

**UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP**

**LILIANE MENEZES DOS SANTOS**

**INFLUÊNCIA DO ENVELHECIMENTO E DO GLAZE NA RESISTÊNCIA DE  
PLACAS OCLUSAIS IMPRESSAS CONFECCIONADAS POR  
MÉTODOS DIGITAIS**

**SÃO PAULO**

**2026**

**LILIANE MENEZES DOS SANTOS**

**INFLUÊNCIA DO ENVELHECIMENTO E DO GLAZE NA RESISTÊNCIA DE  
PLACAS OCLUSAIS IMPRESSAS CONFECCIONADAS POR  
MÉTODOS DIGITAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Paulista – UNIP, para a obtenção do título de Mestre em Odontologia, sob orientação do Prof. Dr. Alfredo Mikail Melo Mesquita.

**SÃO PAULO**

**2026**

Santos, Liliane Menezes dos.

Influência do envelhecimento e do *glaze* na resistência de placas oclusais impressas confeccionadas por métodos digitais / Liliane Menezes dos Santos. - 2026.

12 f. : il. color.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia, São Paulo, 2026.

Área de concentração: Prótese dentária.

Orientador: Prof. Dr. Alfredo Mikail Mesquita.

1. Placas oclusais. 2. *Glaze*. 3. Odontologia digital.  
I. Mesquita, Alfredo Mikail (orientador). II. Título.

**LILIANE MENEZES DOS SANTOS**

**INFLUÊNCIA DO ENVELHECIMENTO E DO GLAZE NA RESISTÊNCIA DE  
PLACAS OCLUSAIS IMPRESSAS CONFECCIONADAS POR  
MÉTODOS DIGITAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Paulista – UNIP, para a obtenção do título de Mestre em Odontologia.

Aprovado em: \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Alfredo Mikail Melo Mesquita  
Universidade Paulista – UNIP

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Dra. Cintia Helena Coury Saraceni  
Universidade Paulista – UNIP

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Dra. Thaís Cachuté Paradella  
Universidade Estadual Paulista – ICT UNESP

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio institucional e fomento concedidos ao longo de meu mestrado. Foi uma oportunidade fundamental para desenvolver esta pesquisa e dar continuidade à minha formação científica, contribuindo para o fortalecimento e valorização da pesquisa odontológica brasileira. O incentivo à ciência e à formação de pesquisadores é indispensável para o avanço do conhecimento e sou profundamente grata por ter sido contemplada com esse apoio.

Acima de tudo, agradeço a Deus, meu Senhor e Salvador Jesus Cristo, meu maior sustento em toda esta caminhada. Foi Ele quem me capacitou, fortaleceu e conduziu em cada etapa, com sabedoria, colocando chão firme sob meus pés mesmo nos momentos de incerteza. Reconheço que nada aqui construído seria possível sem Sua graça, direção e cuidado constantes.

À minha família, minha eterna base: minha mãe, meu pai, meu irmão e minha cunhada. Sem seu amor, paciência, confiança e apoio incondicionais, esta conquista não seria possível. Este título não é individual, mas fruto de uma verdadeira construção em equipe, sustentada por laços de amor, incentivo e presença constantes. Vocês são meu alicerce e minha maior motivação.

Às minhas irmãs de coração, Camila Gusmão e Cristina Lopes, presentes preciosos que Deus concedeu-me ao longo da vida. Obrigada por caminharem comigo, acreditando em mim, apoiando-me, incentivando-me especialmente nos momentos mais turbulentos. A amizade de vocês foi abrigo, força e alegria em meio às exigências dessa jornada.

Agradeço, com profunda admiração, a todo o corpo docente, bem como à coordenação, representada pela professora Cíntia. Essa foi, sem dúvida, uma das equipes mais extraordinárias que já tive o privilégio de conhecer. A competência, comprometimento e humanidade de cada um serão sempre referência e inspiração em minha trajetória como docente e pesquisadora. Estendo também meus sinceros agradecimentos a toda a equipe da instituição UNIP, especialmente aos colaboradores da secretaria e do laboratório de pesquisa, pela cordialidade, disponibilidade e apoio essenciais ao desenvolvimento deste trabalho.

Meu mais respeitoso agradecimento a meu orientador, Prof. Dr. Alfredo Mikail Melo Mesquita. Foi uma honra imensurável a oportunidade de aprender com o senhor e seguir seus

passos, mestre. A excelência profissional, aliada a uma humanidade rara tornam o senhor exemplo admirável de pesquisador, docente e ser humano. Agradeço cada orientação, cada ensinamento, cada palavra e, sobretudo, o crédito que depositou em mim e ao longo de todo o processo. Minha gratidão é profunda e permanente.

Por fim, registro meu sincero agradecimento à Universidade Paulista (UNIP). Realizar o mestrado nesta instituição foi, sem dúvida, uma das escolhas mais acertadas de minha carreira acadêmica e profissional. Levo comigo não apenas o título, mas uma formação sólida, humana e inspiradora.

Obrigada pela oportunidade.

## RESUMO

**Objetivo:** Avaliar a influência do envelhecimento e do glaze sobre a resistência das placas oclusais impressas confeccionadas por métodos de manufatura digital. **Materiais e Métodos:** Foram confeccionadas 180 barras (64 mm × 10 mm × 3,3 mm), conforme a norma ISO 20795-1. As amostras foram divididas em 12 grupos (n = 15): resinas fresadas/controle: G1 (polidas), G2 (polidas e glaze), G3 (polidas e envelhecidas) e G4 (polidas, glaze e envelhecidas); resinas impressas – sistema aberto (PriZma): G5 (polidas), G6 (polidas e glaze), G7 (polidas e envelhecidas) e G8 (polidas, glaze e envelhecidas); resinas impressas – sistema fechado (DMG): G9 (polidas), G10 (polidas e glaze), G11 (polidas e envelhecidas) e G12 (polidas, glaze e envelhecidas). As amostras foram submetidas ao ensaio de flexão de três pontos em máquina universal de ensaios, até fratura ou deformação plástica, frente ao deslocamento da carga máxima programada. Foram realizados os testes de Shapiro–Wilk, Qui-quadrado e Wilcoxon, considerando como fatores o método de fabricação, o sistema de impressão, o tratamento de superfície e o envelhecimento, tendo a resistência à flexão como variável dependente contínua. **Resultados:** Quando comparado ao método de fabricação, o grupo controle ( $117 \pm 7$  MPa) apresentou resistência superior às resinas impressas ( $105 \pm 22$  MPa) ( $p < 0,001$ ) e menor ocorrência de fraturas catastróficas ( $p < 0,001$ ). Entre os sistemas de impressão, o sistema aberto (PriZma) apresentou maior resistência à flexão ( $110 \pm 24$  MPa) em comparação ao sistema fechado (DMG) ( $99 \pm 18$  MPa) ( $p = 0,006$ ). Quanto à ocorrência de fraturas catastróficas, o sistema fechado (DMG) mostrou-se mais frágil do que o sistema aberto (PriZma) ( $p < 0,001$ ). O glaze aumentou significativamente a resistência à flexão das amostras glazeadas, com valores de  $113 \pm 18$  MPa com glaze e  $105 \pm 19$  MPa sem glaze ( $p < 0,001$ ). O envelhecimento artificial elevou a ocorrência de fraturas de 38% para 69% nas amostras testadas ( $p < 0,001$ ). Os grupos impressos apresentaram maior coeficiente de variação, sendo o sistema aberto (PriZma) de até 28,84% e o sistema fechado (DMG) de até 20,63%, enquanto o grupo controle apresentou menor dispersão, com até 6,97%. **Conclusão:** O desempenho mecânico das resinas é fortemente influenciado pelo método de fabricação e pelo envelhecimento. A padronização do sistema de impressão não garante melhor desempenho mecânico, enquanto o glaze aumenta a resistência à flexão das placas impressas.

Palavras-chave: Manufatura aditiva. Glazing. Envelhecimento.

## ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the influence of aging and glazing on the flexural strength of printed occlusal splints fabricated by digital manufacturing methods. **Materials and Methods:** A total of 180 bars (64 mm × 10 mm × 3.3 mm) were fabricated according to ISO 20795-1. The specimens were divided into 12 groups (n = 15): Milled resins / control: G1 (polished), G2 (polished and glazed), G3 (polished and aged), and G4 (polished, glazed, and aged); Open-system printed resins (PriZma): G5 (polished), G6 (polished and glazed), G7 (polished and aged), and G8 (polished, glazed, and aged); Closed-system printed resins (DMG): G9 (polished), G10 (polished and glazed), G11 (polished and aged), and G12 (polished, glazed, and aged). Specimens were subjected to a three-point bending test in a universal testing machine until fracture or plastic deformation, under displacement corresponding to the programmed maximum load. Shapiro–Wilk, Chi-square, and Wilcoxon tests were performed, considering manufacturing method, printing system, surface treatment, and aging as factors, and flexural strength as the continuous dependent variable. **Results:** When manufacturing methods were compared, the control group ( $117 \pm 7$  MPa) showed higher flexural strength than printed groups ( $105 \pm 22$  MPa) ( $p < 0.001$ ) and a lower occurrence of catastrophic fractures ( $p < 0.001$ ). Among printing systems, the open system (PriZma) presented higher flexural strength ( $110 \pm 24$  MPa) than the closed system (DMG) ( $99 \pm 18$  MPa) ( $p = 0.006$ ). Regarding catastrophic fracture occurrence, the closed system (DMG) was more brittle than the open system (PriZma) ( $p < 0.001$ ). Glazing significantly increased flexural strength, with glazed specimens showing  $113 \pm 18$  MPa compared with  $105 \pm 19$  MPa for non-glazed specimens ( $p < 0.001$ ). Artificial aging increased fracture occurrence from 38% to 69% ( $p < 0.001$ ). Printed groups exhibited higher coefficients of variation, reaching up to 28.84% for the open system and 20.63% for the closed system, whereas the control group showed lower dispersion, up to 6.97%. **Conclusion:** The mechanical performance of resins is strongly influenced by the manufacturing method and aging. Standardization of the printing system does not guarantee better mechanical performance, whereas glazing increases the flexural strength of printed occlusal splints.

Key-words: Additive manufacturing. Glazing. Aging.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>CONCLUSÃO GERAL.....</b>	<b>10</b>
	<b>REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A prevalência do bruxismo cêntrico ou excêntrico encontra-se em torno de 22% na população mundial (Zieliński; Pajak; Wójcicki, 2024). Portanto, a existência de um dispositivo que proteja os dentes contra o desgaste excessivo e alivie a dor relacionada à sobrecarga muscular torna-se cada vez mais importante como estratégia complementar no tratamento dessa disfunção. Por muitos anos as placas oclusais, que quando associadas a outras terapias para tratar as disfunções temporomandibulares proporcionam em cerca de 70% a 90% dos casos o alívio da dor em pacientes sintomáticos (Grymak et al., 2021), foram fabricadas manualmente, usando resina acrílica em pó e líquido. Porém, com o avanço da odontologia digital, novos materiais e métodos de fabricação passaram a ser utilizados (Huettig et al., 2017).

No entanto, como toda nova tecnologia, sua confecção precisa ainda ser suficientemente testada e aprimorada, pois os materiais devem apresentar resistência adequada para suportar uma força mastigatória de 500 a 800N, aproximadamente, em pacientes com atividade parafuncional (Wesemann et al., 2021). A resistência é uma característica mecânica crucial para os materiais odontológicos, pois assegura sua funcionalidade e durabilidade para suportar tensões, sem fraturar ou deformar permanentemente (Anusavice, 1998).

Atualmente as placas oclusais fresadas de PMMA, via sistema CAD/CAM, são consideradas padrão-ouro. Elas se destacam em razão de suas excelentes propriedades mecânicas, resultantes da estrutura homogênea obtida pela polimerização sob condições controladas (Guimarães et al., 2023). Apesar dessas vantagens, o alto custo dos equipamentos, o desperdício de material e o tempo prolongado de usinagem são desafios que limitam a produção em larga escala, incentivando a busca por alternativas como a manufatura aditiva (Benli; Al-Haj Husain; Ozcan, 2023; Grymak et al., 2021; Marcel; Reinhard; Andreas, 2020). Assim sendo, as placas oclusais confeccionadas pelo método digital aditivo têm recebido destaque na odontologia, por aliam o custo-benefício das placas convencionais à precisão da tecnologia 3D (Benli; Al-Haj Husain; Ozcan, 2023).

Os sistemas de impressão 3D podem ser classificados em abertos e fechados de acordo com o grau de liberdade oferecido ao operador. Nos sistemas abertos, é possível empregar resinas de diferentes fabricantes e ajustar parâmetros como tempo de exposição e intensidade de luz durante a impressão (Seidler et al., 2024). Por outro lado, nos sistemas fechados, a impressora opera com materiais e softwares do mesmo fabricante, seguindo protocolos previamente estabelecidos e validados, este último conta com sistemas automatizados, sendo menos suscetíveis a erros manuais (Orgev et al., 2022; Wulff et al., 2021). No entanto, ainda

que a manufatura aditiva pareça uma técnica promissora, estudos demonstram que os materiais utilizados ainda apresentam limitações nas propriedades mecânicas (Benli; Al-Haj Husain; Ozcan, 2023; Berli et al., 2020; Grymak et al., 2022).

Entre as estratégias investigadas para o aprimoramento das propriedades mecânicas de próteses produzidas por manufatura aditiva, destaca-se a aplicação de glaze em coroas totais provisórias e em bases de prótese impressas, conforme relatado por Nam, Hwangbo e Kim (2024) e Carneiro Pereira et al. (2024). De acordo com os autores, nas resinas avaliadas, o glaze apresentou potencial para promover maior homogeneidade superficial, com redução da rugosidade e melhoria da resistência mecânica (Almejrads et al., 2022). Apesar disso, até o momento, não é claro na literatura estudos disponíveis que investiguem, especificamente, as propriedades mecânicas dos materiais indicados para placas oclusais digitais, quando submetidos ao processo de glazeamento.

Diante desse conjunto de evidências, o objetivo deste estudo foi investigar, como a aplicação de glaze e a tecnologia de manufatura podem influenciar na resistência mecânica de placas oclusais, especialmente após protocolos de envelhecimento artificial. Hipótese nula 1 ( $H_{01}$ ): Não há diferença estatística entre os materiais, independentemente da tecnologia de manufatura empregada; Hipótese nula 2 ( $H_{02}$ ): Não há diferença estatística entre os materiais polidos e os revestidos com glaze.

## 2 CONCLUSÃO GERAL

Dentro das limitações deste estudo in vitro, pode-se concluir que:

- O processo de envelhecimento artificial promoveu aumento da suscetibilidade à fratura catastróficas, em todos os metodos de manufatura digital;
- A aplicação de glaze proporcionou melhorias nos valores de resistência à flexão em todos grupos glazeados em comparação aos que foram apenas polidos, entretanto não exerceu influência significativa na redução de fraturas catastróficas, sugerindo melhoras na resistência nas superfícies externas, sem interferência em possíveis irregularidades internas;
- A comparação entre resinas fresadas e impressas demonstrou diferenças estatisticamente significativas na ocorrência de fraturas e na resistência à flexão, indicando melhor desempenho mecânico do grupo controle;
- A maior precisão dimensional associada aos sistemas de impressão fechados não se correlacionou com desempenho mecânico superior;
- As resinas empregadas no sistema aberto de impressão apresentaram comportamento mecânico mais favorável, evidenciado por maiores valores de resistência à flexão e menor propensão a fraturas catastróficas.

## REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO

- Almejrads L, Yang CC, Morton D, Lin WS. The effects of beverages and surface treatments on the color stability of 3D-printed interim restorations. *J Prosthodont.* 2022;31:165-70.
- Anusavice KJ. *Phillips materiais dentários.* 10<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1998.
- Benli M, Al-Haj Husain N, Ozcan M. Mechanical and chemical characterization of contemporary occlusal splint materials fabricated with different methods: a systematic review. *Clin Oral Investig.* 2023 Dec;27(12):7115-41.
- Berli C, Thieringer FM, Sharma N, Müller JA, Dedem P, Fischer J, et al. Comparing the mechanical properties of pressed, milled, and 3D-printed resins for occlusal devices. *J Prosthet Dent.* 2020 Dec;124(6):780-6.
- Carneiro Pereira AL, Dos Santos Silva JP, Grangeiro MTV, de Medeiros AKB, Bottino MA, Barão VAR, et al. 3D-printed denture base resins: Glazing as an alternative to improve surface, mechanical, and microbiological properties. *J Prosthodont.* 2024 Dec 16.
- Grymak A, Aarts JM, Ma S, Waddell JN, Choi JJE. Comparison of hardness and polishability of various occlusal splint materials. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2021 Mar;115:104270.
- Grymak A, Aarts JM, Ma S, Waddell JN, Choi JJE. Wear Behavior of Occlusal Splint Materials Manufactured By Various Methods: A Systematic Review. *J Prosthodont.* 2022 Jul;31(6):472-87.
- Guimarães DM, Campaner M, Santos RW, Pesqueira AA, Medeiros RA. Evaluation of the mechanical properties of different materials for manufacturing occlusal splints. *Braz Oral Res.* 2023;37:e034.
- Huettig F, Kustermann A, Kuscu E, Geis-Gerstorfer J, Spintzyk S. Polishability and wear resistance of splint material for oral appliances produced with conventional, subtractive, and additive manufacturing. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2017 Nov;75:175-9.
- Marcel R, Reinhard H, Andreas K. Accuracy of CAD/CAM-fabricated bite splints: milling vs 3D printing. *Clin Oral Investig.* 2020 Dec;24(12):4607-15.
- Nam NE, Hwangbo NK, Kim JE. Effects of surface glazing on the mechanical and biological properties of 3D printed permanent dental resin materials. *J Prosthodont Res.* 2024 Apr 8;68(2):273-82.
- Orgev A, Levon JA, Chu TG, Morton D, Lin WS. The effects of manufacturing technologies on the surface accuracy of CAD-CAM occlusal splints. *J Prosthodont.* 2023 Oct;32(8):697-705.
- Seidler AS, de Melo LS, Limirio JPJO, Pesqueira AA, Hilgert LA, de Medeiros RA. Comparison of mechanical properties of 3D printer resins for occlusal splints using different models of 3D printers. *J Clin Exp Dent.* 2024 Sep 1;16(9):e1067-71.

Wesemann C, Spies BC, Sterzenbach G, Beuer F, Kohal R, Wemken G, et al. Polymers for conventional, subtractive, and additive manufacturing of occlusal devices differ in hardness and a flexão properties but not in wear resistance. *Dent Mater.* 2021 Mar;37(3):432-42.

Wulff J, Schmid A, Huber C, Rosentritt M. Dynamic fatigue of 3D-printed splint materials. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2021 Dec;124:104885.

Zieliński G, Pająk A, Wójcicki M. Global Prevalence of Sleep Bruxism and Awake Bruxism in Pediatric and Adult Populations: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med.* 2024 Jul 22;13(14):4259.