

RESSALVA

Atendendo a solicitação do(a) autor(a), o texto completo desse trabalho será disponibilizado no repositório a partir de 17/02/2027.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José dos Campos
Instituto de Ciência e Tecnologia

SAULO PEREIRA DA CONCEIÇÃO

**ALTERAÇÕES DIMENSIONAIS E ESTRUTURAIS DE GUIAS
CIRÚRGICOS SUBMETIDOS A DIFERENTES CONDIÇÕES DE
ARMAZENAMENTO E INTERVALOS DE TEMPO.**

SAULO PEREIRA DA CONCEIÇÃO

**ALTERAÇÕES DIMENSIONAIS E ESTRUTURAIS DE GUIAS CIRÚRGICOS
SUBMETIDOS A DIFERENTES CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO E
INTERVALOS DE TEMPO.**

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos, como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE, pelo Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS APLICADAS À SAÚDE BUCAL.

Área: Prótese Dentária. Linha de pesquisa: Desempenho de materiais e técnicas em odontologia restauradora.

Orientador: Prof. Assoc. Dr. Guilherme de Siqueira Ferreira Anzaloni Saavedra.

São José dos Campos

2025

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2025]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Conceição, Saulo Pereira Da

Alterações dimensionais e estruturais de guias cirúrgicos submetidas a diferentes condições de armazenamento e intervalos de tempo. / Saulo Pereira Da Conceição. - São José dos Campos : [s.n.], 2025.
66 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Ciências Aplicadas à Saúde Bucal - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2025.

Orientador: Guilherme de Siqueira Ferreira Anzaloni Saavedra.

1. Alterações dimensionais. 2. Armazenamento de guias. 3. Espectroscopia FTIR. 4. Implantodontia guiada. 5. Guias impressos 3D. I. Saavedra, Guilherme de Siqueira Ferreira Anzaloni, orient. II. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. III. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - UNESP. IV. Universidade Estadual Paulista (UNESP). V. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Os achados desta pesquisa apresentam implicações relevantes para odontologia, especialmente no uso de guias cirúrgicos produzidos por impressão 3D. O estudo oferece diretrizes práticas para o armazenamento e manejo, garantindo maior estabilidade dimensional e integridade estrutural. A identificação do método de armazenamento e a determinação do tempo ideal de uso aprimora a previsibilidade e segurança em cirurgias guiadas, além de permitir o uso mais eficiente dos materiais, minimizando descartes desnecessários e promovendo a sustentabilidade. Os resultados também impulsionam o desenvolvimento de resinas específicas com maior resistência à degradação química e estabilidade em diferentes condições de armazenamento. Assim como podem subsidiar a elaboração de protocolos clínicos que orientem o uso de guias cirúrgicos em diferentes condições, contribuindo para regulamentações mais específicas no que diz respeito à manipulação e armazenamento de dispositivos médicos personalizados.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

The findings of this research reveal significant implications for dentistry, particularly in the use of surgical guides produced through 3D printing. The study provides practical guidelines for storage and handling, ensuring greater dimensional stability and structural integrity. Identifying the optimal storage method and determining the ideal usage timeframe enhances predictability and safety in guided surgeries while enabling more efficient material utilization, reducing unnecessary waste, and promoting Sustainability. The results also drive the development of specialized resins with greater resistance to Chemical degradation and stability under various storage conditions. Furthermore, they support the creation of clinical protocols to guide the use of surgical guides in different scenarios, contributing to more specific regulations regarding the handling and storage of personalized medical devices.

.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Assoc. Dr. Guilherme de Siqueira Ferreira Anzaloni Saavedra (Orientador)

Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Instituto de Ciências e Tecnologia

São José dos Campos

Prof. Dr. Pedro Santos Diamantino

Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Instituto de Ciências e Tecnologia

São José dos Campos

Profa. Dra. Nayara Fernanda Barchetta Villalta

Universidade de Taubaté (UNITAU)

Departamento de Odontologia

Taubaté

São José dos Campos, 17 de fevereiro de 2025.

DEDICATÓRIA

Dedico.

À minha família, pelo amor, apoio e principalmente compreensão incondicional em cada passo desta jornada.

Especialmente às minhas filhas, Olívia e Estela, que são minha inspiração diária e motivo de alegria. Que este trabalho seja um pequeno reflexo do quanto vocês me impulsionam a ser melhor a cada dia.

Com todo meu amor e gratidão, este trabalho é para vocês.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por sua infinita graça, força e sabedoria que me sustentaram em todos os momentos da minha vida. Sem a certeza de que seus planos são perfeitos, este trabalho não teria sido possível.

Aos meus pais, pela educação, pelos valores e pelo amor incondicional que sempre me ofereceram. Vocês são a base de tudo o que conquistei e o exemplo de buscar sempre ser melhor. Obrigado por sempre acreditarem em mim.

À minha esposa e filhas, pelo carinho, paciência e incentivo contínuo. Vocês me inspiram diariamente a seguir em frente, mesmo diante dos desafios. A cada uma de vocês, minha eterna gratidão e amor. Este trabalho é também o reflexo do que aprendo e vivo ao lado de vocês.

Agradeço profundamente ao meu orientador, pela dedicação, paciência e orientação indispensáveis durante todo o desenvolvimento deste trabalho. Sua experiência e comprometimento foram fundamentais para o meu crescimento acadêmico e profissional.

Aos colegas, sou grato pela parceria, pelas trocas enriquecedoras e pelo incentivo mútuo ao longo dessa jornada. Juntos, enfrentamos desafios e compartilhamos aprendizados que fortaleceram nossa caminhada acadêmica.

"Confie no Senhor de todo o seu coração e não se apoie em seu próprio entendimento; reconheça o Senhor em todos os seus caminhos, e ele endireitará as suas veredas." Provérbios 3:5-6.

RESUMO

Conceição SP. Alterações dimensionais e estruturais de guias cirúrgicas submetidas a diferentes condições de armazenamento e intervalos de tempo [dissertação]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; 2025.

Guias cirúrgicos impressos em 3D oferecem maior precisão, previsibilidade e conforto em cirurgias, mas há lacunas sobre o método ideal de armazenamento e o período máximo de viabilidade desses dispositivos. Alterações dimensionais ou estruturais podem causar complicações cirúrgicas e erros no posicionamento de implantes. Este estudo analisou a resina Dima® Print-Guide & Tray (Kulzer-Alemanha) para determinar alterações estruturais e dimensionais em diferentes métodos de armazenamento e tempos. Os corpos de prova foram fabricados por manufatura aditiva e divididos em três grupos: **SC** (simulação seca), **ML** (simulação molhada) e **RF** (simulação refrigerada), com subdivisões em tempos de armazenamento de 1, 7, 14 e 21 dias. Foram avaliadas alterações dimensionais em unidades volumétricas e estruturais via Espectroscopia de Infravermelho (FTIR). Os resultados indicaram que o armazenamento seco (SC) é o mais eficaz, preservando a estabilidade dimensional e estrutural por até 14 dias sem alterações significativas. No armazenamento molhado (ML), alterações ocorreram após 7 dias, e no refrigerado (RF), após 14 dias. Esses achados fornecem diretrizes práticas para o manejo de guias cirúrgicos, promovendo maior segurança, eficiência e previsibilidade nos procedimentos odontológicos.

Palavras-chave: alterações dimensionais; armazenamento de guias; espectroscopia FTIR; implantodontia guiada; grau de conversão; guias cirúrgicos; guias impressos 3D.

ABSTRACT

Conceição SP. Dimensional and structural changes in surgical guides subjected to different storage conditions and time intervals [dissertation]. São José dos Campos (SP): São Paulo State University (Unesp), Institute of Science and Technology; 2025.

3D-printed surgical guides offer enhanced precision, predictability, and comfort during surgeries. However, there are gaps in the literature regarding the optimal storage method and the maximum viability period for these devices. Dimensional or structural changes can lead to surgical complications and errors in implant placement. This study analyzed the Dima® Print-Guide & Tray resin (Kulzer, Germany) to evaluate structural and dimensional changes under different storage methods and durations. The test specimens were produced using additive manufacturing and divided into three groups: **SC** (dry simulation), **ML** (wet simulation), and **RF** (refrigerated simulation). Each group was further subdivided based on storage durations of 1, 7, 14, and 21 days. Dimensional changes were assessed in volumetric terms, and structural changes were analyzed using Infrared Spectroscopy (FTIR). The results showed that dry storage (SC) was the most effective method, maintaining dimensional and structural stability for up to 14 days without significant alterations. In contrast, changes were observed in wet storage (ML) after 7 days and in refrigerated storage (RF) after 14 days. These findings provide practical guidelines for the proper management of surgical guides, ensuring greater safety, efficiency, and predictability in dental procedures.

Keywords: surgical guides; dimensional change; degree of conversion; FTIR spectroscopy; 3D printed guides; storage of guides; guided implant dentistry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Método de impressão por modelagem de deposição fundida (FDM).....	20
Figura 2 - Métodos de impressão SLA e DLP	23
Figura 3 – Material base usado no trabalho	33
Figura 4 – Fluxograma.....	34
Figura 5 – Etapas de confecção das amostras	36
Figura 6 – Armazenamento das amostras	38
Figura 7 – Paquímetro digital.....	40
Figura 8 – Aparelho para teste de FTI-R.....	42
Figura 9 – Gráficos das médias e comparativo das leituras de FTI-R para os grupos SC, ML e RF.....	47
Figura 10 – Gráfico comparativo das médias das leituras de FTI-R	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Manufatura aditiva (impressão 3D)	16
2.2 Histórico da impressão 3D	16
2.3 Principais métodos de impressão 3D.	18
2.3.1. Extrusão de material (Material Extrusion).	20
2.3.1.1 – Fused Deposition Modeling (FDM)/ Fused Filament Fabrication (FFF).....	20
2.3.2. Fotopolimerização em tanque (Vat Photopolymerization).....	21
2.3.2.1. Estereolitografia (SLA).....	21
2.3.2.2. Digital Light Processing (DLP).	22
2.3.3. Fusão em leito de pó (Powder Bed Fusion).....	23
2.3.3.1. Selective Laser Sintering (SLS)/ Selective Laser Melting (SLM).	23
2.3.4. Jateamento de Material (material Jetting).	24
2.3.5. Jateamento de Ligantes (Binder Jetting).....	25
2.3.6. Deposição Direta de Energia (Directed Energy Deposition).	25
2.3.6.1. Direct Metal Deposition (DMD).	25
2.3.7. Laminação de Folhas (Sheet Lamination).	26
2.3.7.1. Laminação Object Manufacturing (LOM).	26
2.4. Materiais.....	26
2.5. Aplicações da impressão 3D na implantodontia.....	28
2.6. Guias cirúrgicas.	29
2.7. Direções futuras.	30
3 PROPOSIÇÃO	32
4 MATERIAL E MÉTODOS.	33
4.1. Delineamento experimental.	34
4.1.1. Obtenção dos corpos de prova.	35
4.1.2. Materiais usados no processo de simulação.	37
4.2. Caracterização do polímero.....	39
4.2.1. Avaliação da estabilidade dimensional.	39

4.2.2. Teste de grau de conversão.	41
5 RESULTADO	42
5.1. Avaliação da estabilidade dimensional.	43
5.1.FTI-R.....	45
6 DISCUSSÃO	49
7 CONCLUSÃO	54
REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia vem assumindo um papel fundamental na área da saúde de modo geral, sendo também observado em procedimentos odontológicos como na implantodontia. Uma nova realidade é a possibilidade de combinar softwares com exames de imagens, para assim desenvolver dispositivos como os guias cirúrgicos prototipados (Chen P et al., 2021; Kitichai et al. 2015; Panchal et al., 2019). A técnica de cirurgia guiada é um método mais conservador de instalação de implantes, pois durante esse tipo de cirurgia, frequentemente, não são realizadas incisões, descolamentos de fibromucosas e nem há necessidade de suturas, uma vez que as perfurações são realizadas apenas por brocas, sem que haja grandes avarias nos tecidos moles e/ou duros (Zhao XZ et al., 2014). Outro benefício apresentado por essa técnica, está baseado na previsibilidade protética e posicional do implante, por meio, do chamado “planejamento reverso”, garantindo um grau maior de satisfação ao paciente e a entrega de trabalhos personalizados para cada caso específico (Bradley,K., 2022).

Uma cirurgia guiada engloba desde o planejamento até o procedimento cirúrgico, podendo ser realizadas de duas formas: estática ou dinâmica. A dinâmica envolve o uso de um sistema de navegação auxiliado por um computador, sendo a instalação do implante em tempo real, o que possibilita correções. Enquanto a estática necessita de um planejamento prévio no qual, a partir deste planejamento, é confeccionado um guia cirúrgico para ser utilizado durante a instalação (Chen P et al., 2012; Michael S. Block et al., 2106; Seyedeh et al.,2023; Vercruyssen M et al.,2014). Os chamados guias cirúrgicos prototipados estão cada vez mais presentes na realidade clínica odontológica, não somente pela maior facilidade de aquisição de impressoras 3D, mas, principalmente, pela resolutividade e precisão que esses dispositivos oferecem (Chen P et al.,2021; Kitichai et al., 2015; Zhao XZ et al., 2014).

O padrão de cirurgia de implante está sendo reconfigurado, a fim de conferir resultados mais precisos, em menores intervalos de tempo. Tal condição aumenta a satisfação do paciente com o tratamento (Chen P et al., 2021). Atualmente a cirurgia guiada apresenta três padrões de guias cirúrgicos, os quais se baseiam nas

características das estruturas estomatognáticas presentes em cada paciente. Assim, os guias podem ser dentossuportados, mucossuportados ou osseossuportados. Em casos em que a estabilização ainda esteja deficiente é possível utilizar estabilizadores adicionais como mini-implantes, parafusos ou pinos. Uma vez estabilizado, o protocolo de perfuração para instalação do implante se inicia, seguindo o planejamento feito no software, assegurando uma maior precisão no posicionamento do implante (Chen P et al., 2021; Kern F et al., 2020; Maria A. Mora et al., 2014).

Para o planejamento e, conseqüentemente, confecção desses guias cirúrgicos, há uma coleta de dados e imagens tridimensionais que alimentam o software para que o guia se torne personalizado a cada situação. O método de aquisição de imagens mais difundido para análise da condição oral do paciente é a tomografia computadorizada de feixe cônico, associada a escaneamentos intra e/ou extraorais. Este, pode ser obtido a partir de modelos em gesso ou impressos (Derksen W et al., 2019; Graf T et al., 2021; Kern F et al., 2020). A obtenção de imagens, por meio da tomografia computadorizada, pode ser do tipo Fan Beam ou Cone Beam (FBCT e CBCT respectivamente), pois ambas são armazenadas no formato universal para “Imagiologia e Comunicação Digital em Medicina” (DICOM) (Kern F et al., 2020). Já as imagens obtidas pelo escaneamento, geram dados em estereolitografia universal (STL), demonstrando informações geométricas de superfície (Giuliodori G et al., 2023; Kern F et al., 2020; Ludlow JB et al., 2008). Com os dados (STL e DICOM) alimentando um software de planejamento e promovendo o “matching” das malhas, é possível executar o planejamento reverso. Onde a posição do implante estará pautada nas posições e anatomia da coroa protética, tudo isso contribuindo para delimitação do desenho do guia de orientação de instalação cirúrgica dos implantes (Tong, Xi et al., 2022).

A confecção desses dispositivos é realizada por meio de impressoras 3D em DLP (Digital Light Processing), a qual utiliza um projetor digital para gerar flashes de luz UV sobre a área impressa e curar a camada de resina de uma só vez. O padrão óptico da impressora 3D em DLP é essencialmente gerada por um dispositivo de microespelho digital (DMD) dentro da lente do projetor. O DMD consiste em uma grande quantidade de pequenos espelhos que controlam o padrão de luz projetado.

À medida que a luz é refletida sobre sua superfície, logo em seguida, se torna inclinada em direção à resina líquida (Revilla-León M et al., 2018; Rouzé l'Alzit F et al., 2021).

Para a fabricação de guias cirúrgicos, onde aspectos como precisão, resistência e estabilidade dimensional são importantes, devemos nos atentar para possíveis alterações dimensionais e estruturais ocasionadas pelo tempo e/ou pelo modo de armazenamento antes de serem utilizadas. Uma vez que, a distorção nesses dispositivos podem ocasionar problemas como: risco aumentado de complicações, pois durante e/ou após a cirurgia, estruturas anatômicas nobres podem sofrer infecções ou danos severos; perda óssea pode ser outro problema, já que implantes mal posicionados levam a essa perda, desprendendo tempo e aumentando o custo para a realização de correções cirúrgicas; há também, desadaptações protéticas, devido ao mal posicionamento dos implantes, comprometendo não somente a estética, como acarretando problemas funcionais (Shahzaib, Nasti et al., 2023). No entanto, não se sabe quanto tempo e em qual condição os guias devem ser armazenados antes que sofram algum tipo de alteração, levando a sua inutilização. Existem normas ISO (Organização internacional de normas), como a ISO 13485:2016, que estabelece requisitos para sistemas de gestão da qualidade para dispositivos médicos, incluindo dispositivos cirúrgicos personalizados, como guias cirúrgicos (Ravizza A et al., 2019). Contudo, a literatura não apresenta estudos e/ou uma norma específica ISO (Organização Internacional para Padronização) no que diz respeito ao armazenamento de guias cirúrgicos odontológicos.

Embora não haja uma norma ISO específica para o armazenamento de guias odontológicos, é importante a definição de normas e diretrizes relevantes para garantir a segurança e a eficácia dos dispositivos médicos utilizados em suas práticas. Atualmente somente há disponível a ISO 17664 - 1:2021, a qual especifica os requisitos para as informações a serem fornecidas pelo fabricante do dispositivo médico para o processamento de utensílios médicos críticos, semicríticos ou dispositivos médicos destinados a serem esterilizados. Assim como, a norma ISO 4049:2000 no seu item 8.3.i faz referência a necessidade de informar as condições de armazenamento recomendadas e prazo de validade nessas condições de armazenamento além das quais o material não deve ser usado. Portanto, torna-se

fundamental a execução de um estudo que padronize tais informações para o manejo e uso de guias cirúrgicos na implantodontia.

7 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, podemos inferir que:

- a) Rejeição da Hipótese nula (H_0), pois o tempo e os sistemas de armazenamento afetam significativamente as dimensões e estruturas dos guias cirúrgicos. Não estando independentes as alterações e o método de armazenamento utilizado;
- b) Confirmação parcial da Hipótese H_1 , pois o tempo exerce influência mais acentuada em amostras armazenadas em condições molhadas, apresentando maior variabilidade e instabilidade dimensional;
- c) Validação da Hipótese H_2 , pois o método de armazenamento seco demonstrou ser o mais eficaz na preservação das dimensões, com ressalva para um limite de tempo de 10 dias, apresentou maior estabilidade estrutural, minimizando a degradação química e assim não comprometendo a precisão dos guias cirúrgicos.

REFERÊNCIAS

Afshari A, Shahmohammadi R, Mosaddad S, Pesteei O, Hajmohammadi E, Rahbar M, Alam M, Abbasi K. Colocação de implantes por cirurgia livre versus guiada: um estudo clínico prospectivo. *Adv Mater Sci Eng*. 2022;2022. doi:10.1155/2022/6491134.

Ahn SH, Lee J, Park SA, et al. Tecnologias de equipamentos de bioimpressão tridimensional para engenharia de tecidos e medicina regenerativa. *Tissue Eng Regen Med*. 2016; 13:663–676. doi:10.1007/s13770-016-0148-1.

Alageel O. Tecnologias de impressão tridimensional para próteses dentárias: uma revisão. *Rapid Prototyp J*. 2022. doi:10.1108/rpj-07-2021-0164.

Alexander, AE, Wake, N., Chepelev, L. et al. Uma diretriz para terminologia de impressão 3D em pesquisa biomédica utilizando padrões ISO/ASTM. *3D Print Med* 7, 8 (2021). doi:10.1186/s41205-021-00098-5.

Alma, L., Salazar, Rios., Matthew, J., Kesterke., G., D., Pylant., Abdul, Basir, Barmak., Elias, D., Kontogiorgos., Marta, Revilla-León. 4. Efeito da orientação da impressão, condições de armazenamento e tempo de armazenamento na precisão da superfície de entalhe de guias cirúrgicos de implantes fabricados usando tecnologia de estereolitografia. (2023). doi: 10.1016/j.prosdent.2023.08.016.

Alshali RZ, Silikas N, Satterthwaite JD. Grau de conversão do bulk-fill em comparação com compósitos de resina convencionais em dois intervalos de tempo. *Dent Mater*. 2013 Sep;29(9):e213-7. doi: 10.1016/j.dental.2013.05.011. Epub 2013 Jul 8. PMID: 23845799.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR ISO/ASTM 52900:2018 Manufatura Aditiva Princípios Gerais Terminologia. ABNT/CEE-261 Manufatura Aditiva, Rio de Janeiro RJ, Brasil, 2018.

Barazanchi, A.; Li, KC; Al-Amleh, B.; Lyons, K.; Waddell, JN Tecnologia aditiva: atualização sobre materiais e aplicações atuais em odontologia. *J. Prosthodont*. 2017;26, 156–163.

Bayne SC, Ferracane JL, Marshall GW, Marshall SJ, van Noort R. A evolução dos materiais dentários ao longo do século passado: da prata e do ouro à cor dos dentes e além. *J. Dent. Res.* 2019; 98:257–265. doi: 10.1177/0022034518822808.

Bergamo ETP, Campos TMB, Piza MMT, Gutierrez E, Lopes ACO, Witek L, Coelho PG, Celestrino M, Carvalho LF, Benalcázar Jalkh EB, Bonfante EA. Materiais temporários usados em próteses dentárias: efeito da composição, modo de fabricação e envelhecimento nas propriedades mecânicas. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2022 Sep; 133:105333. doi: 10.1016/j.jmbbm.2022.105333. Epub 2022 Jun 30. PMID: 35839630.

Bradley, D, Kwinta. 1. Cone Beam CT Planejamento de tratamento guiado de implantes dentários, cirurgia e colocação de prótese temporária. (2022). doi: 10.1002/9781119683957.

Chen P, Nikoyan L. Cirurgia guiada de implantes: uma técnica cuja hora chegou. *Dent Clin North Am.* 2021 Jan;65(1):67-80. doi: 10.1016/j.cden.2020.09.005. Epub 2020 Nov 2. PMID: 33213716.

Chen, J., Zhang, Z., Chen, X., Zhang, C., Zhang, G., & Xu, Z. (2014). Projeto e fabricação de implantes dentários personalizados usando engenharia reversa e tecnologia de fusão a laser seletiva. *The Journal of prosthetic dentistry*, 112 5, 1088-95. e1. doi: 10.1016/j.prosdent.2014.04.026.

Crump SS, inventor: Stratasys Inc. Aparelho e método para criação de objetos tridimensionais. United States patent US 5121329A. 1992, June 9. Acesso em: 14 ago. 2024.

Dawood, A., Marti, B., Sauret-Jackson, V. et al. Impressão 3D em odontologia. *Br Dent J* 219, 521–529 (2015). doi: 10.1038/sj.bdj.2015.914.

Derksen W, Wismeijer D, Flügge T, Hassan B, Tahmaseb A. A precisão da cirurgia de implante guiada por computador com guias de broca digitalmente projetados e suportados por dentes, com base em CBCT e escaneamento intraoral. Um estudo de coorte prospectivo. *Clin Oral Implants Res.* 2019 Oct;30(10):1005-1015. doi: 10.1111/clr.13514. Epub 2019 Sep 9. PMID: 31330566.

Dermeik, B., & Travitzky, N. (2020). Fabricação de objetos laminados de materiais à base de cerâmica. *Advanced Engineering Materials*, 22. doi: 10.1002/adem.202000256.

Dongping, Lan., Yilin, Luo., Yili, Qu., Yi, Man. 3. Estabilidade tridimensional e precisão de moldes cirúrgicos de impressão 3D: um estudo in vitro. *The Journal of dentists*, (2024). doi: 10.1016/j.jdent.2024.104936.

Elliott, T., Hamilton, A., Griseto, N. and Gallucci, G.O. (2022), Guias de implantes cirúrgicos fabricados de forma aditiva: uma revisão. *Journal of Prosthodontics*, 31: 38-46. doi: 10.1111/jopr.13476.

Ferracane JL. Uma Perspectiva Histórica sobre Materiais Restauradores Dentários Compostos. *J Funct Biomater*. 2024 Jun 25;15(7):173. doi: 10.3390/jfb15070173. PMID: 39057295; PMCID: PMC11277709.

Ferracane, JL.; Greener, E. H. Análise de infravermelho por transformada de Fourier do grau de polimerização em resinas não preenchidas – comparação de métodos. *Journal of Dental Research*, v. 63, n. 8, p. 1093-1095, 1984.

Gharbi, M., Peyre, P., Gorny, C., Carin, M., Morville, S., Masson, P., Carron, D., & Fabbro, R. (2013). Influência de várias condições de processo em acabamentos superficiais induzidos pela técnica de deposição direta de metal a laser em uma liga ti-6Al-4V. *Journal of Materials Processing Technology*, 213, 791-800. doi:10.1016/J.JMATPROTEC.2012.11.015.

Gibson, I., Rosen, D., & Stucker, B. (2010). Processos de laminação de chapas., 223-252. doi: 10.1007/978-1-4419-1120-9_8.

Giuliodori G, Rappelli G, Aquilanti L. Escaneamentos intraorais de arcos dentários completos: um estudo de medição in vitro da precisão de diferentes scanners intraorais. *Int J Environ Res Public Health*. 2023 Mar 8;20(6):4776. doi: 10.3390/ijerph20064776. PMID: 36981684; PMCID: PMC10048864.

Glenn TP; Christie SDR; Hollaway RD. (Amkor Technology, Inc.) Método de fabricação de pacote de dispositivo de microespelho. Patente dos EUA 6624921, 2001.

Graf T, Güth JF, Diegritz C, Liebermann A, Schweiger J, Schubert O. Eficiência de ajustes oclusais e interproximais em coroas unitárias de implantes fabricadas por CAD-CAM - sem molde vs. baseadas em molde impresso em 3D. *J Adv Prosthodont.* 2021 Dec;13(6):351-360. doi: 10.4047/jap.2021.13.6.351. Epub 2021 Dec 22. PMID: 35003551; PMCID: PMC8712114.

Griffith LG, Naughton G. Engenharia de tecidos — desafios atuais e oportunidades em expansão. *Science* 2002; 295:1009–1014.

Hornbeck LJ. Modulador de luz espacial e método. United States patent US 19874662746. 1987 May 5.

Hosseini, S., Halvaei, M., Ebrahimi, A., Shamekhi, M., & Eslaminejad, M. (2019). Impressão 3D em Odontologia. Aplicações da Engenharia Biomédica em Odontologia. doi: 10.1007/978-3-030-21583-5_9.

Ikemura K., Endo T. Uma revisão do desenvolvimento de iniciadores de fotopolimerização radical usados para projetar adesivos odontológicos fotopolimerizáveis e compósitos de resina. *Dent. Mater. J.* 2010; 29:481–501. doi: 10.4012/dmj.2009-137.

ISO 17664:2021. Processamento de produtos de saúde - Informações a serem fornecidas pelo fabricante do dispositivo médico para o processamento de dispositivos médicos. Genebra: Organização Internacional de Normalização, 2021.

ISO 4049:2000. Materiais Dentários — Materiais de preenchimento, restauradores e cimento à base de polímeros. Genebra: ISO, 2000.

Jacobs PF. Estereolitografia e outras tecnologias RP&M - da prototipagem rápida à ferramentaria rápida. Society of Manufacturing Engineers Dearborn; MI, EUA: 1996.

Julian G. Leprince, William M. Palin, Mohammed A. Hadis, Jacques Devaux, Gaetane Leloup. Progresso na tecnologia de compósitos dentários à base de dimetacrilato e eficiência de cura. *Dental Materials*, Volume 29, Issue 2, 2013, Pages 139-156, ISSN 0109-5641, doi: 10.1016/j.dental.2012.11.005.

Kernen F, Kramer J, Wanner L, Wismeijer D, Nelson K, Flügge T. Uma revisão do software de planejamento virtual para cirurgia guiada de implantes - importação e visualização de dados, projeto e fabricação de guias de broca. *BMC Oral Health*. 2020 Sep 10;20(1):251. doi: 10.1186/s12903-020-01208-1. PMID: 32912273; PMCID: PMC7488021.

Kessler, A., Hickel, R., & Reymus, M. (2019). Impressão 3D em Odontologia - Estado da Arte. *Odontologia operatória*. doi: 10.2341/18-229-L.

Kitichai Rungcharassaeng, Joseph M. Caruso, Joseph Y.K. Kan, Filip Schutyser, Tiny Boumans, Precisão da cirurgia guiada por computador: uma comparação da experiência do operador. *The Journal of Prosthetic Dentistry*, Volume 114, Issue 3, 2015, Pages 407-413, ISSN 0022-3913, doi:10.1016/j.prosdent.2015.04.004.

Kodama H. Método automático para fabricar um modelo plástico tridimensional com polímero fotoendurecível. *Rev Sci Instrum*. 1981; 52: 1770. doi: 10.1063/1.1136492.

Li, Chen., Wei-Shao, Lin., Waldemar, D., Polido., George, J., Eckert., Dean, Morton. 6. Precisão, reprodutibilidade e estabilidade dimensional de moldes cirúrgicos fabricados de forma aditiva. *Journal of Prosthetic Dentistry*, (2019). doi: 10.1016/J.PROSDENT.2019.02.007.

Ligon SC, Liska R, Stampfl J, Gurr M, Mülhaupt R. Polímeros para Impressão 3D e Manufatura Aditiva Personalizada. *Chem Rev*. 2017 Aug 9;117(15):10212-10290. doi: 10.1021/acs.chemrev.7b00074. Epub 2017 Jul 30. PMID: 28756658; PMCID: PMC5553103.

Lin, L., Fang, Y., Liao, Y., Chen, G., Gao, C., & Zhu, P. (2019). Técnicas de impressão 3D e processamento digital em odontologia: uma revisão da literatura. *Advanced Engineering Materials*, 21. doi:10.1002/adem.201801013.

Lucio, Lo, Russo., Laura, Guida., Khrystyna, Zhurakivska., Giuseppe, Troiano., Claudio, Di, Gioia., Carlo, Ercoli., Luigi, Laino. 5. Guias cirúrgicos impressos em três

dimensões: efeito do tempo na estabilidade dimensional. *Journal of Prosthodontics*, (2022). doi: 10.1111/jopr.13573.

Ludlow JB, Ivanovic M. Dosimetria comparativa de dispositivos odontológicos de CBCT e TC de 64 cortes para radiologia oral e maxilofacial. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2008 Jul;106(1):106-14. doi:10.1016/j.tripleo.2008.03.018. Epub 2008 May 27. PMID: 18504152.

Luka, Šimunović., Antonija, Jurela., Karlo, Sudarević., Ivana, Bačić., Tatjana, Haramina., Nevenka, Meštrović. Influência do Pós-Processamento no Grau de Conversão e nas Propriedades Mecânicas de Alinhadores de Poliuretano Impressos em 3D. *Polymers*, (2023). doi: 10.3390/polym16010017.

Maria AM, Douglas LC, Roger M. Ferramentas de software e guias cirúrgicos em cirurgia guiada por implantes dentários. *Dental Clinics of North America*, Volume 58, Issue 3, 2014, Pages 597-626, ISSN 0011-8532, ISBN 9780323311618.

Michael SB, Robert W. Navegação estática ou dinâmica para colocação de implantes — Escolhendo o método de orientação. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, Volume 74, Issue 2, 2016, Pages 269-277, ISSN 0278-2391.

Mira H., Samuel D, Giulia B, Robert K, Nicole R., Dieter D, Christoph B., Kathrin B. Alterações dimensionais induzidas por autoclavagem em guias cirúrgicos impressos tridimensionais: um estudo in vitro. *Clinical Oral Implants Research*, (2023). doi: 10.1111/clr.14158.

Mukai, S., Mukai, E., Santos-Junior, J., Shibli, J., Faveri, M., Giro, G. (2021). Avaliação da reprodutibilidade e precisão de guias cirúrgicos de fresagem e impressão 3D. *BMC Oral Health*, 21. doi: 10.1186/s12903-020-01362-6.

Nesic, D., Schaefer, B., Sun, Y., Saulacic, N., Sailer, I. (2020). Abordagem de impressão 3D em odontologia: o futuro da regeneração personalizada de tecidos moles orais. *Journal of Clinical Medicine*, 9. doi: 10.3390/jcm9072238.

Ntovas P, Marchand L, Basir B, Kudara Y, Revilla-Leon M, Att W. Efeito das condições de armazenamento e do tempo na estabilidade dimensional de guias cirúrgicos impressos em 3D: um estudo in vitro. *Clin Oral Implants Res*. 2025 Jan;36(1):92-99. doi: 10.1111/clr.14362. Epub 2024 Sep 25. PMID: 39318278.

Panchal N, Mahmood L, Retana A, Emery R 3rd. Navegação dinâmica para cirurgia de implante dentário. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2019 Nov;31(4):539-547. doi: 10.1016/j.coms.2019.08.001. PMID: 31563194.

PIANELLI, C. et al. A espectroscopia micro-Raman, uma ferramenta útil para determinar o grau de conversão de resinas compostas ativadas por luz. *Journal of Biomedical Materials Research: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, v. 48, n. 5, p. 675-681, 1999.

Pillai, S., Upadhyay, A., Khayambashi, P., Farooq, I., Sabri, H., Tarar, M., Lee, K., Harb, I., Zhou, S., Wang, Y., Tran, S. (2021). Impressão 3D odontológica: transferindo a arte dos laboratórios para as clínicas. *Polímeros*, 13. doi: 10.3390/polym13010157.

Pradíes, G., Morón-Conejo, B., Martínez-Rus, F., Salido, M., & Berrendero, S. (2023). Aplicações atuais da impressão 3D em implantologia dentária: Uma revisão de escopo mapeando as evidências. *Pesquisa clínica de implantes orais*. Doi: 10.1111/clr.14198.

Quan H, Zhang T, Xu H, Luo S, Nie J, Zhu X. Técnica de impressão 3D de fotocura e seus desafios. *Bioact Mater.* 2020 Jan 22;5(1):110-115. doi: 10.1016/j.bioactmat.2019.12.003. Erratum in: *Bioact Mater.* 2020 Dec 04;6(6):1789-1790. doi: 10.1016/j.bioactmat.2020.11.009. PMID: 32021945; PMCID: PMC6992881.

Ravizza A, De Maria C, Di Pietro L, Sternini F, Audenino AL, Bignardi C. Revisão abrangente dos requisitos regulatórios atuais e futuros para sensores vestíveis em testes pré-clínicos e clínicos. *Front Bioeng Biotechnol.* 2019 Nov 8; 7:313. doi: 10.3389/fbioe.2019.00313. PMID: 31781554; PMCID: PMC6857326.

Revilla-León M, Özcan M. Tecnologias de manufatura aditiva usadas para processamento de polímeros: status atual e aplicação potencial em odontologia protética. *J Prosthodont.* 2019 Feb;28(2):146-158. doi: 10.1111/jopr.12801. Epub 2018 Apr 22. PMID: 29682823.

Revilla-Leon M., Sadeghpour M., e Ozcan M., uma revisão das aplicações de tecnologias de manufatura aditiva usadas para fabricar metais em implantodontia,

Journal of Prosthodontics. (2020) 29, no. 7, 579 – 593, doi: 10.1111/jopr.13212, 32548890.

Revilla-León M, Meyers MJ, Zandinejad A, Özcan M. Uma revisão sobre a composição química, propriedades mecânicas e fluxo de trabalho de fabricação de polímeros atuais fabricados de forma aditiva para restaurações dentárias provisórias. J Esthet Restor Dent. 2019; 31: 51–57. doi: 10.1111/jerd.12438.

Rose EE, Lal J., Green R., Cornell J. Materiais de preenchimento de resina direta: Coeficiente de expansão térmica e sorção de água de polimetilmetacrilato. J. Dent. Res. 1955; 34 :589–596. doi: 10.1177/00220345550340041501.

Rouzé l'Alzit F, Cade R, Naveau A, Babilotte J, Meglioli M, Catros S. Precisão de impressoras 3D comerciais para fabricação de guias cirúrgicos em implantodontia. J Dent. 2022 Feb; 117:103909. doi: 10.1016/j.jdent.2021.103909. Epub 2021 Nov 28. PMID: 34852291.

Sachs EM, Haggerty JS, Cima MJ, Williams PA, inventor: Massachusetts Institute of Technology. Técnicas de impressão tridimensional. United States. patent US 5204055.1993. April 20.

Schmalz G., Widbiller M. Biocompatibilidade de amálgama versus compósito — uma revisão. Saúde bucal Prev. Dent. 2022; 20 :149–155.

Šercer M., Rezic T., Godec D., Oros D. Produção de microrreatores por tecnologia de impressão 3D de matriz PolyJet: caracterização hidrodinâmica. Food Technol. Biotechnol. 2019; 57 :272–281.

Seyedeh STO, Tim J, Florian MT. Precisão na colocação de implantes dentários usando cirurgia de implante assistida por computador estática versus dinâmica: um estudo in vitro. Journal of Dentistry, Volume 132, 2023, 104487, ISSN 0300-5712.

Shahzaib N, Shamaa A, Sufiyan M, Kalekhan. AB., Ashok P, Prakash RP. Guias cirúrgicos: precisão redefinida na colocação de implantes. IP international journal of periodontology and implantology, (2023). doi: 10.18231/j.ijpi.2023.035.

Silva, PC.; Santandrea, RS.; Brandão, LC.; Xavier, MVA.; Volpini, VL. Manufatura aditiva: Revisão sistemática da literatura / Additive manufacturing: A systematic review. *Brazilian Journal of Development*, [S. l.], v. 6, n. 11, p. 84502–84515, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n11-023.

Siqueira JRCDS, Rodriguez RMM, Campos TMB, Ramos NC, Bottino MA, Tribst JPM. Caracterização da microestrutura, propriedades ópticas e comportamento mecânico de uma resina temporária para impressão 3D: impacto do tempo de pós-cura. *Materials (Basel)*. 2024 Mar 26;17(7):1496. doi: 10.3390/ma17071496. PMID: 38612010; PMCID: PMC11012777.

Svetlizky, D., Das, M., Zheng, B., Vyatskikh, A., Bose, S., Bandyopadhyay, A., Schoenung, J., Lavernia, E., & Eliaz, N. (2021). Fabricação aditiva por deposição de energia direcionada (DED): características físicas, defeitos, desafios e aplicações. *Materials Today*. doi: 10.1016/J.MATTOD.2021.03.020.

Tian, Y.; Chen, C.; Xu, X.; Wang, J.; Hou, X.; Li, K.; Lu, X.; Shi, H.; Lee, E.; Jiang, H. Uma revisão da impressão 3D em odontologia: tecnologias, fatores que afetam e aplicações. *Scanning* 2021, 2021, 9950131.

Tong, Xi., Frank, Baan., Arico, C., Verhulst., Jeroen, Liebregts. [Innovative methods and developments in oral care. 3D planning in oral and maxillofacial surgery]. *Nederlands Tijdschrift Voor Tandheelkunde*, (2022). doi: 10.5177/ntvt.2023.01.22079.

Turkyilmaz, I., Wilkins, G. (2021). Impressão 3D em odontologia – Explorando novos horizontes. *Journal of Dental Sciences*, 16, 1037 - 1038. Doi: 10.1016/J.JDS.2021.04.004.

Vanessa K., Björn L, Sinan H, Nikolaos P, Padhraig, SF. Uma comparação in vitro da estabilidade dimensional de quatro modelos impressos em 3D sob várias condições de armazenamento. *Angle Orthodontist*, (2024). doi: 10.2319/081223-557.1.

Vercruyssen M, Fortin T, Widmann G, Jacobs R, Quirynen M. Diferentes técnicas de cirurgia de implante guiada estática/dinâmica: modalidades e indicações. *Periodontol* 2000. 2014 Oct;66(1):214-27. doi: 10.1111/prd.12056. PMID: 25123770.

Wang J., Goyanes A., Gaisford S., Basit AW Impressão 3D estereolitográfica (SLA) de formas de dosagem de liberação modificada oral. *Int. J. Pharm.* 2016; 503 :207–212.

Zhao XZ, Xu WH, Tang ZH, Wu MJ, Zhu J, Chen S. Precisão da cirurgia de implante guiada por computador por meio de técnica de CAD/CAM e escaneamento a laser. *Chin J Dent Res.* 2014;17(1):31-6. PMID: 25028687.

Ziaee, M., Crane, N. (2019). Jateamento de ligante: Uma revisão de processo, materiais e métodos. *Fabricação Aditiva*. doi: 10.1016/J.ADDMA.2019.05.031.