

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 14/02/2025.



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Marcela Dantas Dias da Silva

**Propriedades mecânicas, físicas e microbiológicas de materiais para base
protética e dentes artificiais utilizados na técnica de impressão 3D**

Araraquara

2023



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Marcela Dantas Dias da Silva

**Propriedades mecânicas, físicas e microbiológicas de materiais para base
protética e dentes artificiais utilizados na técnica de impressão 3D**

Tese apresentada à Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara para obtenção de título de Doutor em Reabilitação Oral, na Área de Prótese.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Carolina Pero
Coorientador: Prof. Dr. Raphael Freitas de Souza

Araraquara

2023

S586p

Silva, Marcela Dantas Dias da

Propriedades mecânicas, físicas e microbiológicas de materiais para base protética e dentes artificiais utilizados na técnica de impressão 3D / Marcela Dantas Dias da Silva. -- Araraquara, 2023

74 f. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Odontologia, Araraquara

Orientadora: Ana Carolina Pero

Coorientador: Raphael Freitas de Souza

1. Impressão tridimensional. 2. Bases de dentadura. 3. Dente artificial. 4. Placa dentária. 5. Escovação dentária. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Odontologia, Araraquara. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Marcela Dantas Dias da Silva

**Propriedades mecânicas, físicas e microbiológicas de materiais para base
protética e dentes artificiais utilizados na técnica de impressão 3D**

Comissão julgadora

Tese para obtenção do grau de Doutor em Reabilitação Oral

Presidente e orientadora: Profa. Dra. Ana Carolina Pero

2º Examinador: Prof. Dr. Francisco de Assis Mollo Júnior

3º Examinador: Prof. Dra. Carolina Noronha Ferraz de Arruda

4º Examinador: Profa. Dra. Cláudia Helena Silva Lovato

Araraquara, 14 de fevereiro de 2023

DADOS CURRICULARES

Marcela Dantas Dias da Silva

NASCIMENTO: 03/01/1991 – Salvador – Bahia

FILIAÇÃO: Paulo Vianna Dias da Silva
Ana Adelaide Dantas Dias da Silva

2009 – 2014 Graduação em Odontologia pela Universidade Federal da Bahia, UFBA, Brasil.

2014 – 2016 Curso de Especialização em Prótese Dentária, Faculdade Mozarteum de São Paulo, FAMOSP, Brasil.

2017 – 2019 Pós-graduação em Reabilitação Oral – Área de Prótese, curso de Mestrado da Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil.

2019 – 2023 Pós-graduação em Reabilitação Oral – Área de Prótese, curso de Doutorado da Faculdade de Odontologia de Araraquara, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil.

Dedico este trabalho,

Aos meus pais Paulo e Ana Adelaide

Que sempre me ensinaram a voar mais alto, mesmo com os tombos e que me deram um solo firme e seguro para pousar sempre que necessário. Obrigada por apoiarem nas minhas decisões, por se fazerem presentes na distância e acompanhar o passo a passo de cada conquista na minha vida. Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

Agradeço

À Deus

Por não soltar a minha mão nos momentos que pensei em desistir. Pela fé que eu deposito em dias melhores e por cuidar de mim durante toda essa caminhada que é a vida.

À Rodrigo

Por ter compartilhado esse processo comigo durante esses seis anos, a maior parte dele a distancia fisicamente. Hoje temos uma relação mais consolidada e forte após tantas histórias e momentos vividos. Obrigada pela amizade, carinho e amor.

Ao meu irmão Renato

Pelo exemplo de dedicação profissional e na paternidade que me inspiram a ser sempre melhor.

À minha orientadora Profa. Dra. Ana Carolina Pero

Pelo acolhimento durante toda a pós-graduação e pela paciência principalmente durante a pandemia e no meu ingresso a Marinha. Tive uma tremenda sorte no dia 29 de novembro de 2016 em ser escolhida por essa professora tão especial para trilhar essa jornada de seis anos juntas. Hoje finalizo essa etapa muito agradecida por sua amizade e pela forma leve que você tornou esse período da minha vida.

Aos amigos da Pós-Graduação, em especial a Thaís, Luciana, Déborah e Renato

Normalmente nos momentos de dificuldades que encontramos verdadeiros anjos em nossas vidas. Obrigada pela companhia e por me colocarem dentro da casa de vocês até em reuniões familiares. A amizade de vocês é um presente que quero levar para a vida inteira.

Aos colegas do grupo de pesquisa: Vivian, Hamile, Thaís e Sabrina.

Pelo companheirismo durante os estudos e trabalhos. Pela ajuda nos momentos em que os prazos e os horários dos experimentos eram apertados. Obrigada pela convivência diária, foi muito gratificante trabalhar com vocês.

Aos professores da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP

Obrigada pelos ensinamentos transmitidos durante este período, pela atenção e disponibilidade em ajudar. Obrigada também pela convivência amigável.

Aos funcionários da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP

Pelo convívio, respeito e por todos os serviços prestados.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior): O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“A ciência nunca resolve um problema sem criar pelo menos outros dez.”
George Bernard Shaw*

*Shaw and Einstein Speeches. The New York Times; 1930.

Silva MDD. Propriedades mecânicas, físicas e microbiológicas de materiais para base protética e dentes artificiais utilizados na técnica de impressão 3D [tese de doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2023.

RESUMO

A confecção de próteses removíveis atualmente compreende a utilização de novas resinas e tecnologias por meio de impressão 3D, o que representa uma técnica inovadora. A impressão por projeção de luz digital (DLP) é um método de fabricação digital aditiva ágil e com um aumento gradativo de aplicação na odontologia. A investigação das propriedades de diferentes resinas para próteses removíveis digitais/impressão 3D pelo método DLP é necessária para consolidar sua aplicação clínica, sendo compreendidas suas vantagens e limitações frente aos materiais convencionais. O objetivo dos estudos foi: (I) avaliar propriedades de superfície e adesão/formação de biofilme por *Candida albicans* em resinas à base de próteses usadas em impressão DLP; (II) avaliar a resistência à abrasão e rugosidade de superfície de resinas impressas em DLP após escovação simulada, representando até cinco anos de uso de próteses. Três resinas de base [NextDent Denture 3D+, Cosmos Denture, Lucitone 550 (controle)] foram avaliadas em ambos estudos (I e II) e duas resinas de dentes [Cosmos TEMP e Duralay 62 (controle)] foram avaliadas apenas no estudo II. No estudo I, os espécimes foram analisados quanto a rugosidade de superfície (Ra), energia livre de superfície (erg cm^{-2}) e ensaios microbiológicos (Contagem de colônias, metabolismo celular e análise por microscopia confocal a laser) de adesão e formação de biofilme por *C. albicans*. No estudo II, foram avaliadas a perda de massa (g) e rugosidade de superfície (Ra e Rz, em μm) em espécimes submetidos à escovação in vitro por períodos que representam seis meses, 1, 3 e 5 anos. Os dados foram analisados por meio de testes paramétricos e não paramétricos ($\alpha=0,05$). No estudo I, Lucitone 550 apresentou maior rugosidade de superfície que NextDent Denture 3D+, mas ambos foram semelhantes ao Cosmos Denture. Lucitone 550 apresentou menor energia livre de superfície que Cosmos Denture e NextDent Denture 3D+. As resinas Cosmos Denture e NextDent Denture 3D+ apresentaram maior colonização e metabolismo celular por *C. albicans* do que Lucitone 550 nos períodos de 90 min e 48 horas. No estudo II, todas resinas impressas 3D apresentaram menor perda de peso do que as resinas dos grupos controle, independentemente do período, embora todas as resinas tenham perdido peso ao longo do tempo. Ra para Cosmos Denture e NextDent Denture 3D+ aumentou significativamente apenas após 3 anos de escovação, enquanto Cosmos TEMP aumentou apenas após 5 anos. Rz permaneceu semelhante a Cosmos Denture e Cosmos TEMP mesmo após 5 anos de escovação, mas aumentou para NextDent Denture 3D+ após 3 anos. Lucitone 550 apresentou maiores Ra e Rz para todos os períodos em relação à NextDent Denture 3D+ e Cosmos Denture. Para Duralay 62 e Cosmos TEMP, Ra e Rz mostraram diferença somente após 3 anos de escovação. Pode-se concluir que as resinas de base de próteses impressas em 3D são mais propensas à colonização por *C. albicans*, e que sua energia livre de superfície está diretamente associada a essa colonização. Além disso, bases de próteses impressas em DLP e resinas de dentes artificiais apresentam maior resistência à abrasão à escovação do que os materiais convencionais.

Palavras chave: Impressão tridimensional. Bases de dentadura. Dente artificial. Placa dentária. Escovação dentária.

Silva MDD. Mechanical, physical and microbiological properties of materials for denture base and artificial teeth used in the 3D printing technique [tese de doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2023.

ABSTRACT

The manufacture of removable dentures currently comprises the use of new resins and technologies through 3D printing, which represents an innovative technique. Digital Light Projection (DLP) printing is agile additive digital fabrication method with a gradual increase application in dentistry. The investigation of the properties of different resins for 3D printing removable dentures by the DLP method is necessary to consolidate their clinical application, understanding their advantages and limitations in relation to conventional materials. The objectives of the studies carried out were: (I) to evaluate the surface properties and adhesion/biofilm formation by *Candida albicans* on denture-base resins used in DLP printing; (II) to evaluate the abrasion resistance and surface roughness of resins printed on DLP after simulated brushing, representing up to five years of denture use. Three base resins [NextDent Denture 3D+, Cosmos Denture, Lucitone 550 (control)] were evaluated in both studies (I and II) and two dental resins [Cosmos TEMP and Duralay 62 (control)] were evaluated in study II only. In study I, specimens were analyzed for surface roughness (Ra), surface free energy (erg cm⁻²) and microbiological assays (Colony count, cellular metabolism and confocal laser microscopy analysis) of adhesion and biofilm formation by *C. albicans*. In study II, weight loss (g) and surface roughness (Ra and Rz, in µm) were evaluated in specimens submitted to in vitro brushing for periods of six months, 1, 3 and 5 years. Data were analyzed using parametric and non-parametric tests ($\alpha=0.05$). In study I, Lucitone 550 showed higher surface roughness than NextDent Denture 3D+, but both were similar to Cosmos Denture. Lucitone 550 had lower surface free energy than Cosmos Denture and NextDent Denture 3D+. The resins Cosmos Denture and NextDent Denture 3D+ showed greater colonization and cellular metabolism by *C. albicans* than Lucitone 550 in the periods of 90 min and 48 hours. In Study II, all 3D-printed resins showed less weight loss than resins in the control groups, regardless of time period, although all resins lost weight over time. Ra for Cosmos Denture and NextDent Denture 3D+ increased significantly only after 3 years of brushing, while Cosmos TEMP only increased after 5 years. Rz remained similar to Cosmos Denture and Cosmos TEMP even after 5 years of brushing, but increased to NextDent Denture 3D+ after 3 years. Lucitone 550 showed higher Ra and Rz for all periods compared to NextDent Denture 3D+ and Cosmos Denture. For Duralay 62 and Cosmos TEMP, Ra and Rz showed a difference only after 3 years of brushing. It can be concluded that 3D-printed denture base resins are more prone to colonization by *C. albicans*, and that their surface free energy is directly associated with this colonization. In addition, denture bases printed on DLP and artificial tooth resins have greater resistance to brushing abrasion than conventional materials.

Keywords: Printing, three-dimensional. Denture bases. Tooth, artificial. Dental plaque. Toothbrushing.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 PROPOSIÇÃO	15
3 PUBLICAÇÕES	16
3.1 Artigo 1	16
3.2 Artigo 2	36
4 DISCUSSÃO	50
5 CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS	53
APÊNDICES	56
ANEXO	74

1 INTRODUÇÃO

Os materiais para confecção de próteses removíveis estão em constante evolução, partindo dos primórdios com a utilização de vulcanite e celuloide, chegando a diferentes polímeros termoativados. Dentre estes, destacam-se os materiais a base de ácido acrílico e derivados, como o poli (metil) metacrilato (PMMA), amplamente utilizado na confecção de próteses removíveis desde 1932¹. Ao decorrer dos anos notou-se algumas desvantagens inerentes ao próprio material do PMMA, como a baixa resistência mecânica e ao desgaste, baixa condutividade térmica, porosidade, baixa estabilidade dimensional, solubilidade (lixiviação do material) e susceptibilidade à absorção de fluidos e corantes provenientes do meio bucal, comprometendo a estética²⁻⁴. Materiais restauradores estão sujeitos à biodegradação em ambiente bucal devido a fatores como: hidrólise e enzimas salivares, fadiga devido a cargas repetitivas durante a mastigação, bem como mudanças térmicas e químicas da dieta alimentar⁵. A biodegradação da resina acrílica PMMA pode consequentemente levar à liberação de monômeros residuais ou aditivos tóxicos na cavidade oral, como também causar mudanças das propriedades físicas e mecânicas desses materiais⁵.

Além disso, a confecção de próteses removíveis a base de PMMA pela técnica convencional envolve uma série de procedimentos clínicos e laboratoriais, o que demanda tempo e custos adicionais invariavelmente repassados para o paciente. Por isso, além da constante busca por um material com melhores propriedades, a necessidade dos profissionais em simplificar a técnica convencional de confecção de próteses removíveis foi relatada em estudos anteriores⁶⁻⁸ para diminuição de custos diretos e indiretos, sem que houvesse uma desvantagem para os pacientes, em relação à aqueles em que a técnica completa de confecção é utilizada⁶⁻⁸.

Com o avanço da tecnologia “Computer Aided Design, Computer Aided Manufacture” conhecida como CAD/CAM, novos métodos de confecção de próteses removíveis através da fabricação digital subtrativa (fresagem) e fabricação digital aditiva (impressão 3D) impactaram a odontologia principalmente nas áreas de prótese dentária e odontologia restauradora⁹. Estes métodos de confecção digitais consistem, na grande maioria das vezes, em apenas duas etapas clínicas: em uma primeira consulta são coletados dados sobre moldagens, relações maxilomandibulares e seleção de dentes; e a segunda consulta para instalação e ajustes¹⁰. Além da eliminação de alguns passos clínicos, apresentam benefícios de custos, hora clínica,

arquivamento digital dos dados da prótese, eliminação de problemas relacionados a moldagens convencionais, maior conforto ao paciente, avaliação e ajustes prévios das imagens digitalizadas e melhor selamento marginal, em relação as próteses convencionais⁹.

A fabricação digital aditiva ou impressão 3D ou tecnologia de prototipagem rápida, destaca-se devido a reprodução mais detalhada; mais econômica que a técnica da fresagem; maior produção em massa (maior número de unidades); consegue produzir objetos maiores (ex: prótese facial); melhor produção passiva (sem aplicação de força); pode reproduzir formas complexas sem exigir ferramenta de corte especial; opções de geometria ilimitadas; mais rápida que a técnica da fresagem e imprime exatamente como projetado sem desperdício⁹.

Desde o ano de 2019, é possível notar uma quantidade crescente de estudos indexados ao PubMed, aproximadamente 200 publicações, avaliando a técnica e propriedades de resinas utilizadas na impressão 3D para próteses removíveis parciais e totais através do uso do descritor “3D-printing” adicionado ao descritor “Dentures”. No entanto, em 2015 Chen et al.¹¹ já chamaram a atenção para um novo paradigma no uso do CAD/CAM na odontologia otimizando o uso da fabricação aditiva, através de um estudo in vitro com elementos finitos¹¹.

Pouco se sabe sobre a composição das resinas utilizadas na impressão 3D, devido a patente envolvida. Nos websites da Yller Biomaterials* abrange-se a composição como oligômeros, monômeros, fotoiniciadores, estabilizante e pigmento. A bula disponível no website da NextDent** chama atenção apenas para os compostos perigosos durante a produção das próteses dentárias que são: metacrilato 2-hidroxietílico e óxido de difenil(2,4,6-trimetilbenzoil)-fosfatina.

As primeiras impressoras 3D conhecidas como “stereolithography” (SLA) foram inventadas por Charles Hull em 1983¹². A tecnologia do SLA usa um laser ultravioleta (UV) na polimerização de camadas que variam de 15 a 150µm, para isso o laser é direcionado a dois espelhos chamados de galvanômetro que orientam o feixe de laser preciso para o reservatório onde as resinas sensíveis aos raios UV são depositadas, para solidificar a camada através de uma varredura^{13,14}. Em seguida, a plataforma de construção se move uma distância equivalente à espessura de uma camada, e a

* Cf. <https://www.yller.com.br/bulas/cosmos-denture/>,
<https://www.yller.com.br/bulas/cosmos-temp/>

** Cf. <https://nextdent.com/products/denture-3dplus/>

resina não polimerizada recobre a camada anterior e esse processo se perpetua até a construção do objeto pretendido^{13,14}. Nos últimos 4 anos, propriedades de resinas impressas por meio da técnica de SLA são relatadas na literatura, como: resistência a flexão 3 pontos^{15,16}, módulo de elasticidade¹⁶, dureza^{15,16} e adesão de *Candida albicans*¹⁷, resistência ao desgaste com antagonistas de zircônia/metál^{18,19}, temperatura de pós-cura²⁰, união de dente artificial e base de dentadura²¹, resistência de união na tração de materiais de reembasamento de próteses removíveis duras e macias²², resistência a flexão, impacto, dureza e rugosidade de superfície após envelhecimento de um ano²³, rugosidade de superfície de resinas após envelhecimento por ciclagem térmica, escovação mecânica e imersão em bebidas²⁴, estabilidade de cor de dentes após imersão em diferentes agentes de coloração²⁵, propriedades mecânicas, características de superfície e adesão microbiana variando as orientações de impressão²⁶.

Outro tipo de impressora que está sendo extensamente utilizada na odontologia é a “digital light projection” (DLP). Esta consiste em uma fonte de luz do tipo LED de alta potência que se projetam em um arranjo retangular de espelhos, chamado de dispositivo microrrefletor digital^{14,27}. Cada espelho representa um pixel e a resolução da imagem projetada depende do número de espelhos. A luz emitida pela fonte de luz é refratada pelo microespelho e então projetada na superfície para ser impressa como um pixel¹⁴. A capacidade de fotopolimerizar simultaneamente qualquer parte selecionada de todo o espaço de trabalho x/y simultaneamente, torna a técnica DLP mais rápida em relação ao tempo de ciclos de polimerização das camadas em relação a SLA²⁷.

Estudos mais recentes iniciaram uma investigação das propriedades das resinas impressas em DLP tecnologia. Investigações quanto: efeito do tempo de pós-polimerização na resistência à flexão, o módulo de elasticidade e a dureza da superfície¹⁶; o efeito da pós-polimerização em diferentes dispositivos nas propriedades de resistência à flexão, módulo de elasticidade, tenacidade à fratura, trabalho de fratura, sorção em água e solubilidade em água²⁸; a biocompatibilidade, propriedades mecânicas e rugosidade de superfície de resinas para próteses totais²⁹; comparação quanto a resistência de flexão, módulo de elasticidade e dureza de uma mesma resina impressa em tecnologia DLP e SLA²⁹; a estabilidade de cor utilizando diferentes tratamentos de superfície de dentes artificiais impressos³⁰; ao tratamento de superfície para reparo de prótese³¹, a adesão de *C. albicans* e adsorção de

mucina³²; a liberação de monômero residual³³, adesão de compósitos de caracterização³⁴; a rugosidade de superfície e brilho após acabamento e polimento³⁵; a sorção de água, solubilidade e translucidez de resinas impressas em tecnologia DLP e SLA³⁶; as propriedades ópticas, dureza Vickers, e rugosidade de superfície de dentes de próteses após um envelhecimento de 24 meses e exposição a bebidas e um limpador de prótese³⁷; a resistência de união ao cisalhamento entre o dente artificial e base da prótese³⁸; a adesão de *C. albicans* em diferentes ângulo de construção de resinas impressas em tecnologia DLP e SLA³⁹.

Uma crescente avaliação das propriedades das resinas impressas através da tecnologia DLP pode ser observada na literatura devido à importância que esse material tem para a odontologia quanto a sustentabilidade com menor desperdício de material e menores custos, maior conforto e agilidade de confecção das próteses removíveis para o profissional e para o paciente. Sendo assim, é fundamental que se caracterize essas resinas frente aos materiais tradicionalmente usados com mesma indicação, a fim de se estimar seu desempenho.

As hipóteses nulas dos estudos foram: (a) As resinas seriam semelhantes independentemente do período de incubação (adesão ou formação de biofilme) e tipo de resina para base protética, em relação às seguintes variáveis: contagem de colônias e metabolismo de *C. albicans*, rugosidade e energia livre de superfície; (b) Não haveria diferença na rugosidade de superfície e no peso dos espécimes influenciado pelo período de escovação artificial simulada e o tipo de resina (impressa 3D DLP e convencional).

5 CONCLUSÃO

Apesar das limitações dos estudos *in vitro* realizados, pode-se concluir que:

- a) As resinas utilizadas em impressão 3D (Cosmos Denture e NextDent Denture 3D+) são ligeiramente mais propensas à colonização por *C. albicans* do que uma resina convencional de base protética polimerizada por calor. Considerando que a energia livre de superfície das resinas foi um fator importante por trás desses achados, diferenças na rugosidade de sua superfície não foram associadas à colonização microbiana.
- b) As resinas utilizadas em impressão 3D DLP para base de prótese e dentes artificiais apresentam maior resistência à abrasão e manutenção da rugosidade da superfície do que as resinas PMMA convencionais após diferentes períodos de escovação. Os materiais utilizados em impressão 3D avaliados neste estudo mostraram propriedades de superfície mais estáveis do que as resinas convencionais, mesmo após 5 anos de escovação simulada.

REFERÊNCIAS*

1. Rueggeberg FA. From vulcanite to vinyl, a history of resins in restorative dentistry. *J Prosthet Dent*. 2002; 87(4): 364–79.
2. Alhareb AO, Akil HM, Ahmad ZA. PMMA denture base composites reinforced by nitrile rubber and ceramic fillers. *Polym Polym Compos*. 2016; 24(1): 71–80.
3. Straioto FG, Ricomini Filho AP, Fernandes Neto AJ, Del Bel Cury AA. Polytetrafluorethylene added to acrylic resins: mechanical properties. *Braz Dent J*. 2010; 21(1): 55–9.
4. Pero AC, Barbosa DB, Marra J, Ruvolo-Filho AC, Compagnoni MA. Influence of microwave polymerization method and thickness on porosity of acrylic resin. *J Prosthodont*. 2008; 17(2): 125–9.
5. Bettencourt AF, Neves CB, de Almeida MS, Pinheiro LM, Oliveira SA, Lopes LP et al. Biodegradation of acrylic based resins: a review. *Dent Mater*. 2010; 26(5): e171-80.
6. Regis RR, Cunha TR, Della Vecchia MP, Ribeiro AB, Silva-Lovato CH, de Souza RF. A randomised trial of a simplified method for complete denture fabrication: patient perception and quality. *J Oral Rehabil*. 2013; 40(7): 535–45.
7. Vecchia MP Della, Regis RR, Cunha TR, de Andrade IM, da Matta JCS, de Souza RF. A randomized trial on simplified and conventional methods for complete denture fabrication: cost analysis. *J Prosthodont*. 2014; 23(3): 182–91.
8. Cunha TR, Della Vecchia MP, Regis RR, Ribeiro AB, Muglia VA, Mestriner WJ et al. A randomised trial on simplified and conventional methods for complete denture fabrication: masticatory performance and ability. *J Dent*. 2013; 41(2): 133–42.
9. Alghazzawi TF. Advancements in CAD/CAM technology: options for practical implementation. *J Prosthodont Res*. 2016; 60(2): 72–84.
10. Bidra AS, Taylor TD, Agar JR. Computer-aided technology for fabricating complete dentures: systematic review of historical background, current status, and future perspectives. *J Prosthet Dent*. 2013; 109(6): 361–6.
11. Chen J, Ahmad R, Suenaga H, Li W, Sasaki K, Swain M et al. Shape optimization for additive manufacturing of removable partial dentures: a new paradigm for prosthetic CAD/CAM. *PloS one*. 2015; 10(7): e0132552.
12. Zaharia C, Gabor A, Gavrilovici A-M, Stan A, Idrasi L, Sinescu C et al. Digital dentistry: 3D printing applications. *J Interdiscip Med*. 2017; 2(1): 50-3.
13. Lin L, Fang Y, Liao Y, Chen G, Gao C, Zhu P. 3D printing and digital processing techniques in dentistry: a review of literature. *Adv Eng Mater*. 2019; 21(6): 1801013.

* De acordo com o Guia de Trabalhos Acadêmicos da FOAr, adaptado das Normas Vancouver. Disponível no site da Biblioteca: <http://www.foar.unesp.br/Home/Biblioteca/guia-de-normalizacao-atualizado.pdf>

14. Tian Y, Chen C, Xu X, Wang J, Hou X, Li K et al. A review of 3D printing in dentistry: technologies, affecting factors, and applications. *Scanning*. 2021; 2021: 9950131. [acesso 2022 dez 10] Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2021/9950131>.
15. Prpić V, Schauperl Z, Ćatić A, Dulčić N, Čimić S. Comparison of mechanical properties of 3D-printed, CAD/CAM, and conventional denture base materials. *J Prosthodont*. 2020; 29(6): 524–8.
16. Fouda SM, Gad MM, Abualsaud R, Ellakany P, AlRumaih HS, Khan SQ et al. Flexural properties and hardness of CAD-CAM denture base materials. *J Prosthodont*. 2022 May 14. doi: 10.1111/jopr.13535.
17. Di Fiore A, Meneghello R, Brun P, Rosso S, Gattazzo A, Stellini E et al. Comparison of the flexural and surface properties of milled, 3D-printed, and heat polymerized PMMA resins for denture bases: an in vitro study. *J Prosthodont Res*. 2021; 66(3): 502-8.
18. Cha H-S, Park J-M, Kim T-H, Lee J-H. Wear resistance of 3D-printed denture tooth resin opposing zirconia and metal antagonists. *J Prosthet Dent*. 2020; 124(3): 387–94.
19. Pham DM, Gonzalez MD, Ontiveros JC, Kasper FK, Frey GN, Belles DM. Wear resistance of 3D printed and prefabricated denture teeth opposing zirconia. *J Prosthodont*. 2021; 30(9): 804–10.
20. Bayarsaikhan E, Lim J-H, Shin S-H, Park K-H, Park Y-B, Lee J-H et al. Effects of postcuring temperature on the mechanical properties and biocompatibility of three-dimensional printed dental resin material. *Polymers*. 2021; 13(8): 1180.
21. Choi JJE, Uy CE, Plaksina P, Ramani RS, Ganjigatti R, Waddell JN. Bond strength of denture teeth to heat-cured, CAD/CAM and 3D printed denture acrylics. *J Prosthodont*. 2020; 29(5): 415-21.
22. Awad AN, Cho S-H, Kesterke MJ, Chen J-H. Comparison of tensile bond strength of denture relined materials on denture bases fabricated with CAD-CAM technology. *J Prosthet Dent*. 2021; S0022-3913(21): 00365-6.
23. Gad MM, Fouda SM, Abualsaud R, Alshahrani FA, Al-Thobity AM, Khan SQ et al. Strength and surface properties of a 3D-printed denture base polymer. *J Prosthodont*. 2022; 31(5): 412–8.
24. Alfouzan AF, Alotiabi HM, Labban N, Al-Otaibi HN, Al Taweel SM, AlShehri HA. Effect of aging and mechanical brushing on surface roughness of 3D printed denture resins: a profilometer and scanning electron microscopy analysis. *Technol Health Care*. 2022; 30(1): 161–73.
25. Dimitrova M, Chuchulska B, Zlatev S, Kazakova R. Colour stability of 3D-printed and prefabricated denture teeth after immersion in different colouring agents: an in vitro study. *Polymers*. 2022; 14(15): 3125.
26. Shim JS, Kim J-E, Jeong SH, Choi YJ, Ryu JJ. Printing accuracy, mechanical properties, surface characteristics, and microbial adhesion of 3D-printed resins with various printing orientations. *J Prosthet Dent*. 2020; 124(4): 468–75.

27. Stansbury JW, Idacavage MJ. 3D printing with polymers: challenges among expanding options and opportunities. *Dent Mater*. 2016; 32(1): 54–64.
28. Perea-Lowery L, Gibreel M, Vallittu PK, Lassila L V. 3D-printed vs. heat-polymerizing and autopolymerizing denture base acrylic resins. *Materials (Basel)*. 2021; 14(19): 5781.
29. Srinivasan M, Kalberer N, Kamnoedboon P, Mekki M, Durual S, Özcan M et al. CAD-CAM complete denture resins: an evaluation of biocompatibility, mechanical properties, and surface characteristics. *J Dent*. 2021 Nov; 114: 103785.
30. Yao Q, Morton D, Eckert GJ, Lin W-S. The effect of surface treatments on the color stability of CAD-CAM interim fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent*. 2021; 126(2): 248–53.
31. Li P, Krämer-Fernandez P, Klink A, Xu Y, Spintzyk S. Repairability of a 3D printed denture base polymer: effects of surface treatment and artificial aging on the shear bond strength. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2021 Feb; 114: 104227.
32. Meirowitz A, Rahmanov A, Shlomo E, Zelikman H, Dolev E, Sterer N. Effect of denture base fabrication technique on *Candida albicans* adhesion in vitro. *Materials (Basel)*. 2021; 14(1): 221.
33. Srinivasan M, Chien EC, Kalberer N, Alambiaga Caravaca AM, Castelleno AL, Kamnoedboon P et al. Analysis of the residual monomer content in milled and 3D-printed removable CAD-CAM complete dentures: an in vitro study. *J Dent*. 2022 May; 120: 104094.
34. Choi JJE, Ramani RS, Ganjigatti R, Uy CE, Plaksina P, Waddell JN. Adhesion of denture characterizing composites to heat-cured, CAD/CAM and 3D printed denture base resins. *J Prosthodont*. 2021; 30(1): 83–90.
35. Kraemer Fernandez P, Unkovskiy A, Benkendorff V, Klink A, Spintzyk S. Surface characteristics of milled and 3D printed denture base materials following polishing and coating: an in-vitro study. *Materials (Basel)*. 2020; 13(15): 3305.
36. Gad MM, Alshehri SZ, Alhamid SA, Albarrak A, Khan SQ, Alshahrani FA et al. Water sorption, solubility, and translucency of 3D-printed denture base resins. *Dent J*. 2022; 10(3): 42.
37. Tieh MT, Waddell JN, Choi JJE. Optical and mechanical properties of conventional, milled and 3D-printed denture teeth. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2022 Feb; 126: 105061.
38. Cleto MP, Silva MDD, Nunes TSBS, Viotto HEC, Coelho SRG, Pero AC. Evaluation of shear bond strength between denture teeth and 3D-printed denture base resin. *J Prosthodont*. 2022 May 24. doi: 10.1111/jopr.13527
39. Li P, Fernandez PK, Spintzyk S, Schmidt F, Beuer F, Unkovskiy A. Effect of additive manufacturing method and build angle on surface characteristics and *Candida albicans* adhesion to 3D printed denture base polymers. *J Dent*. 2022 Jan; 116: 103889.