

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO E MICRODUREZA DE UMA  
RESINA MICROHÍBRIDA FOTOATIVADA EM DIFERENTES IRRADIÂNCIAS**

 <https://doi.org/10.56238/sevened2024.034-010>

**Sarah de Araújo Mendes Cardoso**

Mestranda, Piracicaba Dental School, State University of Campinas (UNICAMP)  
s290973@dac.unicamp.br

**Geovanna de Castro Bizarria**

Mestranda, Piracicaba Dental School, State University of Campinas (UNICAMP)  
geovannabizarria@gmail.com

**Carolina Cardoso de Araujo**

Mestranda, Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (FORP/USP)  
carolinacodonto@outlook.com

**Álefi Marques Lopes da Silva**

Mestrando, Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (FORP/USP)  
alefi1968@gmail.com

**Wglanna Kellen de Maria Silva Costa**

Cirurgiã-Dentista, Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA)  
wglanna@hotmail.com

**Ulhiana Luzia Soares Morais**

Cirurgiã-Dentista, Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA)  
ulhianaluziasoaresmorais@gmail.com

**Nicollas Gabriel de Carvalho Lima**

Graduando, Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA)  
nicollasgabriel128@gmail.com

**Ousanas Wesllen Macedo da Costa**

Graduando, Centro Universitário Santo Agostinho (UNIFSA)  
ousanaswesllen@gmail.com

**Maria Sarah Teresa Lima Verde Moura**

Mestranda, Universidade Federal do Piauí (UFPI)  
masarah144@gmail.com

**Igor Gabriel Ribeiro Dantas**

Graduando, Centro Universitário Doutor Leão Sampaio (UNILEÃO)  
igorgabriel167899@gmail.com

**Marine Olmos Villagomez**

Mestranda, Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo (FORP/USP)  
marine.olmos@usp.br



## **RESUMO**

Testes de avaliação físico-mecânicas fornecem dados sobre rigidez, resiliência e a dureza dos materiais, assim como permitem a associação dessas características com fatores de conversão monomérica, agente importante que influenciará diretamente a otimização de resultados estéticos e funcionais. Esse estudo piloto buscou avaliar uma resina composta microhíbrida, usada em restaurações dentárias de classes I e II, através dos testes físico-mecânicos de resistência à flexão e microdureza Knoop. Este proporcionou dados relevantes sobre a capacidade do material de suportar forças de deformação e seu grau de conversão de acordo com diferentes métodos de fotoativação. Para o estudo utilizou-se resina composta Fill Magic – Vigodent. Foram confeccionados 9 espécimes, divididos em 3 grupos de acordo com o modo de fotoativação. Os métodos de polimerização utilizados foram o modo STANDART e o HIGH. A fotoativação foi realizada no centro das amostras. Os espécimes foram fixados num dispositivo metálico, acoplado à máquina de ensaio universal e submetidos ao teste de resistência à flexão de três pontos. A força foi aplicada no centro do espécime numa velocidade de 1mm/min com célula de carga de 500 N, até a falha completa do espécime. Em seguida os mesmos espécimes submetidos ao teste de flexão foram avaliados no ensaio de microdureza de Knoop. Os resultados obtidos indicam que o protocolo de fotoativação, especialmente o tempo de exposição e a proximidade da ponteira, influencia diretamente a resistência mecânica e a dureza do material, com melhores resultados observados nos grupos com maior tempo de fotoativação.

**Palavras-chave:** Testes Mecânicos. Resistência à Flexão. Testes de Dureza. Resinas Compostas.

## 1 INTRODUÇÃO

A verificação do desempenho de materiais dentários em condições clínicas viabiliza uma previsão da capacidade do material de resistir à deformação sob carga, a resistência à abrasão e a capacidade de integridade da superfície do material, os quais são parâmetros fundamentais para a longevidade das restaurações (Heintze et al, 2017).

Testes de avaliação físico-mecânicas fornecem dados sobre rigidez, resiliência e a dureza dos materiais, assim como permitem a associação dessas características com fatores de conversão monomérica, agente importante que influenciará diretamente a otimização de resultados estéticos e funcionais (Heintze et al., 2011; Opdam et al., 2014).

O material restaurador/protético dentário deve apresentar integridade mecânica funcional no ambiente oral, desde o momento pós-operatório até longos períodos que representam a longevidade da reabilitação (Ilie N et al., 2017). Para identificar em um material resinoso os valores mínimos esperados de resistência, o teste de flexão desenvolve tensões de tração, compressão e cisalhamento durante sua execução, o que representa forte embasamento científico para correlações de fraturas clínicas de restaurações de resina composta, podendo orientar o dentista quanto ao desgaste clínico do material (Heintze et al., 2017).

Nesse sentido, o teste de flexão mais comum e altamente confiável para avaliar o módulo de elasticidade de um espécime de resina composta é o modo de carregamento em três pontos, de acordo com a ISO 4049 (ISO, 2019). O módulo elástico em um teste de flexão em três pontos possui boa correlação com o módulo de indentação na avaliação da resistência de um compósito resinoso, sendo essa análise realizada através de um dispositivo de dureza, que força um indentador na superfície da amostra e o resultado do teste é a relação entre a força e a profundidade de indentação relevante (Oliver, 1992; Cardoso, 2023). Desse modo, a microdureza de Knoop mede a dureza da superfície do compósito, que pode ser correlacionada diretamente ao seu grau de conversão, dado que indica não apenas sobre as propriedades mecânicas, mas também sobre o modo de degradação química do material.

Diante disso, esse estudo piloto buscou avaliar uma resina composta microhíbrida, usada em restaurações dentárias de classes I e II, através dos testes físico-mecânicos de resistência à flexão e microdureza de Knoop. Proporcionando dados relevantes sobre a capacidade do material de suportar forças de deformação e seu grau de conversão de acordo com diferentes métodos de fotoativação.

## 2 RESINA COMPOSTA MICROHÍBRIDA

Os compósitos microhíbridos são amplamente classificados como “compósitos universais” devido à sua versatilidade, permitindo utilização tanto em restaurações anteriores quanto posteriores. Essa classificação fundamenta-se em sua combinação otimizada de resistência mecânica e capacidade

de polimento, atendendo às demandas estéticas e funcionais (Ferracane., 2011). Os compósitos microhíbridos são formulados com sistemas de carga mistos, incorporando partículas microfinas com tamanhos variando de 0,4µm, visando a otimização da lisura da superfície em comparação com compósitos de partículas menores, enquanto preservam suas propriedades mecânicas desejáveis. Dessa forma, esses materiais são frequentemente classificados como compósitos de utilidade geral, adequados para a restauração de áreas que apresentam elevada solicitação mecânica, nas quais as considerações estéticas são fundamentais (Rawls., 2013).

A composição desses materiais é baseada em sílica coloidal e partículas moídas de vidro que contêm metais pesados, resultando em um teor inorgânico de aproximadamente 75 a 80% em peso. As partículas de vidro apresentam um tamanho médio de 0,4 a 1,0 µm, com uma tendência consistente de redução do tamanho das partículas à medida que melhorias são integradas às formulações. Estima-se que cerca de 75% das partículas moídas sejam inferiores a 1,0 µm, enquanto a sílica coloidal representa entre 10 a 20% do peso total do conteúdo de carga. Essa combinação de componentes contribui para as propriedades mecânicas e estéticas superiores das resinas microhíbridas em aplicações odontológicas (Anusavice; Shen; Rawls., 2013).

### 3 TESTE DE FLEXÃO

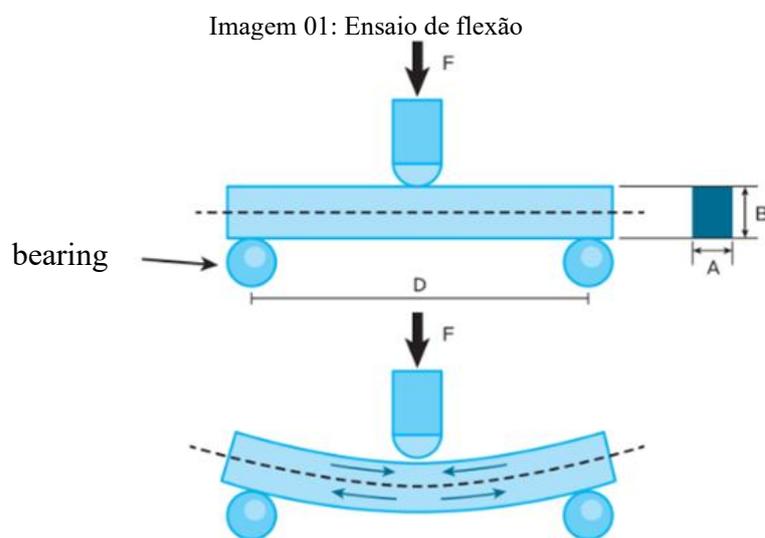
A resistência à flexão é uma propriedade intrínseca dos materiais, definida como a tensão máxima suportada por um espécime imediatamente antes da falha durante a aplicação de um teste de flexão. Este parâmetro, frequentemente denominado resistência à ruptura transversal, resistência flexural ou módulo de ruptura, é amplamente utilizado para caracterizar o desempenho mecânico de materiais sob cargas que induzem flexão. O ensaio de flexão transversal, realizado em espécimes com geometria padronizada, usualmente de seção transversal circular ou retangular, permite avaliar de forma precisa a capacidade do material de resistir a tensões flexurais antes de atingir o ponto de ruptura. (Plotino *et al.*, 2007; Novais *et al.*, 2009; Thomas *et al.*, 2015; Janani *et al.*, 2022.)

O teste de flexão avalia a resistência de uma barra apoiada nas extremidades sob carga estática para quantificar a energia que o material pode absorver sem fratura. Se a resistência à flexão do material não for suficiente para suportar tensões de mastigação, existe um maior risco de fratura. A maioria dos materiais falha sob tensão de tração antes de falhar sob tensão de compressão; portanto, o valor máximo de tensão de tração que pode ser suportado antes que a amostra falhe representa sua resistência à flexão. Esse teste serve como um preditor do comportamento mecânico de um compósito resinoso utilizado clinicamente (Braem *et al.*, 1994; Anusavice., 2013; Calheiros *et al.*, 2013; Dathan *et al.*, 2023).

Conforme estabelecido na norma internacional ISO 4049, o procedimento para a avaliação da resistência à flexão de compósitos odontológicos requer a confecção de espécimes retangulares na forma de barras, com dimensões de 10×2×2 mm<sup>3</sup>, para a realização do teste de flexão em três pontos.

Durante a aplicação de carga, a deformação do espécime sob flexão resulta em tensões de tração na superfície convexa inferior, que são potencialmente responsáveis pelo início do mecanismo de falha. Essa análise permite uma melhor compreensão das propriedades mecânicas dos compósitos odontológicos em condições de estresse clínico (Darvell., 2002).

No teste de flexão em três pontos, as amostras retangulares são posicionadas sobre dois suportes inferiores de uma máquina de ensaio universal. A aplicação de força ocorre em um único ponto superior, situado no ponto médio da amostra, o que resulta em uma distribuição uniforme de carga. Essa configuração experimental permite a concentração da carga no centro do espécime, onde se estabelece a deflexão máxima e a tensão máxima, facilitando, assim, a avaliação das propriedades mecânicas do material em relação à sua resistência à flexão. Essa metodologia é crucial para a caracterização do desempenho de materiais em aplicações clínicas (Chain, 2013). Normas ISO 4049 para resinas e ISSO 6872 para cerâmicas.



Fonte: Chain, *et al.* 2023

#### 4 TESTE DE MICRODUREZA

Dentre os diversos tipos de testes *in vitro* comumente utilizados para simular as tensões que atuam sobre o complexo dente-restauração durante o ato mastigatório, o teste de microdureza é um dos mais realizados, pois este é capaz de prever se o material restaurador resistirá ao desgaste decorrente do ambiente bucal (Benetti *et al.*, 2011; De Mendonça *et al.*, 2021). Este aspecto é de suma importância na odontologia, haja visto que o comportamento da superfície está relacionado à eficiência clínica a longo prazo (Moraes *et al.*, 2008; Bragança *et al.*, 2020).

A dureza é observada como sendo uma propriedade de superfície importante e é definida como a resistência do material à indentação ou penetração permanente sob aplicação de uma tensão. Este método, pode ser executado de maneira simples e eficaz, e pode ser indicado de forma indireta, para

avaliar o grau de conversão de moléculas de baixo peso (monômeros) em moléculas de alto peso (polímeros) de materiais resinosos (Lee; Lai; Hsu, 2002; Schoeffel *et al.*, 2020). Este grau de conversão ocasiona a atenuação da luz da unidade de cura conforme esta passa através do material, onde pode-se analisar a profundidade da cura (Shimokawa *et al.*, 2017; De Mendonça *et al.*, 2021).

Os dados de microdureza para um material específico fornecem informações sobre seu desgaste, polimento e efeito abrasivo em dentes antagonistas (Marovic *et al.*, 2013). A microdureza está estritamente relacionada às características de composição dos materiais avaliados, e é influenciada pelo envelhecimento, absorção de água e reações que ocorrem sobre a superfície do material (Prabhakar; Paul; Basappa, 2010; Colombo *et al.*, 2019).

Os testes de microdureza Knoop e Vickers medem a microdureza de materiais dentários, eles são utilizados para avaliar a qualidade do processo de polimerização das resinas compostas (Schneider *et al.*, 2016). Estes testes são aplicados para produzir indentações microscópicas, a sua aplicação consiste em penetrar um indentador em forma de pirâmide alongada em uma superfície plana (Knoop) e em forma de pirâmide com base quadrada (Vickers) (Anusavice; Shen; Rawls, 2013). Estes podem conceder uma boa determinação da resistência à deformação plástica gerada pela aplicação de uma tensão (Deniz Arisu *et al.*, 2018; Colombo *et al.*, 2019).

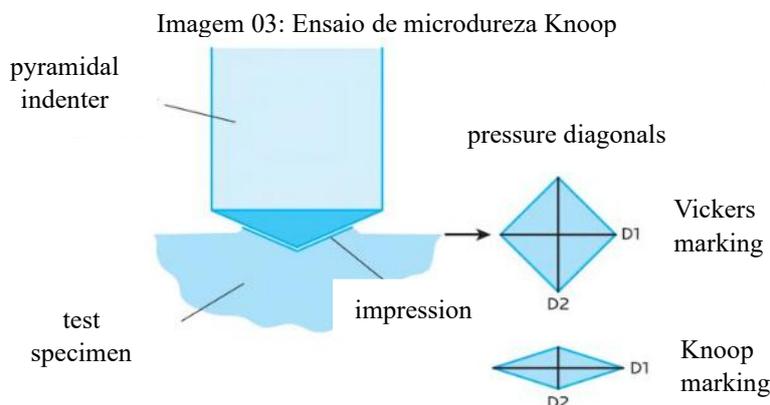
Materiais com baixa dureza de superfície são mais susceptíveis à rugosidade e esta pode comprometer a resistência à fadiga do material e provocar falha prematura da restauração (Rodrigues *et al.*, 2010).

Os corpos de prova possuem indicação de serem confeccionados baseados na International Organization Standardization (ISO), trata-se de uma organização que visa promover uma padronização com intuito de contribuir com as pesquisas científicas. Com base na ISO 4049/2019 - *Dentistry-Polymer-Based Restorative Materials*, é indicado que os corpos de prova sejam confeccionados e testados a  $23 \pm 2^\circ$  (exceto, se a orientação do fabricante for outra) com controle de umidade relativa com intuito que esta permaneça maior que 30% e menor que 70%. Se o material for refrigerado para armazenamento, deve-se aguardar que ele esteja na temperatura citada anteriormente, antes do teste.

A luz, tanto natural quanto artificial, é capaz de desencadear a ativação de materiais resinosos, na tentativa de evitar isto, o teste deverá ser realizado em ambiente escuro com qualquer luz artificial filtrada por um filtro amarelo (ISO 4049/2019 *Dentistry-Polymer-Based restorative Materials*).

Quando corpos de prova totalmente curados são necessários para teste, é importante observar e garantir que estes estejam homogêneos após a remoção do molde. Não deverá haver fendas, vazios, descontinuidades ou inclusões de ar presentes quando visualizados sem ampliação. A fotopolimerização será feita baseada nas recomendações do fabricante, é importante certificar que a fonte de luz externa esteja em uma condição operacional satisfatória. É preconizado pela ISO que a profundidade de cura de resinas compostas não deve ser menor que 1 mm se forem rotulados como

opacos pelo fabricante, ou não menor que 1,5 mm para outros materiais restauradores (ISO 4049/2019 *Dentistry-Polymer-Based restorative Materials*).



Fonte: Chain, *et al.* 2023

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de um estudo piloto para avaliação de uma resina composta microhíbrida, utilizando testes físico-mecânicos de resistência à flexão e microdureza Knoop.

### 5.1 AMOSTRA

Para o estudo utilizou-se resina composta Fill Magic - Vigodent (Tabela 01).

Tabela 01 - Composição do material de estudo

MATERIAL	MARCA	FABRICANTE	MONÔMEROS	CARGA INORGÂNICA (% em peso)	OUTROS COMPONENTES
Fill Magic	Vigodent	Vigodent	Bis-GMA, Bis-EMA, UDMA, TEGMA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carga de 5,0 µm</li> <li>• 75%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fotoiniciador</li> <li>• Pigmentos</li> </ul>

Fonte: VIGODENT INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.

Foram confeccionados 9 espécimes, divididos em 3 grupos de acordo com o modo de fotopolimerização (Tabela 02).

Tabela 02 - Divisão dos grupos

GRUPO	MATERIAL	N AMOSTRAL	MODO DE FOTOPOLIMEIRZAÇÃO
Grupo 1	Fill Magic	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• STANDART</li> <li>• 20 segundos</li> <li>• Ponteira encostada no espécime</li> </ul>
Grupo 2	Fill Magic	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HIGH</li> <li>• 6 segundos</li> <li>• Ponteira encostada no espécime</li> </ul>
Grupo 3	Fill Magic	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• HIGH</li> <li>• 6 segundos</li> </ul>

			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ponteira em distância de 10mm do espécime</li> </ul>
--	--	--	---

Fonte: Autores, 2024.

## 5.2 CONFECÇÃO DAS AMOSTRAS

Amostras de resina composta foram preparadas em uma matriz de silicone de adição com dimensões 2x2x10 mm, com resina composta Fill Magic (Vigodent). Os incrementos de resina foram dispensados na matriz por meio de uma espátula de número 1, sendo que a matriz foi posta sobre uma placa de vidro, enquanto que, na porção superior, colocou-se fita de poliéster sobre a matriz e cobriu-se com uma lâmina de vidro, garantindo lisura superficial para o lado da resina composta que foi fotopolimerizada (Imagem 02).

As amostras foram fotopolimerizadas com o aparelho fotopolimerizador LED X Pro-Orthometric. Os métodos de polimerização utilizados foram o modo *STANDART* e o *HIGH*. A fotopolimerização foi realizada no centro das amostras.

Imagem 03: Passo a passo para confecção das amostras



Fonte: Autores, 2024. Legenda: 3A: Resina composta Fill Magic (Vigodent) utilizada para confecção dos espécimes. 3B: Confecção dos espécimes em matriz de silicone de adição com dimensões 2x2x10mm. 3C: Protocolo de fotopolimerização da amostra com ponteira próxima. 3D: Modo *STANDART* por 20 s. 3E: Modo *HIGH* por 6s.

Os espécimes foram fixados num dispositivo metálico, acoplado à máquina de ensaio universal (INSTRON - 4411), e submetidos ao teste de resistência à flexão de três pontos (Imagem 4). A força foi aplicada no centro do espécime numa velocidade de 1mm/min com célula de carga de 500 N, até a falha completa do espécime. Em seguida os mesmos espécimes submetidos ao teste de flexão foram avaliados no ensaio de microdureza de Knoop (Imagem 05).

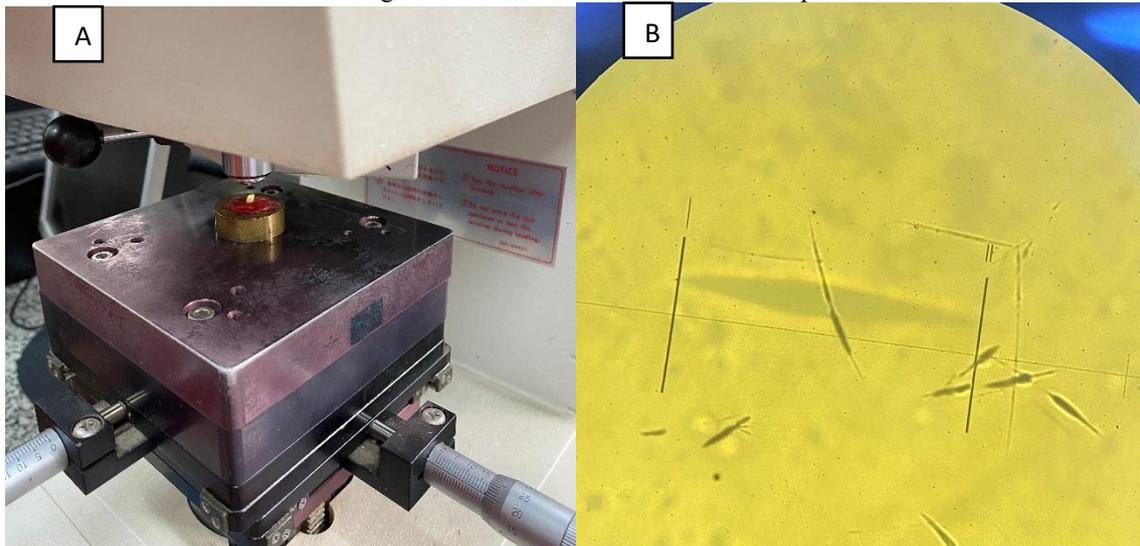
Imagem 04: Ensaio mecânico de flexão em máquina INSTRON - 4411



Fonte: Autores, 2024.

Foi realizado o teste de microdureza de Knoop nos espécimes que passaram pelo ensaio de resistência à flexão.

Imagem 05: Teste de microdureza de Knoop



Fonte: Autores, 2024. Legenda: 5A: Máquina para teste de microdureza de Knoop. 5B: Vista microscópica de indentação de Knoop.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos testes de flexão foram tabulados em planilhas de Excel para comparação dos valores entre os grupos (Tabelas 03, 04, 05 e 06).

Tabela 03: Teste de flexão do Grupo 01 (Resina composta fotoativada por 20s, com modo “*STANDART*” e ponteira próxima à amostra).

Amostra	Resistência a flexão (MPa)	Módulo de Elasticidade (Automatic Young's) (GPa)	Carga Máxima (N)	Espessura (mm)	Largura (mm)
1	213,78	3,68	-181,10	2,20	2,10
2	207,93	3,12	-174,20	2,30	1,90
3	223,32	4,28	-171,10	2,20	1,90
Média	215,01	3,69	-175,47	2,23	1,97
DP	7,77	0,58	5,12	0,06	0,12

Tabela 04: Tabela 02: Teste de flexão do Grupo 02 (Resina composta fotoativada por 6s, com modo “*HIGH*” e ponteira próxima à amostra).

	Resistência a flexão (MPa)	Módulo de Elasticidade (Automatic Young's) (GPa)	Carga Máxima (N)	Espessura (mm)	Largura (mm)
1	185,49	3,11	-143,20	2,10	2,10
2	164,46	3,89	-108,80	2,10	1,80
3	208,50	4,47	-125,10	2,00	1,80
Média	186,15	3,82	-125,70	2,07	1,90
DP	22,03	0,68	17,21	0,06	0,17

Tabela 05: Teste de flexão do Grupo 03 (Resina composta fotoativada por 6s, com modo “*HIGH*” e ponteira em distância de 10mm da amostra)

	Resistência a flexão (MPa)	Módulo de Elasticidade (Automatic Young's) (GPa)	Carga Máxima (N)	Espessura (mm)	Largura (mm)
1	147,54	1,71	-107,10	2,20	1,80
2	139,60	1,75	-107,00	2,20	1,90
3	127,84	2,05	-84,56	2,10	1,80
Média	138,33	1,84	-99,55	2,17	1,83
DP	9,91	0,19	12,98	0,06	0,06

Tabela 06: Média e desvio padrão de cada grupo

	Grupo 01	Grupo 02	Grupo 03
Média	215,01	186,15	138,33
DP	7,77	22,03	9,91

Os resultados do teste de microdureza Knoop foram tabulados em planilha de Excel para comparação dos valores entre os grupos (Tabelas 07, 08, 09).

Tabela 07: Valores do teste de microdureza Knoop Grupo 01.

GRUPO 01	Espécime 01	Espécime 02	Espécime 03	MÉDIA
Endentação 01	49.7	44.5	43.9	46.03
Endentação 02	28.7	28.2	29.1	28.67
Endentação 03	28	27.6	28.0	27.87

Tabela 08: Valores do teste de microdureza Knoop Grupo 02.

GRUPO 02	Espécime 01	Espécime 02	Espécime 03	MÉDIA
Endentação 01	40.5	41.4	40.9	40.93
Endentação 02	27.2	28.1	24.0	26.4
Endentação 03	23.1	27.2	23.1	24.46

Tabela 09: Valores do teste de microdureza Knoop Grupo 03.

GRUPO 03	Espécime 01	Espécime 02	Espécime 03	MÉDIA
Endentação 01	34.4	32.2	34.9	33.8
Endentação 02	25.4	26.1	26.1	25.8
Endentação 03	18.3	19.0	19.4	18.9

De acordo com o resultado da tabela 4, o grupo 01 (Resina composta fotoativada por 20s, com modo “*STANDART*” e ponteira próxima à amostra) apresentou melhor resistência à flexão. Além disso, os maiores valores do teste Knoop também se referem ao grupo 01, dados que podem ser relacionados a estudos que afirmam que características físicas da resina podem ser influenciadas pelo protocolo de polimerização realizado (Asmussen *et al.*, 2004; Schneider *et al.*, 2016; Alzahrani *et al.*, 2023).

As direções das indentações seguiram a ordem: topo, centro da amostra e superfície inferior. Ao se avaliar os resultados obtidos, é possível afirmar que a superfície de topo apresentou resultados maiores, para os três grupos de método de polimerização. Esses dados podem ser relacionados com a intensidade de luz incidente, a qual está em contato direto com a ponta ativa do aparelho fotopolimerizador, podendo resultar em maior número de fótons disponíveis para ativação dos fotoiniciadores, em comparação com a superfície inferior do espécime que se encontra mais distante da ponta do aparelho (Silva *et al.*, 2022; Son *et al.*, 2014). A baixa conversão de monômeros em polímeros pode resultar em menores valores de microdureza da superfície (Flury *et al.*, 2014).

## 7 CONCLUSÃO

O estudo demonstrou a importância dos testes físico-mecânicos, como a resistência à flexão e a microdureza de Knoop, na avaliação das propriedades de resinas compostas microhíbridas utilizadas em restaurações dentárias. Os resultados obtidos indicam que o protocolo de fotopolimerização, especialmente o tempo de exposição e a proximidade da ponteira, influencia diretamente a resistência mecânica e a dureza do material, com melhores resultados observados nos grupos com maior tempo de fotopolimerização. Além disso, a variação na conversão de monômeros em polímeros, especialmente em diferentes superfícies da amostra, também contribui para os diferentes desempenhos mecânicos, destacando a importância da otimização do processo de polimerização para garantir a longevidade e a eficácia das restaurações dentárias.



## REFERÊNCIAS

- ALZHRANI B. et al. Surface hardness and flexural strength of dual-cured bulk-fill restorative materials after solvent storage. *BMC Oral Health*. v. 23, n. 1, p. 306, 2023.
- ASMUSSEN E. et al. Flexural strength and modulus of a step-cured resin composite. *Acta Odontol Scand*. v. 62, n. 2, p.87-90, 2004. doi: 10.1080/00016350310008823. PMID: 15198388.
- ANUSAVICE, K.J. *Phillips materiais dentários*. Elsevier Brasil, 2013.
- BENETTI, A. R. et al. Influence of curing rate on softening in ethanol, degree of conversion, and wear of resin composite. *American journal of dentistry*, v. 24, n. 2, p. 115-118, 2011.
- BRAGANÇA, G. F. et al. Effect of exposure time and moving the curing light on the degree of conversion and Knoop microhardness of light-cured resin cements. *Dental Materials*, v. 36, n. 11, p. 340-351, 2020.
- CARDOSO, P. H. N. *et al.* Analysis of the influence of gentamicin sulfate and cooling technique on the mechanical properties of Poly (methyl methacrylate). Seven Editora, 2023.
- COLOMBO, M. et al. Vickers micro-hardness of new restorative CAD/CAM dental materials: evaluation and comparison after exposure to acidic drink. *Materials*, v. 12, n. 8, p. 1-11, 2019.
- DARVELL, B. W. Resin restorative materials. *Materials science for dentistry*, p. 143-191, 2018.
- DE LA CRUZ, D. J.; CISNEROS-DEL ÁGUILA, M. Effect of two oxygen-inhibiting agents on the surface microhardness of giomer restorative materials. *Acta Odontológica Latinoamericana*, v. 37, n. 2, p. 99, 2024.
- DE MENDONÇA, B. C. et al. Flexural strength and microhardness of bulk-fill restorative materials. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, v. 33, n. 4, p. 628-635, 2021.
- DE MORAES, R. R. et al. Effects of 6 months of aging in water on hardness and surface roughness of two microhybrid dental composites. *Journal of Prosthodontics*, v. 17, n. 4, p. 323-326, 2008.
- DENIZ ARISU, H. et al. Use of artificial neural network in determination of shade, light curing unit, and composite parameters' effect on bottom/top Vickers hardness ratio of composites. *BioMed research international*, v. 2018, n. 1, p. 4856707, 2018.
- FERRACANE, J. L. Resin composite—state of the art. *Dental materials*, v. 27, n. 1, p. 29-38, 2011.
- FLURY, S. et al. Influence of increment thickness on microhardness and dentin bond strength of bulk fill resin composites. *Dental Materials*, v. 30, n.10, p. 1104-1112, 2014.
- HEINTZE, S. D.; ZIMMERLI, B. Relevance of in vitro tests of adhesive and composite dental materials, a review in 3 parts. Part 1: Approval requirements and standardized testing of composite materials according to ISO specifications. *Schweizer Monatsschrift fur Zahnmedizin= Revue mensuelle suisse d'odonto-stomatologie= Rivista mensile svizzera di odontologia e stomatologia*, v. 121, n. 9, p. 804-816, 2011.
- HEINTZE, S. D. et al. Laboratory mechanical parameters of composite resins and their relation to fractures and wear in clinical trials—A systematic review. *Dental materials*, v. 33, n. 3, p. e101-e114, 2017.



ILIE, N. et al. Academy of dental materials guidance—Resin composites: Part I—Mechanical properties. *Dental materials*, v. 33, n. 8, p. 880-894, 2017.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *Dentistry-Polymer-based Filling, Restorative and Luting Materials*. Global Engineering Documents, 2000.

ISO, BSEN. '4049: 2019; Dentistry—Polymer-Based Restorative Materials'. British Standard: London, UK, 2019.

JANANI, K.; GANESH, S. B.; JAYALAKSHMI, S. Evaluation of flexural strength of bulk-fill composite resin after immersion in fruit juices: An: in vitro: study. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*, v. 13, n. Suppl 1, p. S164-S167, 2022.

LEE, S.; LAI, Y.; HSU, T. Influence of polymerization conditions on monomer elution and microhardness of autopolymerized polymethyl methacrylate resin. *European Journal of Oral Sciences*, v. 110, n. 2, p. 179-183, 2002.

MAROVIC, D. et al. Degree of conversion and microhardness of dental composite resin materials. *Journal of molecular structure*, v. 1044, p. 299-302, 2013.

MORAES, R. R. et al. Light-activation of resin cement through ceramic: relationship between irradiance intensity and bond strength to dentin. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials*, v. 85, n. 1, p. 160-165, 2008.

NOVAIS, V. R. et al. Flexural modulus, flexural strength, and stiffness of fiber-reinforced posts. *Indian journal of dental research*, v. 20, n. 3, p. 277-281, 2009.

OLIVER, W. C.; PHARR, G. M. An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation experiments. *Journal of materials research*, v. 7, n. 6, p. 1564-1583, 1992.

OPDAM, N. J. M. et al. Longevity of posterior composite restorations: a systematic review and meta-analysis. *Journal of dental research*, v. 93, n. 10, p. 943-949, 2014.

PRABHAKAR, A. R. et al. Comparative evaluation of the remineralizing effects and surface micro hardness of glass ionomer cements containing bioactive glass (S53P4): an in vitro study. *International journal of clinical pediatric dentistry*, v. 3, n. 2, p. 69, 2010.

PLOTINO, G. et al. Flexural properties of endodontic posts and human root dentin. *Dental materials*, v. 23, n. 9, p. 1129-1135, 2007.

RODRIGUES, R. A. et al. Análise da microdureza Knoop de quatro tipos de resina composta através do microdurômetro HVS-1000. *Odontologia Clínico-Científica (Online)*, v. 9, n. 1, p. 55-58, 2010.

SCHOEFFEL, A. C. et al. Knoop microhardness of conventional and microwaved denture base acrylic resins. *Indian Journal of Dental Research*, v. 30, n. 6, p. 927-932, 2019.

SILVA, VE. et al. Adaptação marginal e durezade resinas compostas. Influência de métodos de fotoativação: avaliação da adaptação com moldes de elastômeros. *Revista da Faculdade de Odontologia de Bauru*, v. 10, n. 1, p. 7-16, 2002.



SCHNEIDER, A. C. et al. Influence of three modes of curing on the hardness of three composites. *Polímeros*, v. 26, p. 37-42, 2016.

SHIMOKAWA, C. A. K. et al. Influence of emission spectrum and irradiance on light curing of resin-based composites. *Operative dentistry*, v. 42, n. 5, p. 537-547, 2017.

SON, SA. et al. The effect of resin thickness on polymerization characteristics of silorane-based composite resin. *Restorative Dentistry & Endodontics*, v. 39, n. 4, p. 310-318, 2014.

THOMAS, T. C. et al. The effect on the flexural strength, flexural modulus and compressive strength of fibre reinforced acrylic with that of plain unfilled acrylic resin—an in vitro study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research: JCDR*, v. 9, n. 3, p. ZC12, 2015.