systematic review of the accuracy of digital surgical guides for dental implantation. International Journal of Implant Dentistry, 2023; 9(1): 38.
24. SRINIVASAN M, et al. CAD-CAM complete removable dental prostheses: a double-blind, randomized, crossover clinical trial evaluating milled and 3d-printed dentures. Journal Of Dentistry, 2021; 115: 103842.
25. SRINIVASAN M, et al. CAD-CAM removable complete dentures: a systematic review and meta-analysis of trueness of fit, biocompatibility, mechanical properties, surface characteristics, color stability, time-cost analysis, clinical and patient-reported outcomes. Journal Of Dentistry, 2021; 113: 103777.
26. TANVEER W, et al. Tymour. Systematic review of clinical applications of cad/cam technology for craniofacial implants placement and manufacturing of orbital prostheses. International Journal Of Environmental Research And Public Health, 2021; 18(21): 11349.
27. TANVEER W, et al. Systematic review of clinical applications of cad/cam technology for craniofacial implants placement and manufacturing of nasal prostheses. International Journal Of Environmental Research And Public Health, 2021; 18(7): 3756.
28. THAKUR J, et al. Accuracy of marginal fit of an implant-supported framework fabricated by 3D printing versus subtractive manufacturing technique: a systematic review and meta-analysis. The Journal Of Prosthetic Dentistry, 2023; 129(2): 301-309.
29. VIRANI FR, et al. Three-dimensional printing in cleft care: a systematic review. The Cleft Palate-Craniofacial Journal, 2021; 59(4): 484-496.
30. WANG C, et al. Accuracy of digital complete dentures: a systematic review of in vitro studies. The Journal Of Prosthetic Dentistry, 2021; 125(2): 249-256.
31. WANG X, et al. Accuracy of desktop versus professional 3D printers for maxillofacial model production. A systematic review and meta-analysis. Journal Of Dentistry, 2021; 112: 103741.