

**PLACAS OCLUSAIS CAD-CAM: DO PLANEJAMENTO À MANUFATURA:  
REVISÃO DE LITERATURA**

**CAD-CAM OCCLUSAL SPLINTS: FROM DESIGN UNTIL MANUFACTURING:  
LITERATURE REVIEW**

Júlia Gontijo Araújo<sup>1</sup>  
Cássio de Barros Pontes<sup>2</sup>  
Lívia Maria Sales Pinto Fiamengui<sup>3</sup>  
Karina Matthes de Freitas Pontes<sup>4</sup>

**RESUMO**

Objetivo: Placas oclusais geralmente são a primeira opção para controle das consequências do bruxismo do sono ou de sintomas de alguns tipos de disfunções temporomandibulares, por serem conservadoras, de baixo custo e reversíveis. A digitalização do seu processo de confecção promete melhorar sua qualidade. Este estudo realizou uma revisão de literatura sobre propriedades e características de placas oclusais confeccionadas por métodos digitais de desenho e manufatura. Revisão de Literatura: Foram realizadas buscas na base de dados PubMed nos últimos cinco anos, com os descritores: “*Occlusal Splints*”, “*3D Printing*” e variações, “*Additive Manufacturing*”, “*Stereolithography*”, “*Computer-aided Design*”, “*Stress, Mechanical*”, “*Materials*”, resultando em 151 títulos. Destes, 53 foram selecionados para leitura dos resumos. Posterior à exclusão dos artigos repetidos, dos inacessíveis, dos que não se enquadraram aos critérios de inclusão, permaneceram 15. Após a

---

<sup>1</sup> Cirurgiã-dentista, graduada pela Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem, Universidade Federal do Ceará, [juliagontijo@alu.ufc.br](mailto:juliagontijo@alu.ufc.br)

<sup>2</sup> Doutor, pela Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Coordenador de Cursos de Especialização em Prótese Dentária e Implantodontia na Academia Cearense de Odontologia, [clinicapontes@gmail.com](mailto:clinicapontes@gmail.com)

<sup>3</sup> Doutora, pela Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, Professora Adjunta do Departamento de Odontologia Restauradora, Membro Permanente do Programa de Pós-graduação em Odontologia, da Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem, Universidade Federal do Ceará, [liviamsfp@ufc.br](mailto:liviamsfp@ufc.br)

<sup>4</sup> Doutora, pela Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Professora Associada do Departamento de Odontologia Restauradora, Membro Permanente do Programa de Pósgraduação em Odontologia, da Faculdade de Farmácia, Odontologia e Enfermagem, Universidade Federal do Ceará, [karinapontes@ufc.br](mailto:karinapontes@ufc.br)

leitura na íntegra dos 15 artigos, 10 foram mantidos. Foi verificado que, em relação à acurácia, as placas fresadas apresentaram boa exatidão e precisão e as placas impressas 3D horizontalmente apresentaram melhor exatidão que as impressas

verticalmente. Quanto à resistência ao desgaste, placas impressas com menor espessura de camadas apresentaram maior dureza. Placas oclusais fresadas apresentaram resistência flexural e à fratura superiores às impressas e produzidas convencionalmente. Além disso, foi constatado que placas confeccionadas digitalmente apresentaram bom acabamento superficial, biocompatibilidade e satisfação dos pacientes. Considerações Finais: O uso de tecnologias digitais para confecção de placas oclusais mostrou-se promissor. No entanto, são necessários mais estudos sobre os materiais utilizados com essa finalidade e acompanhamento da performance clínica destes dispositivos.

Palavras-chave: Placas oclusais. Impressão em 3D. Desenho assistido por computador

## **INTRODUÇÃO**

Segundo a definição publicada pelo Consenso Internacional sobre Bruxismo, em 2018, o Bruxismo do Sono (BS) é uma atividade muscular mastigatória durante o sono, que é caracterizada como rítmica (fásica) ou não rítmica (tônica) e não é um distúrbio do movimento ou do sono em indivíduos saudáveis. Sua etiologia ainda não é totalmente esclarecida, porém vários são os fatores de risco associados, tais como: idade, tabaco, álcool, cafeína, ansiedade, estresse, transtornos psiquiátricos e do sono, drogas e disfunções temporomandibulares (Lobbezzo et al.1, 2018; Macedo2, 2008).

O diagnóstico provável do bruxismo do sono é feito através de anamnese e exame clínico, quando o cirurgião-dentista (CD) ouve relatos de dor ou tensões musculares na face ao acordar, podendo observar hipertrofia do músculo masseter e desgastes dentários. O bruxismo do sono ainda não tem cura, porém o tratamento mais aceito atualmente são as placas oclusais estabilizadoras lisas, que ajudam a conter os possíveis danos consequentes (Macedo2, 2008). São dispositivos removíveis que proporcionam uma estabilidade oclusal, com contatos dentais bilaterais e simultâneos, recriando também uma estabilização articular, diminuindo a sobrecarga nas articulações temporomandibulares (ATM's) e nos músculos mastigatórios. Além

disso, as placas oclusais também realizam o papel de proteção dos dentes, implantes e restaurações dentárias durante o hábito parafuncional, minimizando, assim, seu desgaste ou possibilidade de fratura (Miranda et al.3, 2007).

O uso das placas oclusais como primeira opção de tratamento é comumente realizada por se tratar de uma terapia conservadora, não invasiva, de baixo custo, reversível (Nishimori et al.4, 2014). Convencionalmente, as placas oclusais são confeccionadas a partir da resina acrílica, a base de polimetilmetacrilato (PMMA), um polímero sintético produzido através de uma reação pó (polímero) e líquido (monômero). O PMMA é amplamente utilizado na odontologia, visto que apresenta características como: biocompatibilidade, ausência de sabor e odor, propriedades térmicas satisfatórias, estabilidade dimensional, boa capacidade de polimento, aparência agradável e simplicidade técnica (Camacho et al.5, 2014; Wedekind et al.6, 2020).

Resumidamente, a técnica de confecção das placas oclusais convencionais consiste na moldagem de ambos os arcos com hidrocolóide irreversível, montagem de modelos em articulador semi-ajustável, enceramento da placa, inclusão em mufla e prensagem da resina acrílica, efetuando o processamento de polimento de acordo com a instrução dos fabricantes da resina acrílica selecionada. Em seguida, o CD realiza a instalação da placa oclusal no paciente, ajustando-a visando uma adaptação satisfatória e pontos de contatos oclusais uniformemente distribuídos. Contudo, o processo de fabricação manual das placas oclusais é demorado, tanto para o clínico como para o paciente, visto que existe uma dependência do serviço terceirizado de laboratórios. Além disso, a qualidade e desempenho clínico das placas são afetados por falhas que podem ocorrer durante o processo de produção, como a formação de poros, teor elevado de monômero residual ou contração de polimerização da resina (Perea-Lowery et al.7, 2020).

Visando minimizar ou eliminar essas desvantagens, placas oclusais produzidas por sistemas digitais têm sido desenvolvidas, uma vez que a odontologia está em constante busca por novas ferramentas tecnológicas e formas de tratamento que visem otimizar o atendimento odontológico (Cardoso e Juvencio8, 2019). A utilização

do sistema CAD/CAM (Computer assisted design / Computer assisted manufacturing), com o uso de fresadoras e impressoras 3D estão cada vez mais presentes no cotidiano dos cirurgiões-dentistas. A digitalização do processo de confecção das placas oclusais visa automatizar a produção de modo a obter dispositivos de qualidade elevados, processos de fabricação padronizados e custos de produção reduzidos (Correia et al.9, 2016).

O processo de CAD/CAM envolve três etapas consecutivas: a digitalização, a prototipagem (CAD) e a produção (CAM) (Turkyilmaz e Hariri10, 2018). Com o uso dos scanners intraorais, conseguimos registrar tridimensionalmente de forma virtual as arcadas dentárias do paciente e suas relações intermaxilares, não havendo a necessidade da moldagem convencional e montagem em articuladores semiajustáveis (Turkyilmaz e Hariri10, 2018; Marcel et al.11, 2020). O componente CAD é utilizado para desenhar no software a estrutura do dispositivo oclusal que será fresado ou impresso.

A fresagem trata-se de uma manufatura subtrativa, em que a confecção é feita a partir de blocos pré-fabricados, em sua maioria PMMA e poliamidas, que são desgastados com brocas adequadas (Correia et al.9, 2016; Turkyilmaz e Hariri10, 2018). Este método permite ao CD um fluxo de trabalho eficiente e uma reprodução descomplicada do dispositivo oclusal, além de proporcionar uma economia de tempo para o CD e um conforto maior para o paciente (Marcel et al.11, 2020; Berntsen et al.12, 2018). No entanto, o método subtrativo acarreta alto desperdício de material e é capaz de produzir apenas uma placa por vez.

O processo de manufatura aditiva, por meio de impressoras 3D para a fabricação das placas oclusais tem se mostrado bastante promissor (Lutz et al.13, 2018). A técnica de impressão tridimensional é eficiente em relação ao tempo e tende a ser mais precisa, quando comparada ao método convencional (Perea-Lowery et al.7, 2020). Além disso, apresenta um menor consumo de material e uma maior reprodução de detalhes quando comparada as manufaturas subtrativas. Os materiais utilizados são diferentes dos usados na fresagem, visto que estes são adaptados para

a manufatura aditiva, que envolve fotopolimerização. Dentre os tipos de impressão tridimensional, são utilizados geralmente na confecção de placas oclusais a

estereolitografia (SLA) e o processamento digital da luz (DLP). Ambos processam resina líquida, que apresenta certa viscosidade, para fluir na impressora, mas se diferem na forma que polimerizam esta, sendo a SLA por um ponto de laser e o DLP por um feixe mais amplo (Marcel et al.11, 2020).

Portanto, faz-se de suma importância que os CD's conheçam mais sobre as novas tecnologias no mercado odontológico e as possibilidades que estas podem oferecer à nossa prática cotidiana. Com isso, o estudo se propôs a realizar uma revisão de literatura de artigos científicos recentes sobre as propriedades de placas oclusais confeccionadas por meio de planejamento digital, a fim de apresentar o estado da arte deste tema aos clínicos e à comunidade científica.

## **REVISÃO DE LITERATURA DISCUTIDA**

Este estudo compreende uma revisão de literatura narrativa, de caráter descritivo abordando as propriedades e características de placas oclusais confeccionadas pelo sistema CAD/CAM, fresadas ou impressas tridimensionalmente. O processo de busca foi realizado entre abril e junho de 2021, utilizando a base de dados PubMed, limitando-se às publicações dos últimos 5 anos, utilizando diferentes combinações dos seguintes descritores: “Occlusal Splints” AND “3D Printing” OR “Three Dimensional Printing” OR “Printing, Three-Dimensional” OR “Additive Manufacturing” OR “Stereolithography”; “Occlusal Splints” AND “Computer-aided Design”; “Occlusal Splints” AND “Stress, Mechanical”; “Occlusal Splints” AND “Materials”. Além disso, foi realizada uma busca nas referências dos artigos encontrados a partir dos descritores, para obtenção de novos títulos que se enquadrassem na pesquisa. Ao final da pesquisa, as referências duplicadas foram excluídas.

A seleção dos estudos foi realizada a partir da leitura de títulos e resumos, seguindo os seguintes critérios de elegibilidade: foram inclusos apenas estudos de pesquisa abordando placas oclusais impressas ou fresadas voltadas para controle de

bruxismo ou disfunções temporomandibulares e que estivessem disponíveis na língua inglesa ou portuguesa como artigo completo. Foram excluídos os estudos sobre guias cirúrgicos ou *splints* para cirurgia ortognática e relatos de casos clínicos. Após a seleção dos artigos, foram seguidos os seguintes passos: leitura exploratória, análise dos textos, leitura interpretativa e redação.

Foram encontrados 151 títulos a partir dos descritores utilizados. Seguindo os critérios de inclusão e exclusão descritos anteriormente, 53 artigos foram selecionados para leitura dos resumos. Eliminando os artigos repetidos e que ainda não se enquadravam nos critérios de elegibilidade, obtivemos um total de 26 artigos, dos quais 11 não foram possíveis de ter o acesso ao texto completo. Por fim, 15 estudos foram selecionados para leitura completa, mas cinco foram excluídos por não contemplarem os objetivos desta revisão e 10 foram escolhidos para a condução deste trabalho.

Para melhor compreensão dos artigos, o trabalho foi dividido em tópicos, sendo estes: acurácia/precisão, resistência ao desgaste e dureza, acabamento superficial, resistência à fratura, biocompatibilidade e satisfação do paciente.

## ACURÁCIA/PRECISÃO

A metodologia dos estudos que avaliaram acurácia/precisão de placas oclusais estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Estudos que avaliaram acurácia/precisão de placas oclusais.

TÍTULO	AUTOR(ES)/ANO	OBJETIVO	METODOLOGIA
--------	---------------	----------	-------------

<p><i>Accuracy of CAD/CAM-fabricated bite splints: milling vs 3D printing</i></p>	<p>MARCEL, Reymus; REINHARD, Hickel; ANDREAS, Keßler11, 2020</p>	<p>Investigar a acurácia das placas oclusais fabricadas pelo sistema CAD/CAM por diferentes métodos de fabricação (fresamento e impressora 3D), posicionamento (horizontal e vertical) e materiais.</p>	<p>Foi escaneado um molde de maxila superior e projetado em digitalmente uma placa oclusal. Estas foram impressas, utilizando quatro tipos de resinas diferentes (Dental LT, Ortho Clear, Freeprint Splint, V-Splint), e fresadas (ProArt CAD Splint). Além disso, as placas impressas foram posicionadas horizontalmente ou verticalmente em relação à plataforma da impressora. As placas oclusais após a confecção foram escaneadas e, a partir da sobreposição digital com o modelo da placa no planejamento digital, foram obtidos os resultados da acurácia das placas impressas e estes foram contabilizados.</p>
<p><i>Accuracy and its impact on fit of injection molded, milled and additively manufactured occlusal splints</i></p>	<p>WESEMAN N, Christian et al.14, 2020</p>	<p>Investigar a precisão de placas oclusais produzidas por injeção, fresagem e impressão 3D, incluindo os três tipos de impressão (SLA, DLP e impressoras 3D tipo Polyjet).</p>	<p>Foram produzidas 16 placas a partir de cada método de fabricação. As placas foram escaneadas com um spray de varredura e o desvio entre o modelo inicial e os adquiridos foi calculado. Foi analisado também o número de pontos de contatos das placas oclusais e os modelos de teste e a força de retenção entre estes.</p>

<i>Precision of 3Dprinted splints with different dental model offsets</i>	YE, Niansong et al.15, 2019	Avaliar a precisão de placas oclusais impressas 3D geradas a partir de diferentes deslocamentos (alívios) dos materiais dentários.	10 modelos de dentição maxilar intactas foram selecionados. Estas foram importadas para o CAD e foi realizada uma compensação de determinadas distâncias (0,05 mm, 0,1 mm e 0,2 mm). Posteriormente, essas placas foram impressas (DLP). Um material de moldagem foi adicionado às placas e inserido nas dentições. Os resultados das moldagens com dentição foram recortados, escaneados e importados para softwares (SPSS versão 17; Chicago, Ill) para análise.
---	-----------------------------	--	--

Marcel e colaboradores<sup>11</sup>, em 2020, obtiveram de resultado que o maior impacto na acurácia está relacionado aos diferentes tipos de materiais que compõem as placas oclusais. As placas oclusais fresadas mostraram maior exatidão, que está relacionado à maior semelhança das placas confeccionadas a peça original. Já quanto à precisão, esta está relacionada à semelhança das placas entre si, e não necessariamente da peça original. Placas oclusais impressas horizontalmente mostraram menor desvio de exatidão, devido à diferença do número de camadas necessário para sua fabricação, visto que quanto menos camadas, menor a soma das possíveis imperfeições. Além disso, o posicionamento horizontal requer menos tempo de impressão em relação ao vertical, porém requer um tempo adicional para removê-lo cuidadosamente da base da impressora e em posição vertical existe a vantagem de ser possível imprimir mais de uma placa simultaneamente. Em termos de precisão, ambas aparentam ter a mesma qualidade.

Wesemann et al.<sup>14</sup> e concluíram, em 2020, que as placas feitas por injeção (IM) e fresadas (SM) não mostraram diferenças entre si quanto a precisão, número de pontos de contato e força de retenção. No entanto, as placas impressas (AM) apresentaram desvios médios significativamente mais elevados e menos pontos de contato do que IM e SM. Porém, os autores questionam se esses resultados



apresentariam significância clínica relevante ou não. Entre os tipos de impressão diferentes, a esteriolitografia (SLA) foi o que apresentou os menores valores de desvio, porém menos pontos de contato oclusal.

Ye e colaboradores<sup>15</sup>, em 2019, concordaram que as placas oclusais impressas 3D podem apresentar problemas de adaptação. Eles associaram isso à precisão da impressora em si ou falhas na digitalização do modelo. Com isso, propuseram o uso de compensações de determinadas distâncias, visando diminuir os impactos na precisão das placas oclusais. O estudo concluiu que, quando geradas a partir de um alívio de determinada espessura, as placas oclusais podem apresentar melhor adaptação nos modelos dentários, principalmente um deslocamento de 0,1 mm.

## RESISTÊNCIA AO DESGASTE E DUREZA

A metodologia dos estudos que avaliaram resistência ao desgaste e dureza dos materiais que compõem diferentes tipos de placas oclusais estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Estudos que avaliaram resistência ao desgaste e dureza de placas oclusais.

TÍTULO	AUTOR(ES) / ANO	OBJETIVO	METODOLOGIA
--------	-----------------	----------	-------------

<p><i>Evaluation of the mechanical properties and degree of conversion of 3D printed splint material</i></p>	<p>PEREA- LOWERY, Leila et al.7, 2020</p>	<p>Avaliar a espessura da camada de impressão e o armazenamento em água das placas oclusais e as suas influências nas propriedades mecânicas das placas oclusais impressas.</p>	<p>Foram impressos barras 3D de resina acrílica. Metade foi confeccionada com uma espessura de camada de 100µm (grupo A) e a outra metade 50µm (grupo B). Metade dos espécimes foi armazenada em água durante 30 dias e a outra metade a seco. Foi realizado teste para medição da microdureza superficial utilizando uma máquina de testes Vickers.</p>
--	---	---	--

<p><i>A study of the flexural strength and surface hardness of different materials and technologies for occlusal device fabrication</i></p>	<p>PRPIC, Vladimir et al.16, 2019</p>	<p>Investigar a resistência flexural e dureza superficial de diferentes materiais utilizando tecnologias distintas na fabricação placas oclusais.</p>	<p>140 espécimes retangulares foram produzidas a partir de dois materiais de impressão 3D (VarseoWax Splint e Ortho Rigid), dois utilizados em CAD/CAM com fresagem (Ceramill Splintec e CopraDur) e três materiais para placas convencionais, resinas acrílicas autopolimerizáveis (ProBase Cold, Resilit S e Orthocryl). 10 espécimes aleatórios de cada material foram submetidos a testes de resistência flexural e dureza de superfície (método Brinell) em máquina de teste universal.</p>
---	---------------------------------------	---	--

Comparison of wear between occlusal splint materials and resin composite materials	REYESSEVILLA, Marisol al.17, 2018	Avaliar o desgaste de diferentes materiais de placas oclusais e de resinas compostas utilizadas em restaurações dentárias.	Espécimes de quatro materiais de placas oclusais diferentes foram colocados em contato com três materiais restauradores diferentes em uma máquina de desgaste duplo. Dentre os materiais das placas oclusais temos: ThermoSens (TSS–poliamida), polimetilmetacrilato convencional processado manualmente (cPMMA), fresado (mPMMA) e impresso (pPMMA).
--	-----------------------------------	--	---

A dureza superficial de um material esta relacionada à sua resistência ao desgaste. É muito importante que os dispositivos intraorais, principalmente placas para pacientes com bruxismo, apresentem uma dureza superficial adequada, visto que estão em constante atividade funcional ou parafuncional, em que as cargas mastigatórias podem ser elevadas. O estudo realizado por Reyes-Sevilla et al.17, em 2018, revelou que o PMMA produzido convencionalmente apresentou maior taxa de desgaste e o PMMA impresso as menores taxas. Essa diferença, os autores associaram possivelmente à variação nos processos de fabricação do PMMA. O pPMMA apresentam menos desgaste em comparação ao cPMMA e mPMMA, sendo este melhor em termos de longevidade.

Em divergência, PRPIC et al.16, em 2019, obtiveram em seus resultados que os valores de dureza superficial foram mais baixos em materiais impressos 3D do que os PMMA autopolimerizáveis e CAD/CAM fresados. O artigo concluiu também que materiais de poliamida, quando usados para dispositivos oclusais, tiveram dureza

superficial menor que o PMMA, e este, por sua vez, apresentou maior valor de dureza quando confeccionados convencionalmente ou em blocos para fresagem. Talvez essa divergência de resultados aconteceu devido à variedade de marcas comerciais e composições dos materiais envolvidos nos diferentes estudos.

Em relação à espessura das camadas durante a impressão 3D e ao armazenamento, Perea-Lowery et al.7, em 2020, analisaram a interferência desses fatores nas propriedades mecânicas das placas. O estudo revelou que a espessura de camada de impressão interferiu nos valores das propriedades mecânicas e o grupo de 50  $\mu\text{m}$ , apresentou resultados mais satisfatórios que o de 100  $\mu\text{m}$ . A dureza da superfície foi aumentada ao se diminuir a espessura da camada de impressão. Além disso, o estudo concluiu que as placas armazenadas em água por 30 dias após a confecção, apresentaram valores de dureza superficial significativamente menores do que as armazenadas a seco.

## ACABAMENTO SUPERFICIAL

Huettig et al.18, em 2018, realizaram um estudo comparando o acabamento superficial de três materiais e técnicas de confecção diferentes: manufatura manual, aditiva e subtrativa. Os autores fabricaram 10 espécimes de cada material: grupo C de forma convencional foi fabricado a base de PMMA; grupo S de manufatura subtrativa foi projetados com OpenSCAD Versão 2 e fresado pelo sistema CAD/CAM (Teamziereis, Engelsbrand, Alemanha); o grupo A, de manufatura aditiva, foi impresso com processamento digital de luz (DLP) usando uma impressora (BEGO, Bremen, Alemanha). Foi realizada a quantificação da rugosidade superficial e posteriormente realizado testes de abrasão com 500 ciclos. Os espécimes apresentaram rugosidades superficiais iniciais semelhantes. Após o ensaio de abrasão, os materiais que utilizaram o sistema CAD/CAM subtrativo obtiveram resultados superiores quando comparado ao material produzido convencionalmente ( $C < A < S$ ). O grupo de material subtrativo apresentou diferenças estatísticas significantes em relação ao acabamento superficial. No entanto, o estudo questionou se as diferenças detectadas acarretariam repercussões clínicas relevantes.

## RESISTÊNCIA FLEXURAL E À FRATURA

A metodologia dos estudos que avaliaram resistência flexural e à fratura de materiais que compõem diferentes tipos de placas oclusais estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: Estudos que avaliaram resistência flexural e à fratura de placas oclusais.

TÍTULO	AUTOR(ES) / ANO	OBJETIVO	METODOLOGIA
--------	-----------------	----------	-------------

<p><i>Evaluation of the mechanical properties and degree of conversion of 3D printed splint material</i></p>	<p>PEREA-LOWERY, Leila et al.7, 2020</p>	<p>Avaliar o método pós-cura, espessura da camada de impressão e armazenamen -to de água e as suas influências nas propriedades mecânicas e o grau de conversão da resina a base de metacrilato fotopolimerizável.</p>	<p>Foram impressos barras 3D de resina acrílica. Metade foi confeccionada com uma espessura de camada de 100µm (grupo A) e a outra metade 50µm (grupo B). Cada grupo de espécime foi subdividido em três diferentes métodos de póscura: com diodo emissor de luz (LED; 405 nm) e gás nitrogênio (com o uso de um dispositivo de proteção de gás; 1,8 bar), apenas com LED e sem pós-cura. Outra subdivisão foi realizada com base no armazenamento: metades das amostras foram submersas na água por 30 dias e outra armazenada a seco. Foi realizado teste de módulo e resistência à flexão. Cinco espécimes foram selecionadas de cada grupo e coletado/analísado os dados.</p>
--	--	--	---

<p><i>Fracture resistance and 2-body wear of 3-dimensional printed occlusal devices</i></p>	<p>LUTZ, Anna-Maria et al.13, 2019</p>	<p>Investigar a resistência à fratura e o desgaste de dois corpos de dispositivos oclusais de três diferentes técnicas de fabricação: fabricados convencionalmente (CAST), impresso (3DP) e polimetilmetacrilato fresado (CAM).</p>	<p>32 amostras de cada técnica foram confeccionadas. Com a metade foi realizado os testes iniciais de resistência à fratura (maquina de teste universal – Retro Line). Com a outra metade foi utilizado um simulador de mastigação (50N, 37 C e 120.000 ciclos de mastigação), criando um envelhecimento artificial de uso noturno do dispositivo oclusal por seis meses, e em seguida realizando o teste de resistência à fratura e perda de volume do material.</p>
---	--	---	---



<p><i>A study of the flexural strength and surface hardness of different materials and technologies for occlusal device fabrication</i></p>	<p>PRPIC, Vladimir al.16, 2019</p>	<p>Investigar a resistência flexural e dureza superficial de diferentes materiais utilizando tecnologias distintas na fabricação de placas oclusais.</p>	<p>140 espécimes retangulares foram produzidas a partir de dois materiais de impressão 3D (VarseoWax Splint e Ortho Rigid), dois utilizados em CAD/CAM fresado (Ceramill Splintec e CopraDur) e três materiais para placas convencionais com resinas acrílicas autopolimerizáveis (ProBase Cold, Resilit S e Orthocryl). 10 espécimes aleatórios de cada material foram submetidos a testes de resistência flexural e dureza de superfície (método Brinell) em máquina de teste universal.</p>
---	------------------------------------	--	--

Lutz et al.13, em 2019, realizaram teste de resistência à fratura com amostras das três técnicas diferentes, a fim de investigar as propriedades destes antes e depois de testes de desgastes, com simulação de mastigação. Inicialmente, o estudo apontou que o CAM fresado apresentou maior resistência à fratura que 3DP ou CAST. Após a simulação de mastigação de uso da placa por seis meses, CAM apresentou maior resistência à fratura que 3DP e CAST. 3DP apresentou maior perda de volume, seguido por CAM e menor em CAST. Além disso, 3DP apresentou trinca em todos os corpos-de-prova, enquanto CAM e CAST não apresentaram. Dispositivos oclusais impressos 3D apresentam menor resistência ao desgaste e menor resistência à fratura que CAM e CAST.

Válido ressaltar que os dispositivos oclusais foram cimentados para que não houvesse movimentos de lateralidade durante a simulação de mastigação, o que se tornou uma limitação do estudo e pode ter interferido nos resultados da resistência à

fratura. Além disso, a forma de impressão também pode ter influenciado diretamente nas propriedades mecânicas das placas e a escolhida pelo estudo em questão foi vertical.

Prpic et al.16 (2019) também ressaltaram que os maiores valores de resistência flexural dentre os materiais pesquisados foi o CAD/CAM fresado, seguido dos autopolimerizáveis e impressos 3D. As resinas de poliamida apresentam resistência flexural maior do que a da resina acrílica. Além disso, no estudo não houve fratura destes materiais durante os testes.

Perea-Lowery et al.7 (2020) relataram que após o armazenamento em água por 30 dias, os valores de resistência à flexão foram maiores, independente da espessura da camada de impressão 3D. Houve menores valores resistência à flexão, módulo e tenacidade à fratura quando não realizada a pós-cura, independente do modo de armazenamento. Os espécimes de 100 µm, com pós-cura apenas e com LED junto ao armazenamento em água, apresentaram maior resistência à flexão.

## BIOCOMPATIBILIDADE

A metodologia dos estudos que avaliaram a biocompatibilidade dos materiais que compõem diferentes tipos de placas oclusais estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Estudos que avaliaram a biocompatibilidade de placas oclusais.

TÍTULO	AUTOR(ES) / ANO	OBJETIVO	METODOLOGIA
--------	-----------------	----------	-------------

<p><i>Elution behavior of a 3D-printed, milled and conventional resin-based occlusal splint material</i></p>	<p>WEDEKIND, Lennart et al.6, 2021</p>	<p>Quantificar a liberação e a citotoxicidade de monômeros residuais e materiais aditivos nas placas oclusais a base de PMMA, em diferentes</p>	<p>Foram examinados 16 discos (n = 4) de três materiais: usados para manufatura aditiva (impressora 3D), subtrativa (fresagem) e convencional (pó e líquido). Os espécimes foram fabricados em formatos de cilindros de acordo com as especificações de cada fabricante. Foram recortados em formato de discos e então incubados</p>
		<p>métodos de fabricação.</p>	<p>em recipientes hermeticamente fechados com 1 ml de metanol ou 1 ml de água. Após 24 h ou 72 h, eles foram analisados por cromatografia gasosa / espectrometria de massa (GC / MS) e de viabilidade celular baseados em XTT com fibroblastos gengivais humanos (HGFs).</p>
<p><i>Evaluation of the mechanical properties and degree of conversion of 3D printed splint material</i></p>	<p>PEREA-LOWERY, Leila et al.7, 2020</p>	<p>Avaliar o grau de conversão da resina a base de metacrilato fotopolimerizável.</p>	<p>Foi realizada a medição do grau de conversão de ligações duplas (DC) com cinco espécimes de cada subgrupo já citado anteriormente. A DC foi analisada utilizando um espectrômetro (Fourier Transform Infrared (FTIR)).</p>

Perea-Lowery et al.<sup>7</sup> (2020) abordaram a questão da biocompatibilidade e monômeros residuais. Eles afirmaram que o grau de polimerização de uma placa oclusal vai depender de vários fatores, entre eles: a característica da luz, a espessura da camada de impressão, a duração da exposição à luz, a distância entre a luz e o material, a temperatura e o tempo de cura. As resinas para impressoras 3D devem apresentar baixa viscosidade para o melhor funcionamento da máquina e melhor fotopolimerização das camadas e esse estudo utilizou uma resina que apresenta BIS-EMA em sua composição. Quanto maior o grau de conversão de monômeros, melhores são as propriedades físicas e mecânicas, melhor a biocompatibilidade, menor é a liberação de monômeros residuais.

Wedekind e colaboradores<sup>6</sup> (2021) realizaram um estudo e nele foram eluídas 11 tipos de substâncias em três materiais. Dentre os subprodutos mais importantes encontrados quando armazenados em solvente metanol, é válido ressaltar o MMA, principal composto do PMMA, o SHERAORTHOMER e SHERAeco-disc PM20. Em água, não foi eluído MMA, e, visto que existe uma semelhança entre a água e a saliva, foi concluído que não são esperados efeitos citotóxicos do MMA em seres humanos. Com o solvente metanol, os componentes liberados dos materiais de placas oclusais excederam as concentrações citotóxicas em fibroblastos gengivais humanos (HGFs). Nos eluatos de água, apenas o metacrilato THFMA pôde ser determinado a partir de SHERAprint-orto plus e em concentrações abaixo dos níveis citotóxicos em HGFs. Portanto, na situação fisiológica (água / saliva) o risco para a saúde é de menor relevância.

## SATISFAÇÃO DO PACIENTE

Berntsen e colaboradores<sup>12</sup> realizaram, em 2018, uma comparação entre placas oclusais produzidas de forma convencional, utilizando a impressão por alginato, e por manufatura aditiva, utilizando impressoras 3D e escaneamento intraoral (CAD/CAM). O estudo se tratou de um ensaio clínico com 14 pacientes (13 mulheres e 1 homem) de idades variadas (21-55) e diagnosticados com DTM e

mialgia. Os indivíduos foram divididos aleatoriamente em dois grupos, um recebeu tratamento convencional e em outro foi utilizado o sistema CAD/CAM com impressora 3D, ou seja, escaneamento intraoral e manufatura aditiva. Foram realizados questionários de autorrelato para estimar o conforto do paciente durante o tratamento (Escala Analógica Visual - VAS). Os pacientes foram acompanhados por 4 meses, com um total de 5 visitas ao mesmo dentista, sendo instruídos a utilizar a placa oclusal todas as noites durante as 12 semanas. Os pacientes que receberam as placas obtidas pelo sistema CAD/CAM se mostraram mais satisfeitos, devido ao escaneamento intraoral, comparado à moldagem de forma convencional com alginato. O estudo relatou que o tempo para moldagem com alginato foi significativamente menor do que o uso do scanner intraoral. Porém, embora o processo do escaneamento tenha sido mais demorado, os pacientes relataram que preferiram o conforto desta técnica. Não houve diferença significativa no tempo de instalação e ajustes das placas nos dois grupos. Houve uma melhora nos sintomas de todos os pacientes após as 12 semanas de tratamento. Ambos os grupos relataram conforto durante o uso das placas, independente do método de obtenção.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Diante do presente estudo concluiu-se que o uso de tecnologias digitais para confecção de placas oclusais é bastante promissor na odontologia. A tendência de boa resistência, conforto da técnica, precisão e adaptação, assim como a diminuição de possíveis erros manuais geram benefícios significativos para profissionais e pacientes. No entanto, são necessários mais estudos laboratoriais e clínicos, tanto sobre os materiais utilizados com essa finalidade, como também sobre a performance destes dispositivos em uso por pacientes.

A técnica de impressão 3D mostrou melhores propriedades quando realizada com a impressora tipo SLA, utilizando geralmente a resina à base de PMMA, com o posicionamento de impressão horizontal. Apresentou também melhor resistência à fratura quando realizada a pós-cura com LED e armazenada em água por 30 dias. Além disso, apresentou níveis de dureza mais elevados quando a espessura de

camada de impressão foi reduzida. A técnica de confecção por fresagem geralmente utiliza materiais como a poliamida e o PMMA, apresentando propriedades superiores em relação à exatidão e precisão, além de valores de resistência à fratura mais elevados quando comparada à impressão 3D e à técnica convencional. Em geral, houve bons resultados de acabamento superficial e biocompatibilidade, além de satisfação dos pacientes, independente da técnica e material utilizados.

## REFERÊNCIAS

1. Lobbezoo F, Ahlberg J, Raphael KG, Wetselaar P, Glaros AG, Kato T, Santiago V, Winocur E, De Laat A, De Leeuw R, Koyano K, Lavigne GJ, Svensson P, Manfredini D. International consensus on the assessment of bruxism: Report of a work in progress. *J Oral Rehabil.* 2018 Nov;45(11):837-844. doi: 10.1111/joor.12663. Epub 2018 Jun 21. PMID: 29926505; PMCID: PMC6287494.
2. Macedo CR. Bruxismo do sono. *Rev Dent Press Ortod Ortop Facial*, v. 13, n. 2, p. 18-22, 2008.
3. Miranda ME, Teixeira MLA. Utilização das placas oclusais no controle das disfunções temporomandibulares (DTMs). São Paulo: E-Book Ciosp; 2007. p.235256.
4. Nishimori LE et al. Utilização De Placas Oclusais Em Resina Acrílica No Auxílio Do Tratamento De DTMs. *Rev UNINGÁ Review.* 2014; 17(1).
5. Camacho DP et al. Resinas acrílicas de uso odontológico à base de polimetilmetacrilato. *Braz J Surg Clin Res.* 2014; 6(3):63-72.
6. Wedekind L, Güth JF, Schweiger J, Kollmuss M, Reichl FX, Edelhoff D, Högg C. Elution behavior of a 3D-printed, milled and conventional resin-based occlusal splint material. *Dent Mater.* 2021 Apr;37(4):701-710. doi: 10.1016/j.dental.2021.01.024. Epub 2021 Feb 27. PMID: 33648744.
7. Perea-Lowery L, Gibreel M, Vallittu PK, Lassila L. Evaluation of the mechanical properties and degree of conversion of 3D printed splint material. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2021 Mar;115:104254. doi: 10.1016/j.jmbbm.2020.104254. Epub 2020 Dec 13. PMID: 33333480.

8. Cardoso EC, Juvencio MLS. Odontologia 3d: benefícios ao paciente e cirurgião dentista. Uberaba; 2019. [Trabalho de conclusão de curso - Bacharel em Odontologia - Curso de Odontologia, Universidade de Uberaba].
9. Correia ARM et al. CAD-CAM: informatics applied to fixed prosthodontics. Rev Odontol UNESP. 2006; 35(2):183-189.
10. Turkyilmaz I, Hariri NH. Four-year outcomes of full-arch fixed dental prostheses using CAD/CAM frameworks: A retrospective review of 15 cases. J Clin Exp Dent. 2018 Oct 1;10(10):e1045-e1048. doi: 10.4317/jced.55176. PMID: 30386512; PMCID: PMC6203912.
11. Marcel R, Reinhard H, Andreas K. Accuracy of CAD/CAM-fabricated bite splints: milling vs 3D printing. Clin Oral Investig. 2020 Dec;24(12):4607-4615. doi: 10.1007/s00784-020-03329-x. Epub 2020 May 21. PMID: 32436163; PMCID: PMC7666673.
12. Berntsen C, Kleven M, Heian M, Hjortsjö C. Clinical comparison of conventional and additive manufactured stabilization splints. Acta Biomater Odontol Scand. 2018 Aug 13;4(1):81-89. doi: 10.1080/23337931.2018.1497491. PMID: 30128331; PMCID: PMC6095019.
13. Lutz AM, Hampe R, Roos M, Lümckemann N, Eichberger M, Stawarczyk B. Fracture resistance and 2-body wear of 3-dimensional-printed occlusal devices. J Prosthet Dent. 2019 Jan;121(1):166-172. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.04.007. Epub 2018 Jun 29. PMID: 30647000.
14. Wesemann C, Spies BC, Schaefer D, Adali U, Beuer F, Pieralli S. Accuracy and its impact on fit of injection molded, milled and additively manufactured occlusal splints. J Mech Behav Biomed Mater. 2021 Feb;114:104179. doi: 10.1016/j.jmbbm.2020.104179. Epub 2020 Oct 28. PMID: 33189599.
15. Ye N, Wu T, Dong T, Yuan L, Fang B, Xia L. Precision of 3D-printed splints with different dental model offsets. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2019 May;155(5):733-738. doi: 10.1016/j.ajodo.2018.09.012. PMID: 31053289.
16. Prpic V, Slacanin I, Schauerl Z, Catic A, Dulcic N, Cimic S. A study of the flexural strength and surface hardness of different materials and technologies for occlusal device fabrication. J Prosthet Dent. 2019 Jun;121(6):955-959. doi: 10.1016/j.prosdent.2018.09.022. Epub 2019 Jan 31. PMID: 30711296.
17. Reyes-Sevilla M, Kuijs RH, Werner A, Kleverlaan CJ, Lobbezoo F. Comparison of wear between occlusal splint materials and resin composite materials. J Oral

Rehabil. 2018 Jul;45(7):539-544. doi: 10.1111/joor.12636. Epub 2018 May 11. PMID: 29663496.

18. 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; 75:175-179. doi: 10.1016/j.jmbbm.2017.07.019. Epub 2017 Jul 14. PMID: 28734259.