



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA



PIETRA SANITÁ MICHELIN

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DE DIFERENTES
MATERIAIS PARA CONFEÇÃO DE PLACAS DE
BRUXISMO SUBMETIDAS AO ENVELHECIMENTO
CORROSIVO**

UBERLÂNDIA

2022

PIETRA SANITÁ MICHELIN

**ANÁLISE DAS PROPRIEDADES DE DIFERENTES
MATERIAIS PARA CONFEÇÃO DE PLACAS DE
BRUXISMO SUBMETIDAS AO ENVELHECIMENTO
CORROSIVO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Faculdade de Odontologia da UFU, como requisito parcial para obtenção do título de Graduado em Odontologia

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Germana de Villa Camargos

Co-orientador: Prof. Dr. Alexandre Coelho Machado

UBERLÂNDIA

2022

RESUMO

O bruxismo é uma atividade parafuncional que, ao gerar atrito e tensão entre os dentes, somado a fatores corrosivos, desencadeia desgaste dentário. Para evitar esse e outros danos ao aparelho estomatognático, o uso de placas estabilizadoras está entre os principais manejos de controle do bruxismo. O objetivo desse trabalho foi analisar as propriedades mecânicas de materiais indicados para confecção de placas de bruxismo submetidos ao envelhecimento corrosivo. Corpos de prova foram confeccionados em resinas acrílicas ativadas termicamente, resina acrílica ativada quimicamente e resina impressa tridimensionalmente. As propriedades mecânicas analisadas foram: dureza; resistência à tração diametral; rugosidade superficial e módulo de elasticidade. As amostras foram avaliadas antes e depois da simulação do envelhecimento corrosivo. Para simular o envelhecimento corrosivo dos materiais, as amostras foram imersas em 5ml de ácido clorídrico (pH=2,0; 0,1M, concentração de 0,3). A forma de análise foi de acordo com a distribuição dos dados e com nível de significância de $\alpha=0,05$. Para rugosidade superficial, dureza e módulo de elasticidade foi utilizado a Análise variância de dois fatores com repetição de amostra seguido de teste Tukey. Para a tração diametral, foi feito o teste T e Análise de variância de um fator. Quanto aos resultados obtidos, tem-se que, para rugosidade, não houve diferença para os diferentes tipos de resinas inicialmente e, após o envelhecimento, a resina termo apresentou a menor rugosidade. Para a microdureza, a resina impressa apresentou maior dureza comparada a auto e a resina termo apresentou maior valor do que ambas (independente do envelhecimento). O módulo de elasticidade não foi afetado pelo envelhecimento, sendo a resina impressa a com maior módulo. Com relação ao teste de tração diametral, somente a resina impressa apresentou resultados compatíveis com a metodologia planejada e o envelhecimento biocorrosivo não reduziu a resistência a tração diametral. Além disso, a comparação entre a deformação das resinas termo e auto não apresentou diferença estatística, independente do envelhecimento. Conclui-se que o envelhecimento corrosivo influenciou negativamente na dureza das resinas utilizadas para confecção das placas estabilizadoras oclusais e aumentou a rugosidade das resinas impressa e autopolimerizável. Além disso, conclui-se que a resina termopolimerizada apresentou as melhores propriedades mecânicas e de superfície.

Palavras-chaves: Bruxismo, Placas oclusais, Envelhecimento.

ABSTRACT

Bruxism is a parafunctional activity that, by generating friction and tension between the teeth, added to corrosive factors, triggers the wear suffered. To avoid this and other damages to the stomatognathic apparatus, the use of occlusal splint is among the main bruxism control procedures. The objective of this work was to analyze the mechanical properties of materials indicated for the manufacture of patented occlusal splint to corrosive aging. Specimens were made of thermally activated acrylic resins, chemically activated acrylic resins and three-dimensionally printed resin. The mechanical properties maintained were: hardness; tensile diametral strength; surface roughness and modulus of elasticity. The samples were evaluated before and after the corrosive aging simulation. To simulate the corrosive aging of the materials, the samples were immersed in 5ml of hydrochloric acid (pH=2.0; 0.1M, concentration of 0.3). The form of analysis was according to data distribution and with a significance level of $\alpha=0.05$. For surface roughness, hardness and modulus of elasticity, the two-factor analysis of variance was used with a repeat sample followed by the Tukey test. For diametral traction, the t-test and one-way analysis of variance were performed. As for the results obtained, it can be seen that, for roughness, there was no difference for the different types of resins initially and, after aging, the thermo resin showed less roughness. For microhardness, the printed resin had a higher remaining hardness than auto and the thermo resin had a higher value than both (regardless of aging). The modulus of elasticity was not affected by aging, with the printed resin having the highest modulus. Regarding the diametral tensile test, only the resin showed results compatible with the printed methodology and the biocorrosive aging did not show diametral tensile strength. In addition, the comparison between the deformation of thermo and auto resins did not show statistical difference, regardless of aging. It was concluded that corrosive aging influenced the hardness of the resins used to manufacture the occlusal splints and increased the roughness of the printed and self-curing resins. In addition, it was concluded that the thermopolymerized resin presented the best mechanical and surface properties.

Keywords: Bruxism, Occlusal splints, Aging

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	6
2.	OBJETIVOS.....	7
3.	HIPÓTESE.....	8
4.	MATERIAL E MÉTODOS... ..	8
5.	RESULTADOS.....	16
6.	DISCUSSÃO.....	19
7.	CONCLUSÃO.....	22
8.	REFERÊNCIAS.....	22
9.	ANEXOS.....	24

1. INTRODUÇÃO

O bruxismo é definido como uma atividade muscular mastigatória repetitiva caracterizada pelo aperto ou ranger dos dentes e/ou por imobilização ou projeção da mandíbula (LOBBEZOO, 2012). Essa atividade parafuncional afeta proporções significativas da população e pode se manifestar durante o sono (bruxismo do sono), ou acordado (bruxismo de vigília). Apesar da variação frequente dos números devido as diferentes formas de diagnóstico, o bruxismo atinge de 8% a 31% da população em geral, sendo que o bruxismo de vigília afeta 24% da população adulta e o bruxismo noturno 16% (RILEY, 2020). Ainda que sua etiologia não seja totalmente conclusiva, estudos apontam que seja de natureza multifatorial (BADER, 2000). Fatores morfológicos, genéticos e psicossociais, como ansiedade e estresse, estão entre as principais causas relacionadas (LOBBEZOO, 2001). A depender da intensidade e frequência, o bruxismo pode causar mialgia, trauma oclusal e desgaste dentário (BUSSADORI, 2020).

O desgaste dentário é uma das manifestações das lesões não cariosas (LNCs) e apresenta diversos mecanismos causais, como: abrasão, corrosão, atrição e tensão. O atrito (ranger) e a tensão (apertar) que ocorre entre os dentes são os fatores mais comumente relacionado ao bruxismo (GREEN, 2018; CHEN, 2007; MUDE, 2018). A literatura aponta que os pacientes com bruxismo permanecem com os seus dentes encostados 4 vezes mais tempo do que os que não possuem apertamento dentário; e com força exercida pela musculatura de aproximadamente 25% da força máxima de mordida, podendo chegar até 40% (CHEN, 2007; MUDE, 2018). Estas intensidades da força de mordida durante o bruxismo são maiores do que as exercidas durante os movimentos fisiológicos da mastigação, promovendo maior concentração de tensão e, por consequência, maior chance de LNCs (MACHADO, 2021). Além dos fatores mecânicos, é importante destacar que o bruxismo, muitas vezes, está associado a presença de fatores corrosivos atuantes na cavidade bucal, o que acelera ainda mais o desgaste dentário (KORKUT, 2020).

O controle do bruxismo é complexo e há diversas técnicas e abordagens que podem ser utilizadas para o seu controle. Dispositivos intrabucais, farmacoterapia, fisioterapia e terapia comportamental estão entre os tratamentos não invasivos mais indicados (ILOVAR, 2014). Dentre os dispositivos intrabucais, destaca-se o uso da placa estabilizadora oclusal (PEO) como uma das estratégias mais comuns para controle do bruxismo. Além de proteção dos dentes contra o desgaste, a PEO é indicada para redução da tensão muscular gerada durante o ranger dos dentes e/ou aperto da mandíbula (KUZMANOVIC, 2017) proporcionando uma força

oclusal estável e fisiológica devido a redução da assimetria e hiperatividade dos músculos mastigatórios, diminuindo a intensidade das tensões transmitidas à ATM e reduzindo a força após carga oclusal provocada pelo bruxismo ao rager e/ou apertar dos dentes (LOBBEZOO, 2012). Além do controle dos efeitos da parafunção, esses dispositivos intrabucais são indicados para diagnóstico e planejamento de reabilitações orais (SILVA, 2020).

As PEOs podem ser de cobertura total ou parcial, rígidas ou macias. Para o manejo do bruxismo, os dispositivos rígidos são preferidos, uma vez que, segundo a literatura, placas macias podem aumentar a atividade muscular (CLARK, 1989). Convencionalmente, as PEOs são fabricadas por meio de uma série de etapas clínicas e laboratoriais, a partir de materiais como etileno vinil acetato (EVA), polietileno (PVAc-PE), policarbonato (PC) e polimetilmetacrilato (PMMA) autopolimerizável ou termopolimerizável. Outra alternativa de material que tem sido estudada é a polieteretercetona (PEEK), que apesar de sua ampla utilização em próteses fixas e removíveis, apresenta grande potencial para ser utilizado também em PEOs, principalmente devido suas propriedades biomecânicas, como alta biocompatibilidade, alta resistência à temperatura, estabilidade química, capacidade de polimento e ao menor desgaste do material a longo prazo (PAPATHANASIOU, 2020).

Com o advento da tecnologia digital, tornou-se possível a confecção de PEOs impressas tridimensionalmente (MARCEL, 2020) por meio do escaneamento intra-oral ou escaneamento do modelo em laboratório (extra-oral), projeção digital e impressão do dispositivo de maneira bastante eficiente e com redução do tempo de trabalho do profissional, uma vez que dispensa as etapas laboratoriais necessárias nas PEOs com resinas termopolimerizáveis ou autopolimerizáveis, além do que permite uma reprodução bastante fiel e precisa do dispositivo interoclusal (BADER, 2000).

No entanto, com a diversidade de materiais e o crescente aumento da necessidade de considerável parcela da população pelo uso de PEOs, faz-se necessário mais estudos para avaliação das melhores formas de confecção desses dispositivos e como o material se comporta frente aos desafios ácidos que estão associados ao bruxismo e desgaste dentário.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo desse trabalho foi avaliar as propriedades mecânicas de diferentes materiais utilizados para confecção de PEOs submetidos ao envelhecimento corrosivo, simulando o envelhecimento relacionados aos fatores etiológicos do desgaste dentário.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.1.1 Avaliar as propriedades das resinas termopolimerizável, impressa 3D e autopolimerizável quanto a rugosidade, dureza, resistência a tração diametral e módulo de elasticidade.

2.1.2 Avaliar o efeito do envelhecimento corrosivo nas propriedades das resinas termopolimerizavel, impressa e autopolimerizavel.

3. HIPÓTESE

A hipótese nula formulada é de que o material da placa estabilizadora oclusal e o envelhecimento corrosivo não influenciam na dureza, módulo de elasticidade, rugosidade e resistência máxima à tração diametral.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O delineamento experimental do presente estudo está descrito na tabela 1.

Tabela 1: Delineamento experimental do presente estudo:

Unidade Experimental:	Corpos de prova em resina compatíveis com cada teste.
Fatores de Estudo:	Material de Confeção do dispositivo estabilizador oclusal: 1-Resina acrílica química (auto-polimerizável); 2-Resina acrílica termopolimerizável; 3-Resina Impressa para confecção de placa; Envelhecimento corrosivo: antes e depois.
Variáveis Respostas:	Dureza; Módulo de elasticidade, Resistência à tração diametral; Rugosidade superficial.
Método de Análise:	Microdurômetro; teste de resistência à tração; rugosímetro de varredura
Forma de Análise:	Realizada de acordo com a distribuição dos dados e com nível de significância de $\alpha = 0,05$.

4.1 Confeção dos espécimes:

Foram confeccionadas 40 amostras cilíndricas, sendo 10 amostras (analisadas antes e após o envelhecimento) para cada metodologia não destrutiva (rugosidade e dureza) e 20 amostras (10 não envelhecidas e 10 envelhecidas) para método destrutivo (resistência máxima à tração diametral). Para cada metodologia foram utilizadas resina acrílica ativada quimicamente/autopolimerizável (RAAQ); resina acrílica ativada termicamente/termopolimerizável (RAAT); e resina impressa para confecção de dispositivos intraorais (n=10/grupo). A configuração das amostras seguiu as especificações determinada para cada tipo de metodologia (tabela 2).

Tabela 2: Dimensões amostras cilíndricas para cada metodologia

RUGOSIDADE SUPERFICIAL	MICRODUREZA E MÓDULO DE ELASTICIDADE	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DIAMETRAL
Espessura: 2mm Diâmetro: 15mm	Espessura: 2mm Diâmetro: 6mm	Espessura: 2mm Diâmetro: 6mm

4.1.1. Confecção das matrizes

As matrizes foram confeccionadas a partir de esferas metálicas nas dimensões necessárias para cada metodologia, de acordo com a tabela 2, moldadas em silicone de condensação (zetalabor/Zhemarck) e refinadas com silicone de adição (Adsil/Contene) (figura 1 A), seguidas por inclusão em mufla. Para inclusão em mufla foram realizados os seguintes passos: (1) isolamento com vaselina sólida das paredes internas da mufla e contra-mufla, (2) colocação do gesso pedra tipo III (Asfer/Asfer) na base da mufla, (3) adaptação das matrizes na superfície do gesso da base da mufla, (4) espera do tempo final de presa do gesso da base da mufla de acordo com a recomendação do fabricante, (5) isolamento do gesso da base da mufla com isolante a base de alginato (Lysanda/Lysanda) após a presa final (Figura 1B), (6) preenchimento com cera rosa 7 (Lysanda/Lysanda) dos espaços correspondentes às amostras para evitar que o silicone da muralha preencha os espaços vazios (Figura 1C), (7) confecção da muralha em silicone de adição (zetalabor/Zhemarck) (figura 1D), (8) colocação do gesso pedra tipo III na contra-mufla até seu preenchimento completo, (9) colocação da mufla em prensa hidráulica até a presa final do gesso da contra-mufla de acordo com as recomendações do fabricante. Após a presa final do gesso as muflas foram abertas e as amostras em cera foram cuidadosamente removidas (figura 1).

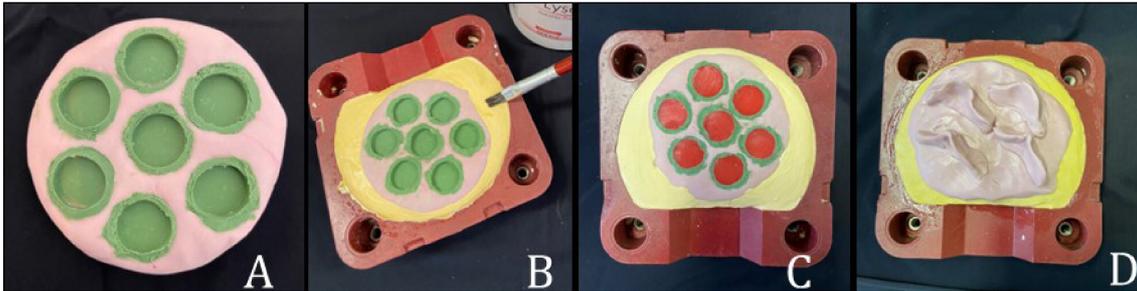


Figura 1: A) Matrizes moldadas, B) Matrizes inclusas na base da mufla em gesso, C) Matrizes preenchidas com cera rosa 7 e D) Confeção da muralha

4.1.2. Confeção das amostras com RAAQ

Primeiramente foi realizado o isolamento tanto do gesso da base da mufla quanto da contramufla com isolante a base de alginato para evitar a contaminação da resina. Em seguida foi feito o proporcionamento da RAAQ (Triunfo dent's/Reaw) numa proporção de 3:1. Em um frasco de vidro com tampa, foi colocado 12 cm³ de polímero e 4 ml de monômero (Figura 2A) para cada mufla. A RAAQ foi inserida na matriz na fase pegajosa (Figura 2B). Em seguida, a mufla foi fechada e parafusada para que as amostras ficassem com as dimensões corretas. Transcorridos 15 a 20 minutos, após a completa polimerização da resina, a mufla foi aberta (Figura 2C) e foram realizadas etapas de acabamento e polimento. O acabamento e polimento foi realizado com brocas corte cruzado médio (tarja azul), fino (tarja vermelha) e extrafino (tarja amarela), lixas amarela (180) e marrom (400), sequência de borrachas de polimento de granulação grossa (preta), granulação média (verde) e granulação fina (amarela) (figura 3) e torno mecânico em baixa rotação com preda pomes e escova de pêlo e em alta rotação com branco espanha e disco de feltro.

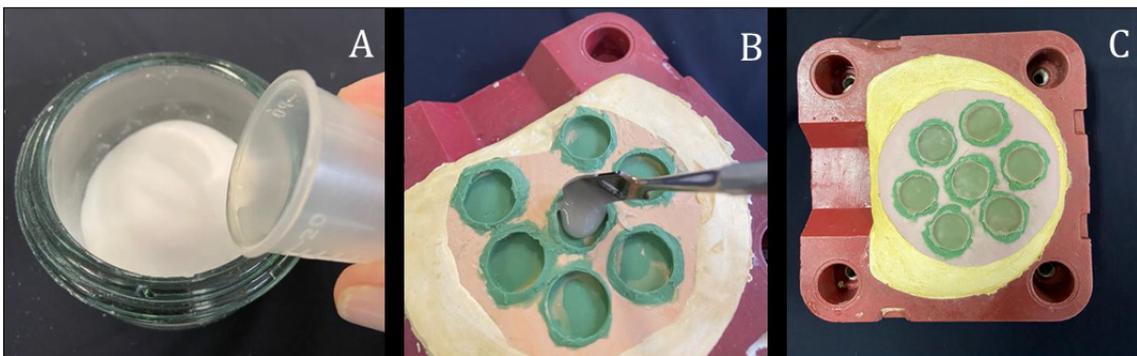


Figura 2: A) Início da mistura do polímero e monômero, B) Matriz sendo preenchida em RAAQ e C) Amostras após polimerização

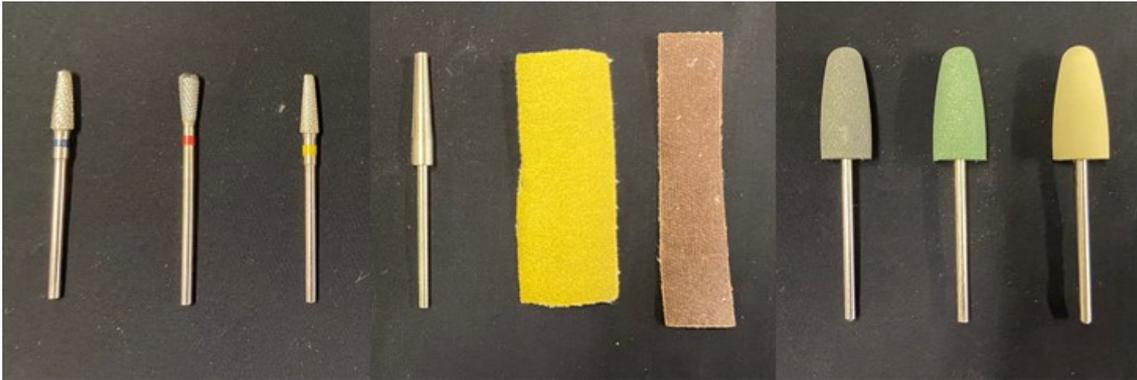


Figura 3: sequência das brocas corte cruzado médio (tarja azul), fino (tarja vermelha) e extrafino (tarja amarela), lixas amarela (180) e marrom (400), sequência de borrachas de polimento de granulação grossa (preta), granulação média (verde) e granulação fina (amarela)

4.1.3. Confeção das amostras em RAAT

Primeiramente foi realizado o isolamento tanto do gesso da base da mufla quanto da contramufla com isolante a base de alginato para evitar a contaminação da resina. Em seguida foi feito o proporcionamento da RAAT (Blue Termo/Blue Dent) numa proporção de 3:1. Em um frasco de vidro com tampa, foi colocado 12 cm³ de polímero e 4 ml de monômero para cada mufla. A RAAT foi inserida na matriz na fase pegajosa e foi fechada na fase plástica e levada para prensa hidráulica (1000kgf) por 12 horas. Após esse período a mufla foi parafusada e levada para polimerização. Para polimerização foi utilizado um forno microondas com 1100W de potência para a polimerização por energia microondas seguindo o seguinte protocolo: 10 minutos em potência média de 30%, seguido de 5 minutos de descanso a 0% e finalizado com 10 minutos em potência média de 40%. Após a polimerização e aguardado o resfriamento natural das muflas, foram realizadas as etapas de desinclusão, acabamento e polimento das amostras. O acabamento e polimento das amostras em RAAT foi realizado da mesma forma que foi realizado o acabamento e polimento das amostras em RAAQ (figura 4).



Figura 4: Amostras finalizadas

4.1.4. Confeção das amostras com resina impressa 3D

No software de modelagem (Rhino3D 4.0, Rhinoceros, USA), foi criado o modelo computer-aided design (CAD) das amostras de resina impressa 3D de acordo com as dimensões determinadas para cada teste (tabela 2). Os modelos virtuais das amostras foram exportados em formato .STL para o software Preform (Fromlabs) para impressão 3D (impressora SAL Form 2; Formlabs) utilizando resina impressa (Prizma DLP/LCD/SLA Transparente, Bio Splint). Após a impressão, o pós-processamento das amostras foi realizado com a remoção do excesso de resina por meio de banhos de álcool isopropílico (primeiro banho de 3 minutos e o segundo por 2 minutos). Em seguida, as amostras foram secas e levadas à câmara de luz UV (Wanhao U2.0 Boxman – 1 UV Light Chamber, Anyclub Photon S) (405nm, 50W) por 20 minutos, com aquecimento a 80°C e submetidas posteriormente ao processo de acabamento e polimento. O acabamento e polimento das amostras impressa 3D foi realizado da mesma forma que foi realizado o acabamento e polimento das amostras em RAAQ e RAAT.

4.2. Envelhecimento

Todos os grupos foram avaliados antes e após o envelhecimento das amostras. As amostras foram envelhecidas considerando o fator corrosivo. Para o envelhecimento corrosivo,

as amostras foram imersas em 5ml de ácido clorídrico (pH=2,0; 0,1M, concentração de 0,3) durante 5 dias. Após isso, as amostras foram lavadas em água e armazenadas para cada teste.

4.3. Rugosidade superficial

Para análise da rugosidade, foi utilizado um rugosímetro (Mitutoyo Surftest 301J; Mitutoyo) configurado com excursão de $0,25\mu\text{m}$, velocidade de $0,5\text{ mm/s}$ (Figura 5). As amostras foram posicionadas e fixadas em uma superfície plana e a agulha do rugosímetro foi posicionado no centro de cada amostra. Cada amostra foi submetida a quatro leituras, sendo a amostra rotacionada em 90° após cada leitura. Para cada leitura, a ponta ativa do rugosímetro foi posicionada na amostra para que no decorrer do teste, fosse mensurada a rugosidade da área central da amostra. Foi realizada a média das quatro leituras para obter o valor de rugosidade de cada amostra. Ao final de cada grupo, foi realizada a média entre os valores das 10 amostras para que se obtivesse um único valor representativo de cada grupo.



Figura 5: configuração do rugosímetro utilizado no teste de rugosidade superficial.

4.4. Microdureza

Primeiramente, as amostras foram armazenadas em água destilada por 24 horas em uma estufa a 37°C . Após o período de armazenamento, as amostras foram incluídas em resinas de poliestireno de cura rápida (Cristal de baixa viscosidade, Redelease). Em seguida, foi realizado o acabamento dos espécimes com água e lixas sequenciais de carbeto de silício, em ordem

crescente de granulação (80, 100, 600, 800, 1200, 2000 e 3000), em lixadeira (Politriz Universal, Arotec, São Paulo, SP, Brasil) e em seguida, as amostras foram limpas em cuba ultrassônica com água destilada durante 10 min.

As propriedades micromecânicas das resinas foram obtidas por meio do microdurômetro (FM-7000, FUTURE-TECH CORP), acoplado a um software para Windows e edentador de diamante de dureza tipo knoop, com geometria piramidal e base quadrangular, formando um losango (figura 6). As endentações de superfície de cada espécime foram realizadas em 5 áreas diferentes, sendo uma em cada extremidade do espécime e uma no centro. O teste foi realizado com força controlada, aplicando uma carga de 25g de força em um tempo determinado de 10 segundos em cada endentação. Para cada amostra as médias resultantes de cada endentação foram registradas e usadas posteriormente para análise estatística.



Figura 6: losango formado pela edentação de superfície no espécime e medida (destaque em vermelho) mensurada para mensuração da microdureza Knoop.

4.5. Módulo de elasticidade

Além da determinação da dureza, também foram utilizadas edentações Knoop para determinar o módulo de elasticidade utilizando o microdurômetro. A diminuição do comprimento das diagonais de edentação causada pela recuperação elástica de um material está relacionada com a dureza: razão de módulo H/E pela equação: $b'/a' = b/a - \alpha 1(H/E)$, onde b/a é a razão das dimensões diagonais a e b no estado totalmente carregado, dado por uma constante 0.140647. b'/a' é a razão das dimensões alteradas quando totalmente recuperadas e $\alpha 1=0,45$ é uma constante de proporcionalidade (Figura 7).

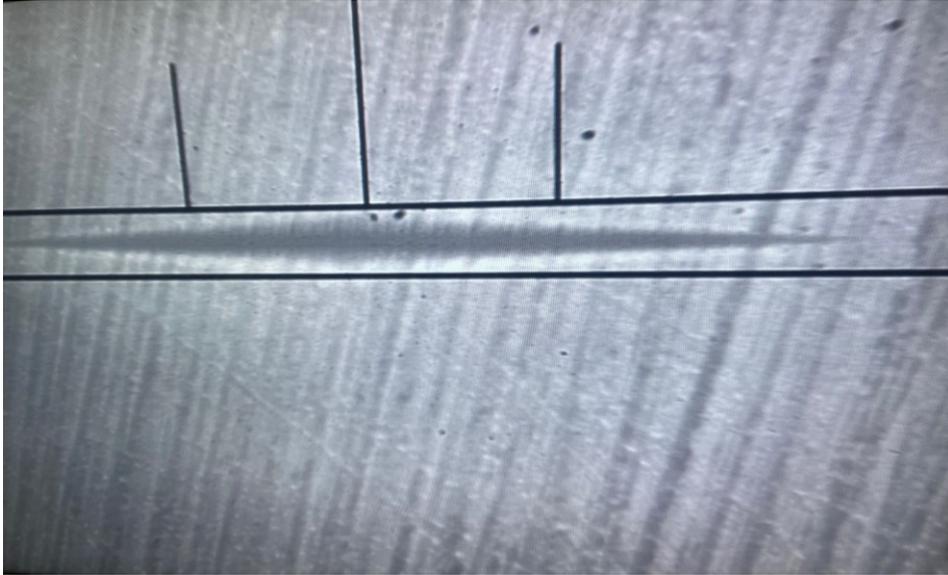


Figura 7: medição dos losangos para os testes de dureza e módulo de elasticidade.

4.6. Resistência à tração diametral

As amostras foram confeccionadas em formato cilíndrico de acordo com a tabela 2. O teste de resistência à tração diametral foi realizado em uma máquina de ensaio universal (EMIC, DL 2000) com velocidade de carregamento de 0,5 mm/min, até que ocorra a fratura da amostra (Figura 8). A tensão máxima de fratura foi obtida em N, e convertida em MPa segundo a fórmula a seguir: $T_s = (2.P)/(\pi.D.T)$. Onde, T_s é a resistência à tração diametral, P é a força máxima obtida (N), D é o diâmetro (6mm) e T é a espessura (2 mm).

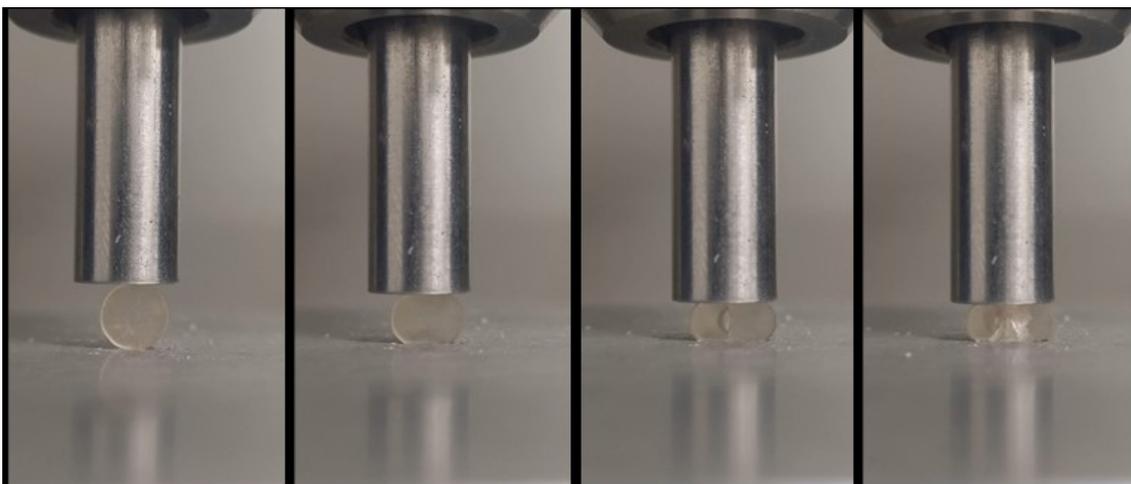


Figura 8: sequência do teste de resistência à tração diametral.

Durante o teste de resistência máxima à tração diametral, as amostras confeccionadas com resina termo e autopolimerizadas não apresentaram padrão de falha compatível com fratura diametral (fratura no centro da amostra paralelo à aplicação da força). Estes grupos apresentaram grande deformação, sem contudo identificação de fratura no teste. Assim, para estes grupos (resina termopolimerizável e autopolimerizável), foi calculada a média da deformação máxima (diâmetro inicial – espessura final) até atingir a força máxima de 4.500N.

4.7. Análise de dados - Estatística

Para análise dos dados, os resultados foram dispostos em tabelas (Microsoft Office Excell, Microsoft). Posteriormente, estes foram exportados para programa de análise estatísticas (SigamPlot 12.0, Systat Software, São Paulo, SP, Brasil), e após passarem no teste de variância e normalidade (Shapiro-Wilk). Para rugosidade superficial, dureza e módulo de elasticidade foi utilizado a Análise variância de dois fatores com repetição de amostra seguido de teste Tukey. Para a tração diametral, foi realizado o teste T (grupo resina impressa) e Análise variância de um fator seguido de teste Tukey (grupo resinas auto e termo). Todos os testes foram realizados com nível de confiança de 95% ($\alpha=0.05$).

5. RESULTADOS

Os resultados da rugosidade estão representados na tabela 3. Antes do envelhecimento corrosivo, não houve diferença entre a rugosidade para os diferentes tipos de resinas. Após o envelhecimento corrosivo, a resina termopolimerizável (0,077 Ra) apresentou menor rugosidade comparada a resina autopolimerizável (0,158 Ra; $p < 0,001$) e impressa (0,191 Ra; $p < 0,001$). Não houve diferença entre as resinas autopolimerizável e impressa após o envelhecimento ($p = 0,153$) Comparando a rugosidade de cada resina antes e depois do envelhecimento, a resina termopolimerizável não foi afetada pelo envelhecimento biocorrosivo ($p = 0,746$), enquanto as resinas auto e impressa tiveram maior rugosidade quando envelhecidas ($p < 0,001$, para ambos grupos).

Tabela 3: Média da rugosidade (Ra e desvio padrão \pm) e categoria estatística conforme Análise de Variância de Dois fatores com repetição de amostra –Teste Tukey ($p < 0.05$).

	TERMO	AUTO	IMPRESSA
ANTES	0,073 ($\pm 0,028$) Aa	0,114 ($\pm 0,014$) Aa	0,075 ($\pm 0,018$) Aa

ENVELHECIDA	0,077 ($\pm 0,042$) Aa	0,158 ($\pm 0,044$) Bb	0,191 ($\pm 0,061$) Bb
--------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Letras maiúsculas para comparação horizontal (entre tipos de resina). Letras minúsculas para comparação vertical (envelhecimento em HCl).

Os resultados para dureza knoop estão descritos na tabela 4. Considerando que não houve interação estatística significativa entre o tipo de resina e envelhecimento ($p = 0,439$), a resina termopolimerizável apresentou maior dureza, seguida da resina impressa e da resina autopolimerizável, independente do evento de envelhecimento corrosivo. Acrescenta-se que, após o envelhecimento em HCl, foi observado redução estatisticamente significativa ($p = 0,047$) no valor da dureza de todos os grupos.

Tabela 4: Média da dureza Knoop (KHN e desvio padrão \pm) e categoria estatística conforme Análise de Variância de Dois fatores com repetição de amostra –Teste Tukey ($p < 0.05$).

	TERMO	AUTO	IMPRESSA
ANTES	20,04 ($\pm 2,04$) Aa	14,90 ($\pm 1,56$) Ca	17,64 ($\pm 1,40$) Ba
ENVELHECIDA	19,16 ($\pm 1,19$) Ab	14,25 ($\pm 1,58$) Cb	17,56 ($\pm 0,92$) Bb

Letras maiúsculas para comparação horizontal (entre tipos de resina). Letras minúsculas para comparação vertical (envelhecimento em HCl).

Os resultados para módulo de elasticidade estão representados na tabela 5. O envelhecimento corrosivo não apresentou diferença no valor do módulo de elasticidade, independente do material avaliado ($p = 0,337$). Considerando que não houve interação estatística significativa entre o tipo de resina e envelhecimento ($p = 0,306$); e analisando a comparação entre os tipos de resina, o grupo resina impressa apresentou módulo de elasticidade estatisticamente superior aos grupos auto ($p = 0,001$) e termo ($p < 0,001$). Não houve diferença entre as resinas auto e termo para o módulo de elasticidade ($p = 0,307$).

Tabela 5: Média do módulo de elasticidade (GPa e desvio padrão \pm) e categoria estatística conforme Análise de Variância de Dois fatores com repetição de amostra –Teste Tukey ($p < 0.05$).

	TERMO	AUTO	IMPRESSA
ANTES	1,95 ($\pm 0,41$) Ba	2,15 ($\pm 0,50$) Ba	3,31 ($\pm 1,06$) Aa
ENVELHECIDA	2,01 ($\pm 0,27$) Ba	2,52 ($\pm 0,60$) Ba	3,23 ($\pm 0,57$) Aa

Letras maiúsculas para comparação horizontal (entre tipos de resina). Letras minúsculas para comparação vertical (envelhecimento em HCl).

Os valores de resistência máxima à tração diametral para o grupo impresso estão representados na tabela 6 e os valores de deformação máxima para os grupos auto e termopolimerizável estão descritos na tabela 7. O envelhecimento corrosivo não influenciou a resistência à tração diametral para a resina impressa ($p = 0,514$). Analisando a deformação dos grupo auto e termo, o tipo de resina ($p = 0,277$) e o envelhecimento corrosivo ($p = 0,196$) não influenciaram na deformação das amostras.

Tabela 6: Média da resistência máxima à tração diametral para a resina impressa (MPa e e desvio padrão \pm) e valor de p conforme Teste T ($p < 0,05$).

NÃO ENVELHECIDA	ENVELHECIDA
108,61 ($\pm 7,82$) A	106,05 ($\pm 9,37$) A

$p > 0,05$ não apresenta diferença estatística.

Tabela 7: Média da deformação (mm e desvio padrão \pm) e categoria estatística conforme Análise de Variância de Dois fatores – Teste Tukey ($p < 0,05$).

	NÃO ENVELHECIDA	ENVELHECIDA
TERMO	2,80 ($\pm 0,17$) Aa	2,74 ($\pm 0,17$) Aa
AUTO	2,89 ($\pm 0,20$) Aa	2,79 ($\pm 0,23$) Aa

Letras maiúsculas para comparação horizontal (entre tipos de resina). Letras minúsculas para comparação vertical (envelhecimento em HCl).

6. DISCUSSÃO

A hipótese nula, de que não haveria diferença estatisticamente significativa entre os tipos de resinas testadas e de que todas as amostras antes e após o envelhecimento corrosivo não apresentariam diferença estatisticamente significativa para as propriedades mecânicas de rugosidade, dureza e tração diametral para nenhuma das resinas testadas foi parcialmente rejeitada.

O bruxismo atinge entre 8% a 31% da população e dentre as diversas formas de controle destaca-se o uso das placas estabilizadoras oclusais (BERGMANN, 2020). A resina acrílica ativada termicamente tem sido muito utilizada na confecção das PEO. A fácil manipulação e processamento, estabilidade química, resistência à abrasão e valores de dureza adequados são propriedades que propiciam seu uso no controle de bruxismo (NEKORA, 2009). Esses fatos elencados na literatura corroboram com os resultados obtidos no presente trabalho, pois a resina ativada termicamente apresentou resultados mais favoráveis para rugosidade e dureza comparada aos demais grupos. Além disso, a resistência à tração diametral, o módulo de elasticidade e a dureza da resina são propriedades influenciadas pelo grau de conversão através da polimerização das resinas (MARIA, 2014; SILVA, 2022).

Neste trabalho, a polimerização da resina ativada termicamente foi realizada em microondas. A literatura aponta que a polimerização de microondas é mais resistente a falhas mecânicas do que a polimerização pelo método convencional (MARIA, 2014). Estudos demonstraram que a RAAT polimerizada por micro-ondas apresentou maiores valores de microdureza Knoop quando comparada ao método convencional, além da diminuição da porosidade da resina.²¹ Mesmo considerando que haveria menor quantidade de bolhas por este método de polimerização (DOLORES, 2015), o processo de acabamento e polimento poderia igualar os resultados iniciais de rugosidade com os demais grupos (FERRAZ, 2010). Entretanto, considerando os maiores valores de dureza e possivelmente uma superfície mais homogênea, o grupo de resinas termopolimerizáveis com polimerização em microondas apresentaria menor suscetibilidade à degradação corrosiva, visto esse o grupo de resina não apresentou alterações quando submetido ao envelhecimento corrosivo.

Com relação à resina impressa para confecção das PEO, a literatura aponta que a impressão 3D simplifica o tratamento devido a maior rapidez do processo tanto para o profissional e o paciente, além de maior controle de qualidade e desempenho clínico (PEREA-LOWERY,

2021). Entretanto, esta qualidade é questionada de acordo com os resultados encontrados neste estudo, pois a resina impressa apresentou valores de rugosidade e dureza inferiores aos da resina termoativada. Estudos mostram que as propriedades mecânicas das resinas impressas são influenciadas pelo tipo de material, método de polimerização, armazenamento de água, espessura da camada e ângulo de impressão. O ângulo de impressão tem um impacto significativo na rugosidade da superfície, pois a posição – horizontal ou vertical – da fabricação do material influencia na precisão da PEO e no grau de polimerização (MARCEL, 2020). Destaca-se, também, que o ângulo de construção das amostras influenciam na dureza e a resistência à tração diametral, além de modificarem a espessura da camada de impressão (GRYMAK, 2021). Com isso, ocorre uma polimerização não homogênea, que compromete as propriedades mecânicas do material (REYES-SEVILLA, 2018; REVILLA-LEÓN, 2019). Estudos comprovam que as propriedades de dureza e rugosidade superficial foram melhores quando os materiais eram impressos em um ângulo de 45°. Além disso, com um ângulo de 0° os materiais obtêm maior brilho após impressão (GRYMAK, 2021). Para confecção das amostras impressas nesse estudo, o material foi impresso em 90°, o que pode ter influenciado nas propriedades analisadas.

As impressoras 3D influenciam diretamente nas propriedades dos materiais impressos (MUDE, 2018). As impressoras diferem com relação a precisão, tecnologia e resolução de impressão, obtendo diferentes resultados quanto a confecção dos PEO (REVILLA-LEÓN, 2019). A pós-cura é imprescindível para garantir a alta conversão para os fotopolímeros na impressão 3D e, assim, proporcionar melhores propriedades mecânicas, como dureza e resistência a fratura, além de evitar imprecisões nos objetos impressos (PEREA-LOWERY, 2021). Dentre os fatores responsáveis pelo alto grau de polimerização e profundidade da cura das resinas, destacam-se as características do fotopolimerizador, a espessura da camada de resina, o tempo de exposição, distância do material e da unidade fotopolimerizadora, a temperatura e tempo de cura. Para que haja uma fotopolimerização adequada, as resinas de impressão 3D devem possuir baixa viscosidade (PEREA-LOWERY, 2021). No presente trabalho, a pós cura foi realizada com a remoção dos excessos de resina através de banhos de álcool isopropílico, em seguida, as amostras foram secas e levadas à câmara de luz UV por 20 minutos, com aquecimento a 80°C, otimizando o pós-processamento e, conseqüentemente, as propriedades da resina.

A resina acrílica é polimerizada por uma reação de adição, sendo iniciada pela luz, calor ou iniciador químico (RETAMOSO, 2009). Corroborando os resultados obtidos no presente

trabalho, a literatura aponta que o grau de polimerização em resinas autopolimerizadas (RAAQ) difere do de resinas termopolimerizável (GIBREEL, 2021). Além disso, um dos fatores que podem melhorar as propriedades mecânicas da RAAQ é aplicar certa pressão durante o processo de polimerização da resina acrílica, que acelera a velocidade da reação e diminui a porosidade e a rugosidade superficial (RETAMOSO, 2009). Neste trabalho, as resinas autopolimerizáveis foram inseridas em muflas e que aumenta a pressão na amostra de resina. Ou seja, a forma de confecção da amostra influenciou positivamente a rugosidade superficial, porém a topografia das resinas autopolimerizáveis foi afetada pelo envelhecimento. Outro aspecto importante é o polimento das resinas acrílicas. Estudos mostraram que o tipo de polimento (químico ou físico) não alteraram as propriedades da RAAT, enquanto na RAAQ houve diferença estatística (SILVA, 2022). Isso pode ser explicado pelo fato de que a polimerização por ativação térmica é mais regular e completa em comparação com a RAAQ (SILVA, 2022).

O teste mecânico de resistência máxima à tração diametral é definido como a aplicação de carga compressiva longitudinal ao diâmetro da amostra, que gera tensão de tração no diâmetro perpendicular, com consequente deformação, e resulta em fratura longitudinal à área compressiva (FONTENELE, 2014; ANUSAVICE, 2001; SOARES, 2009). Por se tratar de uma propriedade de resistência, é importante que o material de confecção das placas estabilizadoras oclusais seja avaliado por esse teste, visto que estas estão indicadas para situações de grande quantidade de esforços mecânicos; além de ocasionais pequenos acidentes, como quedas. Considerando que durante o teste de resistência máxima à tração diametral, a força aplicada gera uma deformação, o material irá atingir o seu limite de tensão de ruptura. Além disso, estudos demonstram que a resistência à tração diametral é melhorada com o aumento da quantidade de carga inorgânica no material (SOARES, 2009). Materiais com módulo de elasticidade maiores, irão deformar menos e consequentemente será identificada a fratura do material (GIBREEL, 2022). Entretanto, devido ao baixo módulo de elasticidade das resinas confeccionadas pela técnica termo e autopolimerizadas, estes materiais continuaram se deformando, sem apresentar um padrão de falha adequado para este método de análise. Já a resina impressa, por possuir módulo de elasticidade superior as demais avaliadas, atingiu o limite de ruptura, resultando em fratura compatível com a metodologia empregada.

A biocorrosão é produzida por um processo químico e é causada pelo contato do ácido de fontes extrínsecas ou intrínsecas (GREEN, 2018). Essa condição, quando associada com a tensão (apertamento dentário) e o atrito (ranger dos dentes) provocados pelo bruxismo, acarreta em desgaste dentário e influencia negativamente nas propriedades mecânicas dos

materiais das placas de bruxismo. O desgaste e a dureza da superfície das placas oclusais dependem mais da composição do material do que da tecnologia de fabricação (GIBREEL, 2022). É importante destacar que o envelhecimento biocorrosivo afetou principalmente as características externas do material, como rugosidade (para resina impressa e autopolimerizável) e dureza (para todos os materiais avaliados). Em relação à resistência do material, não houve influência.

Considerando as limitações de um trabalho laboratorial, estes resultados devem ser analisados com cautela. Devido aos melhores resultados apresentados para a resina termoativada, mostra-se que este material continua sendo preferível para confecção de PEOs (MARIA, 2014; DOLORES, 2015). Mesmo considerando que os resultados para a resina impressa não foram tão satisfatórios, é importante entender todas as variáveis que podem influenciar nas suas propriedades mecânicas e compreender que o fluxo digital está em constante evolução, devendo os protéticos e dentistas se aperfeiçoarem para continuar progredindo a qualidade destes procedimentos (PEREA-LOWERY, 2021; GRZYMAK, 2021). Além disso, metodologias complementares como sorção/solubilidade e, a microscopia eletrônica de varredura devem ser inseridas em estudos futuros para análise mais profunda da topografia superficial e efeito do envelhecimento biocorrosivo.

7. CONCLUSÃO

Considerando as limitações metodológicas desse trabalho, é possível concluir que:

- O envelhecimento corrosivo influenciou negativamente a dureza das resinas utilizadas para confecção de placas estabilizadoras oclusais. Adicionalmente, contribuiu para o aumento da rugosidade das resinas impressas e autopolimerizáveis.
- A resina termopolimerizável apresentou as melhores propriedades mecânicas e de superfície para confecção das placas estabilizadoras oclusais.

8. REFERÊNCIAS

1. LOBBEZOO, F. et al. **Bruxism defined and graded: an international consensus.** Journal of Oral Rehabilitation. 2012; v.40, n.1, p.2–4. <https://doi.org/10.1111/joor.12011>.
2. RILEY, P. et al. **Oral splints for temporomandibular disorder or bruxism: a systematic review.** Br Dent J. 2020; v.228, p.191–197. <https://doi.org/10.1038/s41415-020-1250-2>.

3. BADER, G., LAVIGNE, G. **Sleep bruxism; an overview of an oro- mandibular sleep movement disorder.** Sleep Med Ver. 2000; v.4, p.27-43. <https://doi.org/10.1053/smr.v.1999.0070>.
4. LOBBEZOO, F. et al. **Bruxism is mainly regulated centrally, not peripherally.** J Oral Rehabil. 2001; v.28, n.12, p.1085-91. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2842.2001.00839.x>
5. BUSSADORI, S. K. et al. **The Current Trend in Management of Bruxism and Chronic Pain: An Overview of Systematic Reviews.** Journal of pain research. 2020; v.13, p.2413–2421. <https://doi.org/10.2147/JPR.S268114>.
6. GREEN, J.I. **Prevention and Management of Tooth Wear: The Role of Dental Technology.** Primary dental journal. 2018; v.5, n.3, p.30–33. <https://doi.org/10.1177/205016841600500302>.
7. CHEN, C-Y. et al. **Nonfunctional tooth contact in healthy controls and patients with myogenous facial pain.** Journal of orofacial pain. 2007, v.21, p.185-193.
8. MUDE, A.H. et al. **Properties of tonic episodes of masseter muscle activity during waking hours and sleep in subjects with and without history of orofacial pain.** J Prosthodont Res. 2018; v.62, n.2, p.234-238. <https://doi.org/10.1016/j.jpor.2017.09.003>.
9. MACHADO, A.C. et al. **Influência do apertamento dentário na origem de lesões não cariosas.** iK Journal. Jan. 2021, v.2, n.1, p.34-42.
10. KORKUT, B. et al. **Clinical Quantitative Evaluation of Tooth Wear: A 4-year Longitudinal Study.** Oral health & preventive dentistry. 2020; v.18, n.1, p.719–729.
11. ILOVAR, S. et al. **Biofeedback for treatment of awake and sleep bruxism in adults: systematic re- view protocol.** Syst Rev. May. 2014. v.2, n.3, p.42. <https://doi.org/10.1186/2046-4053-3-42>
12. KUZMANOVIC PFICER, J. et al. **Occlusal stabilization splint for patients with temporomandibular disorders: Meta-analysis of short and long term effects.** PloS one. 2017; v.12, p.2. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171296>
13. SILVA, CAG; GROSSI, ML; ARALDI, JC; CORSO,L. **Can hard and/or soft occlusal splints reduce the bite force transmitted to the teeth and temporomandibular joint discs? A finite elemento method analysis.** Cranio. 2020 Dec v.5, p.1-8. <https://doi.org/10.1080/08869634.2020.1853464>.
14. CLARK, G.T. **Terapia com placas oclusais.** In: Mohl, N.D., Zarb, G.A., Carlsson, G.E., Rugh, J.D. Fundamentos de oclusão. Rio de Janeiro: Quintessence; 1989.
15. PAPATHANASIOU, I., KAMPOSIOIRA, P., PAPAVALASIOU, G., & FERRARI, M. (2020). **O uso de PEEK em prótese digital: uma revisão narrativa.** BMC Oral Health , v.20, n.1, p. 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12903-020-01202-7>.
16. MARCEL, R. et al. **Accuracy of CAD/CAM-fabricated bite splints: milling vs 3D printing.** Clin Oral Investig. Dec. 2020; v.24, n.12, p.4607-4615. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03329-x>.
17. BERGMANN, A., EDELHOFF, D., SCHUBERT, O. et al. **Effect of treatment with a full-occlusion biofeedback splint on sleep bruxism and TMD pain: a randomized controlled clinical trial.** Clin Oral Invest. 2020, v.24, p.4005–4018. <https://doi.org/10.1007/s00784-020-03270-z>.
18. NEKORA, A., EVLIOGLU, G., CEYHAN, A. et al. **Patient responses to vacuum formed splints compared to heat cured acrylic splints: pilot study.** J. Maxillofac. Oral Surg. 2009, v.8, p.31–33. <https://doi.org/10.1007/s12663-009-0008-9>
19. MARIA, J. et al, **Análise da resistência flexural de resinas acrílicas termopolimerizáveis utilizadas em placas oclusais,** RFO UPF, v. 19, n. 1, p. 94–100, 2014. <https://doi.org/10.5335/rfo.v19i1.3607>.

20. SILVA, L. et al, **Resistência à flexão e microdureza da resina acrílica quimicamente ativada submetida à tratamento por energia de micro-ondas**, RGO.Revista Gaúcha de Odontologia (Online), v. 59, n. 2, p. 237–242, 2022.
21. DOLORES et al. **Avaliação microestrutural de resinas acrílicas utilizadas na confecção de placas oclusais**, Revista Saúde & Ciência Online. 2015. v. 4, n. 1, p. 12–24,
22. FERRAZ MESQUITA, M., SARCKIS DOMITTI, S., LEONARDO XEDIEK CONSANI, R., & CONSANI, S. **Efeito do polimento químico sobre a rugosidade superficial de resinas acrílicas ativadas química e termicamente em diferentes períodos de armazenagem**. Revista Da Faculdade De Odontologia - UPF, 2010, v.5, n.2.
23. PEREA-LOWERY, Leila et al, **Evaluation of the mechanical properties and degree of conversion of 3D printed splint material**, *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, v. 115, p. 104254, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2020.104254>
24. GRYMAK, Anastasiia et al, **Comparison of hardness and polishability of various occlusal splint materials**, *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, v. 115, p. 104270, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2020.104270>
25. 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; v.45, p. 539– 544. <https://doi.org/10.1111/joor.12636>.
26. REVILLA-LEÓN, M., ÖZCAN, M. **Tecnologias de fabricação aditiva usadas para Polímeros de processamento: estado atual e aplicação potencial em odontologia protética**. *J. Prostodont*. 2019. V. 28, p. 146–158.
27. RETAMOSO, LB, CUNHA, TMA; LUIZ, TB; GUARIZA, O; TANAKA, O. **Influência do método de manipulação na topografia de superfície da resina acrílica autopolimerizável**. RGO (Porto Alegre); 2009. v.57, n.3, p. 335-338.
28. GIBREEL M, PEREA-LOWERY L, VALLITTU PK, LASSILA L **Characterization of occlusal splint materials: CAD-CAM versus conventional resins**. *J Mech Behav Biomed Mater*. 2021 Dec; v.124, p.104813. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2021.104813>
29. FONTENELE MARQUES, V. **Avaliação da microdureza knoop e tração diametral de resinas compostas de uso direto**. *Revista Da Faculdade De Odontologia - UPF*, 2014. V.19, n.2. <https://doi.org/10.5335/rfo.v19i2.3865>.
30. ANUSAVICE, K.J. **Phillips: Materiais dentários**. 12. ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2013.
31. LEIB, Alden M. **Patient preference for light-cured composite bite splint compared to heat-cured acrylic bite splint**. *J Periodontol*, 2001. V.72, n.8. <https://doi.org/10.1902/jop.2001.72.8.1108>
31. SOARES, RG. **Avaliação da resistência flexural, módulo de elasticidade, carga de ruptura e parâmetros de cor de resinas acrílicas utilizadas para restaurações provisórias com fibra de vidro**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2009.
32. GIBREEL M, PEREA-LOWERY L, VALLITTU PK, LASSILA L. **Two-body wear and surface hardness of occlusal splint materials**. *Dental Materials Journal*. 2022. <https://doi.org/10.4012/dmj.2022-100>.

Agradecimentos:

Os autores agradecem ao laboratório Tomodachi (Uberlândia-MG) pela confecção das amostras de resinas impressas.

1. 9. Anexos 9.1 Relatórios das análises estatística 9.1.1 Rugosidade

Two Way Repeated Measures ANOVA (One Factor Repetition) segunda-feira, julho 11, 2022, 22:27:47

Data source: Data 1 in Notebook1

Balanced Design

Dependent Variable: Col 4

Normality Test (Shapiro-Wilk) Passed (P = 0,219)

Equal Variance Test: Passed (P = 0,229)

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Resina	20,0475	0,0237		10,438	<0,001
Col 1(Resina)	270,0614	0,00227			
Envelhecimento	10,0450	0,0450		68,805	<0,001
Resina x Envelhecimento	20,0324	0,0162		24,780	<0,001
Residual	270,0177	0,000654			
Total	59 0,204	0,00346			

Main effects cannot be properly interpreted if significant interaction is determined. This is because the size of a factor's effect depends upon the level of the other factor.

The effect of different levels of Resina depends on what level of Envelhecimento is present. There is a statistically significant interaction between Resina and Envelhecimento. (P = <0,001)

Power of performed test with alpha = 0,0500: for Resina : 0,973

Power of performed test with alpha = 0,0500: for Envelhecimento : 1,000

Power of performed test with alpha = 0,0500: for Resina x Envelhecimento : 1,000

Least square means for Resina :

Group Mean

termo 0,0748

auto 0,136

impressa 0,133

Std Err of LS Mean = 0,0107

Least square means for Envelhecimento :

Group Mean

antes 0,0871

depois 0,142

Std Err of LS Mean = 0,00699

Least square means for Resina x Envelhecimento :

Group Mean

termo x antes 0,0729

termo x depois 0,0767

auto x antes 0,114

auto x depois 0,158

impressa x antes 0,0745

impressa x depois 0,191

Std Err of LS Mean = 0,0121

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Tukey Test):

Comparisons for factor: **Envelhecimento within termo**

Comparison	Diff of Means	p	q	P	P<0,05
depois vs. antes	0,00375	2	0,464	0,746	No

Comparisons for factor: **Envelhecimento within auto**

Comparison	Diff of Means	p	q	P	P<0,05
depois vs. antes	0,0444	2	5,488	<0,001	Yes

Comparisons for factor: **Envelhecimento within impressa**

Comparison	Diff of Means	p	q	P	P<0,05
depois vs. antes	0,116	214	366	<0,001	Yes

Comparisons for factor: **Resina within antes**

Comparison	Diff of Means	p	q	P	P<0,05
auto vs. termo	0,0410	3	3,390	0,054	No
auto vs. impressa	0,0394	3	3,258	0,067	Do Not Test
impressa vs. termo	0,00160	3	0,132	0,995	Do Not Test

Comparisons for factor: **Resina within depois**

Comparison	Diff of Means	p	q	P	P<0,05
impressa vs. termo	0,114	3	9,427	<0,001	Yes
impressa vs. auto	0,0324	3	2,677	0,153	No
auto vs. termo	0,0817	3	6,749	<0,001	Yes

A result of "Do Not Test" occurs for a comparison when no significant difference is found between two means that enclose that comparison. For example, if you had four means sorted in order, and found no difference between means 4 vs. 2, then you would not test 4 vs. 3 and 3 vs. 2, but still test 4 vs. 1 and 3 vs. 1 (4 vs. 3 and 3 vs. 2 are enclosed by 4 vs. 2: 4 3 2 1). Note that not testing the enclosed means is a procedural rule, and a result of Do Not Test should be treated as if there is no significant difference between the means, even though one may appear to exist.

2. 9.2. Dureza

Two Way Repeated Measures ANOVA (One Factor Repetition) quinta-feira, agosto 04, 2022, 20:19:56

Data source: Data 1 in Notebook1

Balanced Design

Dependent Variable: dureza

Normality Test (Shapiro-Wilk) Passed (P = 0,993)

Equal Variance Test: Passed (P = 0,573)

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
tipo de resina	2	255,519	127,759	37,138	<0,001
subject(tipo de resina)	27	92,884	3,440		

envelhecimento	1	4,347	4,347	4,343	0,047
tipo de resin x envelhecimento	2	1,698	0,849	0,848	0,439
Residual	27	27,027	1,001		
Total	59	381,475	6,466		

The difference in the mean values among the different levels of tipo de resina is greater than would be expected by chance after allowing for effects of differences in envelhecimento. There is a statistically significant difference ($P = <0,001$). To isolate which group(s) differ from the others use a multiple comparison procedure.

The difference in the mean values among the different levels of envelhecimento is greater than would be expected by chance after allowing for effects of differences in tipo de resina. There is a statistically significant difference ($P = 0,047$). To isolate which group(s) differ from the others use a multiple comparison procedure.

The effect of different levels of tipo de resina does not depend on what level of envelhecimento is present. There is not a statistically significant interaction between tipo de resina and envelhecimento. ($P = 0,439$)

Power of performed test with $\alpha = 0,0500$: for tipo de resina : 1,000

Power of performed test with $\alpha = 0,0500$: for envelhecimento : 0,409

Power of performed test with $\alpha = 0,0500$: for tipo de resin x envelhecimento : 0,0500

Least square means for tipo de resina :

Group Mean

Termo 19,597

auto 14,577

impressa 17,597

Std Err of LS Mean = 0,415

Least square means for envelhecimento :

Group Mean

antes 17,526

Envelhecida 16,988

Std Err of LS Mean = 0,272

Least square means for tipo de resin x envelhecimento :

Group Mean

Termo x antes 20,039

Termo x Envelhecida 19,156

auto x antes 14,902

auto x Envelhecida 14,252

impressa x antes 17,638

impressa x Envelhecida 17,556

Std Err of LS Mean = 0,471

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Tukey Test):

Comparisons for factor: **tipo de resina**

Comparison	Diff of Means	p	q	P	P<0,050
Termo vs. auto	5,020	312,105	<0,001		Yes
Termo vs. impressa	2,000	3 4,824	0,006		Yes
impressa vs. auto	3,020	3 7,282	<0,001		Yes

Comparisons for factor: **envelhecimento**

Comparison	Diff of Means	p	q	P	P<0,050
antes vs. Envelhecida	0,538	22,947	0,047		Yes

3. 9.3. Módulo de elasticidade

Data source: Data 1 in Notebook1

Balanced Design

Dependent Variable: Col 10

Normality Test (Shapiro-Wilk) Passed (P = 0,968)

Equal Variance Test: Passed (P = 0,272)

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
tipo de resina	2	17,658	8,829	16,099	<0,001
subject(tipo de resina)	27	14,807	0,548		
envelhecimento	1	0,206	0,206	0,956	0,337
tipo de resin x envelhecimento	2	0,534	0,267	1,237	0,306
Residual	27	5,828	0,216		
Total	59	39,034	0,662		

The difference in the mean values among the different levels of tipo de resina is greater than would be expected by chance after allowing for effects of differences in envelhecimento. There is a statistically significant difference (P = <0,001). To isolate which group(s) differ from the others use a multiple comparison procedure.

The difference in the mean values among the different levels of envelhecimento is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in tipo de resina. There is not a statistically significant difference (P = 0,337).

The effect of different levels of tipo de resina does not depend on what level of envelhecimento is present. There is not a statistically significant interaction between tipo de resina and envelhecimento. (P = 0,306)

Power of performed test with alpha = 0,0500: for tipo de resina : 0,999

Power of performed test with alpha = 0,0500: for envelhecimento : 0,0500

Power of performed test with alpha = 0,0500: for tipo de resin x envelhecimento : 0,0813

Least square means for tipo de resina :

Group Mean

Termo 1,982

auto 2,333

impressa 3,267

Std Err of LS Mean = 0,166

Least square means for envelhecimento :

Group Mean

antes 2,469

Envelhecida 2,586

Std Err of LS Mean = 0,113

Least square means for tipo de resin x envelhecimento :

Group Mean

Termo x antes 1,952

Termo x Envelhecida 2,012

auto x antes 2,147

auto x Envelhecida 2,519

impressa x antes 3,307

impressa x Envelhecida 3,228

Std Err of LS Mean = 0,195

All Pairwise Multiple Comparison Procedures (Tukey Test):

Comparisons for factor: **tipo de resina**

Comparison	Diff of Means	p	q	P	P<0,050
impressa vs. Termo	1,285	37,763	<0,001		Yes
impressa vs. auto	0,934	35,643	0,001		Yes
auto vs. Termo	0,351	32,120	0,307		No

4. 9.4. Tração Diametral

t-test

quarta-feira, julho 27, 2022, 09:26:01

Data source: Data 1 in Notebook1

Dependent Variable: Col 2

Normality Test (Shapiro-Wilk) Passed (P = 0,134)

Equal Variance Test: Passed (P = 0,746)

Group Name	N	Missing	Mean	Std Dev	SEM
naoenvelhecida	10	0	108,615	7,823	2,474
Envelhecida	10	0	106,046	9,369	2,963

Difference 2,568

t = 0,665 with 18 degrees of freedom.

95 percent two-tailed confidence interval for difference of means: -5,541 to 10,678

Two-tailed P-value = 0,514

The difference in the mean values of the two groups is not great enough to reject the possibility that the difference is due to random sampling variability. There is not a statistically significant difference between the input groups (P = 0,514).

One-tailed P-value = 0,257

The sample mean of group naoenvelhecida does not exceed the sample mean of the group Envelhecida by an amount great enough to exclude the possibility that the difference is due to random sampling variability. The hypothesis that the population mean of group Envelhecida is greater than or equal to the population mean of group naoenvelhecida cannot be rejected. (P = 0,257).

Power of performed two-tailed test with alpha = 0,050: 0,097

The power of the performed test (0,097) is below the desired power of 0,800. Less than desired power indicates you are less likely to detect a difference when one actually exists. Negative results should be interpreted cautiously.

Power of performed one-tailed test with alpha = 0,050: 0,158

The power of the performed test (0,158) is below the desired power of 0,800. Less than desired power indicates you are less likely to detect a difference when one actually exists. Negative results should be interpreted cautiously.

Two Way Analysis of Variance

quarta-feira, julho 27, 2022, 09:33:00

Data source: Data 1 in Notebook1

Balanced Design

Dependent Variable: Col 7

Normality Test (Shapiro-Wilk) Passed (P = 0,304)

Equal Variance Test: Passed (P = 0,963)

Source of Variation	DF	SS	MS	F	P
Col 5	10,0449	0,0449	1,219	0,277	
Col 6	10,0640	0,0640	1,737	0,196	
Col 5 x Col 6	10,00361	0,00361	0,0980	0,756	
Residual	36	1,326	0,0368		
Total	39	1,439	0,0369		

The difference in the mean values among the different levels of Col 5 is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Col 6. There is not a statistically significant difference (P = 0,277).

The difference in the mean values among the different levels of Col 6 is not great enough to exclude the possibility that the difference is just due to random sampling variability after allowing for the effects of differences in Col 5. There is not a statistically significant difference (P = 0,196).

The effect of different levels of Col 5 does not depend on what level of Col 6 is present. There is not a statistically significant interaction between Col 5 and Col 6. (P = 0,756)

Power of performed test with alpha = 0,0500: for Col 5 : 0,0701

Power of performed test with alpha = 0,0500: for Col 6 : 0,124

Power of performed test with alpha = 0,0500: for Col 5 x Col 6 : 0,0500

Least square means for Col 5 :

Group Mean

Termo 2,773

auto 2,840

Std Err of LS Mean = 0,0429

Least square means for Col 6 :

Group Mean

naoenvelhecida 2,846

Envelhecida 2,766

Std Err of LS Mean = 0,0429

Least square means for Col 5 x Col 6 :

Group Mean

Termo x naoenvelhecida 2,803

Termo x Envelhecida 2,742

auto x naoenvelhecida 2,889

auto x Envelhecida 2,790

Std Err of LS Mean = 0,0607