

# 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

**GUSTAVO MACEDO PEREIRA**

**EFEITOS DA DESINFECÇÃO E ESTERILIZAÇÃO DE POLÍMERO  
UTILIZADO NA CONFECÇÃO DE GUIA CIRÚRGICO PARA  
INSTALAÇÃO DE IMPLANTES: Análise das propriedades  
mecânicas e estabilidade dimensional.**

**GUSTAVO MACEDO PEREIRA**

**EFEITOS DA DESINFECÇÃO E ESTERILIZAÇÃO DE POLÍMERO UTILIZADO NA  
CONFEÇÃO DE GUIA CIRÚRGICO PARA INSTALAÇÃO DE IMPLANTES:  
Análise das propriedades mecânicas e estabilidade dimensional.**

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. Linha de pesquisa: Materiais Odontológicos.

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).

Pereira, Gustavo Macedo

Efeitos da desinfecção e esterelização de polímeros utilizado na confecção de guia cirúrgico para instalação de implantes: análise das propriedades mecânicas e estabilidade dimensional

/ Gustavo Macedo Pereira. - São José dos Campos : [s.n.], 2025.

38 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. Implantes Dentários. 2. Desinfecção. 3. Cirurgia geral. 4. Impressão Tridimensional. 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**

Definir um protocolo adequado de desinfecção para os guias cirúrgicos, assegurando que o processo não provoque distorções ou alterações nas propriedades dos polímeros utilizados. Dessa maneira, será possível garantir que os guias cirúrgicos mantenham a precisão dimensional prevista no planejamento inicial.

## **POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH**

Define the appropriate disinfection protocol for surgical guides, ensuring that the process does not cause distortions or alter the properties of the polymers used. In this way, it will be possible to ensure that the surgical guides maintain the same dimensional accuracy as planned.

## **BANCA EXAMINADORA**

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

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituição de ciência e tecnologia

Campus de São José dos Campos

**Profa. Dra. Nayara Barchetta**

Universidade de Taubaté (Unitau)

Campus de Taubaté

**Prof. Dr. João Mauricio de Ferraz da Silva**

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituição de ciência e tecnologia

Campus de São José dos Campos

São José dos Campos, 17 de Fevereiro de 2025.

## DEDICATÓRIA

Primeiramente, agradeço a Deus por todas as oportunidades que me foram concedidas e pela força e sabedoria que me acompanharam ao longo dessa jornada.

Aos meus pais, Maria das Graças Macedo Pereira e Ivanildo Barbosa Pereira, minha eterna gratidão. Vocês sempre me apoiaram com amor incondicional, enfrentando os desafios ao meu lado e me oferecendo todo o incentivo e cuidado. Sem o amor de vocês, nada disso seria possível.

À minha namorada, Carolina Gonzales Franca, que esteve ao meu lado, me apoiando, compreendendo e ajudando em cada passo dessa caminhada. Seu carinho e dedicação foram fundamentais para que eu conseguisse chegar até aqui.

À minha irmã, Gabriela Macedo Pereira, por todo o apoio, carinho e amizade ao longo de toda a minha trajetória. Sua presença sempre foi um alicerce fundamental para mim.

Ao professor Guilherme, pela oportunidade e pelo apoio durante o mestrado. Seu conhecimento, orientação e incentivo foram cruciais para o meu crescimento acadêmico e profissional.

A todos os colegas de mestrado, que fizeram parte desse caminho. Cada um de vocês contribuiu de maneira única para essa experiência, e sou grato por cada aprendizado e momento compartilhado.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar minha sincera gratidão ao meu orientador, Guilherme Saavedra, pelo apoio incondicional, pelos ensinamentos valiosos e pela orientação durante toda a minha jornada no mestrado. Seu profissionalismo e dedicação foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho e para o meu crescimento acadêmico.

Agradeço especialmente à Carolina Gonzales, que foi uma grande fonte de apoio e inspiração. Sua paciência, disponibilidade e incentivo ao longo desta etapa foram essenciais para que eu pudesse superar os desafios e avançar em minha pesquisa.

Aos meus amigos, que se tornaram verdadeiros pilares durante essa caminhada, em especial àqueles que estiveram ao meu lado em momentos de dificuldades e celebrações.

A minha família, por todo o amor, compreensão e apoio contínuo, que sempre foram fundamentais para minha motivação e força.

Por fim, agradeço à CAPES pela concessão da bolsa de fomento, que tornou possível a realização deste trabalho e todo o desenvolvimento da minha pesquisa.

## RESUMO

Pereira GM. Efeitos da desinfecção e esterilização de polímero utilizado na confecção de guia cirúrgico para instalação de implantes: análise das propriedades mecânicas e estabilidade dimensional [dissertação]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia; 2025.

A cirurgia guiada por impressão 3D vem se consolidando na implantodontia por aumentar a precisão e previsibilidade dos procedimentos. Contudo, antes de serem utilizadas em ambiente clínico, essas guias precisam passar por processos de desinfecção ou esterilização, cujos impactos sobre suas propriedades ainda são pouco compreendidos. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos de diferentes métodos de desinfecção (álcool 70%, clorexidina 2%, ácido peracético 0,2%) e esterilização (autoclave) nas propriedades mecânicas e estabilidade dimensional de guias cirúrgicos confeccionados com o polímero Dima® Print Surgical Guide & tray (Kulzer GmbH, Hanau, Alemanha). Foram confeccionadas 180 amostras em forma de barra e divididas em cinco grupos, incluindo um controle. As amostras foram submetidas a testes de resistência flexural, microdureza Knoop e estabilidade dimensional. Os dados foram analisados por ANOVA e testes não paramétricos, com nível de significância de 5%. Os resultados indicaram que os métodos de desinfecção não comprometeram significativamente a resistência flexural ou a estabilidade dimensional. Apenas a esterilização em autoclave reduziu a microdureza das amostras, sugerindo alteração superficial do material. Ainda assim, as variações encontradas não comprometeram o desempenho clínico do guia. Conclui-se que todos os métodos avaliados são viáveis para desinfecção de guias cirúrgicos sem comprometer suas propriedades, sendo o álcool 70% e a clorexidina 2% opções seguras. A padronização de protocolos ainda é necessária para garantir segurança e reprodutibilidade clínica no uso de guias impressos em 3D na implantodontia.

Palavras-chave: Implantes Dentários; Desinfecção; Cirurgia geral; Impressão Tridimensional.

## ABSTRACT

*Pereira GM. Effects of disinfection and sterilization on polymer used to make a surgical guide for placing implants; Analysis of mechanical properties and dimensional stability [dissertation]. São José dos Campos (SP): São Paulo State University (UNESP), Institute of Science and Technology; 2025.*

*3D-Printed Guided Surgery has become increasingly established in implant dentistry by enhancing the precision and predictability of procedures. However, before being used in clinical settings, these guides must undergo disinfection or sterilization processes, whose effects on their properties are still not fully understood. This study aimed to evaluate the effects of different disinfection methods (70% alcohol, 2% chlorhexidine, 0.2% peracetic acid) and sterilization (autoclaving) on the mechanical properties and dimensional stability of surgical guides made with the Dima® Print Surgical Guide & Tray polymer (Kulzer GmbH, Hanau, Germany). A total of 180 bar-shaped samples were fabricated and divided into five groups, including a control. The samples were subjected to flexural strength, Knoop microhardness, and dimensional stability tests. Data were analyzed using ANOVA and non-parametric tests with a 5% significance level. The results showed that the disinfection methods did not significantly affect flexural strength or dimensional stability. Only autoclave sterilization reduced the microhardness of the samples, suggesting a surface alteration of the material. Nevertheless, the observed variations did not compromise the clinical performance of the guide. It is concluded that all evaluated methods are viable for the disinfection of surgical guides without compromising their properties, with 70% alcohol and 2% chlorhexidine being safe options. However, standardization of protocols is still necessary to ensure safety and clinical reproducibility in the use of 3D-printed guides in implant dentistry.*

*Keywords: Dental implants; Disinfection; General surgery; three- dimensional printing.*

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|     |                            |
|-----|----------------------------|
| AP  | Ácido peracético           |
| AL  | Álcool                     |
| C   | Controle                   |
| CLX | Digluconato de clorexidina |
| EA  | Autoclave                  |

## SUMÁRIO

|                                                                                |           |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                                                       | <b>10</b> |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>                                            | <b>12</b> |
| 2.1 Introdução à Cirurgia de Implantes Dentários e Tecnologias de Planejamento | 12        |
| 2.2 Guias Cirúrgicas – Materiais, Esterilização e Desinfecção .....            | 13        |
| 2.3 Impacto da Esterilização nas Propriedades Mecânicas das Guias Cirúrgicas   | 13        |
| 2.4 Desafios e Necessidade de Pesquisa Futura .....                            | 14        |
| <b>3 PROPOSIÇÃO.....</b>                                                       | <b>16</b> |
| <b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>                                               | <b>17</b> |
| 4.1 Materiais utilizados.....                                                  | 17        |
| 4.2 Obtenção dos corpos de prova .....                                         | 19        |
| 4.3 Metodologia.....                                                           | 20        |
| 4.3.1 Teste de resistência flexural.....                                       | 21        |
| 4.3.2 Microdureza knoop.....                                                   | 21        |
| 4.3.3 Avaliação da estabilidade dimensional .....                              | 22        |
| <b>5 RESULTADO .....</b>                                                       | <b>23</b> |
| 5.1 Teste de resistência flexural.....                                         | 23        |
| 5.2 Microdureza Knoop .....                                                    | 26        |
| 5.3 Avaliação da estabilidade dimensional .....                                | 30        |
| <b>6 DISCUSSÃO .....</b>                                                       | <b>32</b> |
| <b>7 CONCLUSÃO.....</b>                                                        | <b>35</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                                       | <b>36</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da implantodontia, tornou-se possível combinar softwares de desenho e manufatura assistida por computador, viabilizando o desenvolvimento de guias cirúrgicas que aumentam a precisão na instalação de implantes dentários (Panchal et al., 2019). Quando realizada de forma guiada, a cirurgia de instalação de implantes oferece maior simplicidade na execução, maior previsibilidade, redução do tempo clínico e diminuição da taxa de complicações. Esses fatores, quando combinados, resultam em um atendimento mais eficaz e satisfatório para o paciente (Al Yafi et al., 2019).

A cirurgia guiada pode ser classificada em dois tipos: dinâmica e estática. A cirurgia dinâmica envolve o uso de um sistema de navegação assistido por computador, permitindo ajustes em tempo real durante o procedimento. Por outro lado, a cirurgia estática requer um planejamento prévio detalhado, a partir do qual é confeccionado um guia cirúrgico, que será utilizado para direcionar a instalação do implante. Clique ou toque aqui para inserir o texto.. A cirurgia guiada estática depende do uso combinado de imagens tridimensionais, que podem ser obtidas por tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) e por escaneamento intraoral ou extraoral, com modelos em gesso ou impressos (Alp et al., 2019; Kernén et al., 2020).

As imagens obtidas por tomografia computadorizada podem ser de dois tipos: Fan Beam ou Cone Beam (FBCT e CBCT, respectivamente) (Kernén et al., 2020; Ludlow, Ivanovic, 2008). Ambas são armazenadas no formato DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine), um padrão universal utilizado para a troca de dados radiológicos. Para a manufatura dos guias, é necessário associar os arquivos DICOM ao escaneamento óptico, seja intraoral ou extraoral, sobre modelos de gesso, que geram dados em estereolitografia (STL), contendo informações geométricas detalhadas da superfície (Derksen et al., 2019). O guia cirúrgico é então confeccionado por manufatura aditiva, sendo assentado sobre a estrutura dentária, mucosa ou osso, com a possibilidade de utilização de estabilizadores adicionais, como mini-implantes ou parafusos, em casos onde a estabilização do guia seja deficiente (Al Yafi et al., 2019).

Antes de serem utilizados em ambiente cirúrgico, os guias precisam passar por um rigoroso processo de desinfecção, que visa eliminar ou reduzir significativamente a carga microbiana(Pop et al., 2022). Esse processo pode ser realizado por métodos físicos ou químicos, como vapor sob pressão, calor seco ou produtos químicos líquidos(Papia et al., 2022). De acordo com a ISO 17664/2021, a desinfecção deve ser aplicada a dispositivos médicos que entram em contato direto ou indireto com o paciente, sendo essencial para garantir a segurança do procedimento.

A maioria dos fabricantes recomenda a esterilização ou desinfecção dos guias antes da cirurgia, utilizando soluções de etanol ou produtos não químicos. Um desafio adicional é que a maioria dos materiais utilizados na confecção de guias cirúrgicas possui superfícies porosas, o que dificulta o processo de desinfecção, pois esses materiais têm maior capacidade de reter microrganismos(Török et al., 2020). Assim, o processo de esterilização torna-se uma consideração importante.

Neste contexto, estudar as propriedades mecânicas e a estabilidade dimensional dos polímeros usados na fabricação de guias cirúrgicas, após os diferentes métodos de desinfecção e esterilização, é fundamental. Embora o uso de guias cirúrgicas impressas em 3D tenha crescido significativamente nos últimos anos, e novos materiais tenham sido desenvolvidos pelo mercado, ainda não há consenso sobre os protocolos de desinfecção e esterilização, nem sobre seus efeitos no material utilizado para a fabricação desses guias. A compreensão desses impactos é essencial para assegurar a eficácia e a segurança dos procedimentos cirúrgicos.

## 7 CONCLUSÃO

O presente estudo analisou o impacto de diferentes métodos de desinfecção e esterilização nas propriedades mecânicas e na estabilidade dimensional de polímeros utilizados na confecção de guias cirúrgicos impressos em 3D para cirurgias de implantes dentários guiadas. A partir dos testes realizados, incluindo microdureza Knoop, resistência à flexão e avaliação de estabilidade dimensional, foi constatado que os tratamentos testados – clorexidina a 2%, álcool 70%, ácido peracético e esterilização em autoclave – não provocaram alterações significativas nas propriedades avaliadas.

Esses resultados indicam que as resinas utilizadas na impressão 3D apresentam desempenho satisfatório frente aos métodos de desinfecção e esterilização testados, garantindo sua viabilidade clínica sem comprometer a precisão ou a resistência dos guias cirúrgicos. Contudo, a variabilidade de materiais disponíveis e a ausência de protocolos padronizados reforçam a necessidade de pesquisas adicionais para validar os achados e estabelecer diretrizes consistentes para a prática odontológica.

A confiabilidade das guias cirúrgicas impressas em 3D é essencial para o sucesso das cirurgias guiadas, promovendo maior segurança, precisão no posicionamento dos implantes e conforto ao paciente. Portanto, o desenvolvimento contínuo de estudos sobre a interação entre materiais e tratamentos de desinfecção contribuirá para o aprimoramento das tecnologias aplicadas na odontologia, favorecendo sua ampla aceitação clínica e garantindo resultados mais previsíveis e seguros.

## REFERÊNCIAS

Alp G, Murat S, Yilmaz B. Comparison of Flexural Strength of Different CAD/CAM PMMA-Based Polymers. *Journal of Prosthodontics*. 2019;28(2):e491–5. doi: 10.1111/JOPR.12755,.

Burkhardt F, Handermann L, Rothlauf S, Gintaute A, Vach K, Spies BC, et al. Accuracy of additively manufactured and steam sterilized surgical guides by means of continuous liquid interface production, stereolithography, digital light processing, and fused filament fabrication. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2024;152. doi: 10.1016/j.jmbbm.2024.106418.

Ceretta R, Paula MMS, Angioletto Ev, Meier M, Mitellstadt F, Pich C, et al. Evaluation of the effectiveness of peracetic acid in the sterilization of dental equipment. *Indian J Med Microbiol*. 2008;26(2):117–22. doi: 10.4103/0255-0857.40523,.

Chackartchi T, Romanos GE, Parkanyi L, Schwarz F, Sculean A. Reducing errors in guided implant surgery to optimize treatment outcomes. *Periodontol 2000*. 2022;88(1):64–72. doi: 10.1111/PRD.12411,.

Derksen W, Wismeijer D, Flügge T, Hassan B, Tahmaseb A. The accuracy of computer-guided implant surgery with tooth-supported, digitally designed drill guides based on CBCT and intraoral scanning. A prospective cohort study. *Clin Oral Implants Res*. 2019;30(10):1005–15. doi: 10.1111/CLR.13514,.

Kernen F, Kramer J, Wanner L, Wismeijer D, Nelson K, Flügge T. A review of virtual planning software for guided implant surgery - Data import and visualization, drill guide design and manufacturing. *BMC Oral Health*. 2020;20(1). doi: 10.1186/S12903-020-01208-1,.

Keßler A, Dosch M, Reymus M, Folwaczny M. Influence of 3D-printing method, resin material, and sterilization on the accuracy of virtually designed surgical implant guides. *Journal of Prosthetic Dentistry*. 2022;128(2):196–204. doi: 10.1016/J.PROSDENT.2020.08.038,.

Labakoum B, Farhan A, Taleb L Ben, Mouhsen A, Lyazidi A. Effects of autoclaving and disinfection on 3D surgical guides using LCD technology for dental implant. *3D Print Med*. 2024;10(1). doi: 10.1186/S41205-024-00214-1,.

Ludlow JB, Ivanovic M. Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontology*. 2008;106(1):106–14. doi: 10.1016/J.TRIPLEO.2008.03.018,.

Panchal N, Mahmood L, Retana A, Emery R. Dynamic Navigation for Dental Implant Surgery. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am*. 2019;31(4):539–47. doi: 10.1016/j.coms.2019.08.001.

Papia E, Brodde SAC, Becktor JP. Deformation of polyetheretherketone, PEEK, with different thicknesses. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2022;125. doi: 10.1016/J.JMBBM.2021.104928,.

Pavan S. Avaliação microbiológica, física e mecânica de resinas acrílicas submetidas a diferentes métodos de desinfecção [tese]. Araraquara: Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia de Araraquara; 2005.

Pop SI, Dudescu M, Mihali SG, Păcurar M, Bratu DC. Effects of Disinfection and Steam Sterilization on the Mechanical Properties of 3D SLA-and DLP-Printed Surgical Guides for Orthodontic Implant Placement. *Polymers* (Basel). 2022;14(10). doi: 10.3390/POLYM14102107,.

Samra RK, Bhide S V. Efficacy of different disinfectant systems on alginate and addition silicone impression materials of Indian and international origin: A comparative evaluation. *Journal of Indian Prosthodontist Society*. 2010;10(3):182–9. doi: 10.1007/S13191-010-0040-Y,.

Török G, Gombocz P, Bognár E, Nagy P, Dinya E, Kispélyi B, et al. Effects of disinfection and sterilization on the dimensional changes and mechanical properties of 3D printed surgical guides for implant therapy - Pilot study. *BMC Oral Health*. 2020;20(1). doi: 10.1186/S12903-020-1005-0,.

Al Yafi F, Camenisch B, Al-Sabbagh M. Is Digital Guided Implant Surgery Accurate and Reliable? *Dent Clin North Am*. 2019;63(3):381–97. doi: 10.1016/J.CDEN.2019.02.006,.  
Yazigi C, Chaar MS, Busch R, Kern M. The Effect of Sterilization on the Accuracy and Fit of 3D-Printed Surgical Guides. *Materials*. 2023;16(15). doi: 10.3390/MA16155305,.