

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA FLEXURAL DE RESINAS MONOCROMÁTICAS

EVALUATION OF THE FLEXURAL RESISTANCE OF MONOCHROME RESINS

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE RESINAS MONOCROMÁTICAS

Beatriz Silva de Souza¹
Robson Gabriel Alves Paiva²
Giselle Maria Ferreira Lima Verde³
Mila Oliveira Santos Viana⁴
Lilian Gomes Soares Pires⁵
Marcelya Crystian Moura Rocha⁶

RESUMO: **Introdução:** As resinas compostas são amplamente empregadas em odontologia devido às suas qualidades estéticas e mecânicas, sendo essencial entender como diferentes composições e classificações de resinas influenciam a resistência flexural e o módulo de elasticidade. **Objetivo:** mensurar a resistência flexural e o módulo de elasticidade de três marcas de resinas monocromáticas, comparando-as com uma resina nano-híbrida convencional. **Métodos:** O estudo baseou-se em pesquisas anteriores que destacam a relevância da composição e da morfologia das partículas de carga das resinas na definição de suas propriedades mecânicas. A pesquisa consistiu em um estudo experimental *in vitro*, com dez espécimes (2mm x 2mm x 25mm) de cada material foram confeccionados de acordo com as recomendações dos fabricantes, totalizando 40 corpos de prova foram confeccionados utilizando as resinas Palfique Omnichroma, Vittra APS Unique, Atos Unichroma e Atos DA2 (grupo controle). Esses corpos de prova foram submetidos a testes de resistência flexural de três pontos, seguindo as normas ISO 4049/2009. A análise dos dados foi realizada com métodos estatísticos adequados para comparar as diferenças entre as resinas testadas. **Resultados:** mostraram que a resina Palfique Omnichroma apresentou a menor resistência flexural, enquanto a resina Atos Unichroma demonstrou a maior deformação máxima, sugerindo maior flexibilidade. **Conclusão:** Essas características diferentes reforçam a importância de considerar as particularidades específicas de cada material na escolha de resinas para uso clínico.

3166

Palavras-chave: Resistência flexural. Módulo de elasticidade. Resinas compostas monocromáticas. Teste de flexão de três pontos. Materiais odontológicos.

¹Bacharelado em Odontologia no Centro Universitário Uninovafapi- Teresina-PI.

²Bacharelado em Odontologia no Centro Universitário Uninovafapi, Teresina-Pi.

³Professora de Odontologia no Centro Universitário Uninovafapi, Teresina-Pi.

⁴Professora de Odontologia na Universidade Federal do Piauí, Teresina-PI.

⁵Professora de Odontologia no Centro Universitário Uninovafapi, Teresina-Pi.

⁶Professora de Odontologia no Centro Universitário Uninovafapi, Teresina-PI.

ABSTRACT: Introduction: Composite resins are widely used in dentistry due to their aesthetic and mechanical qualities, and it is essential to understand how different compositions and classifications of resins influence flexural strength and elastic modulus. **Objective:** to measure the flexural strength and elastic modulus of three brands of monochromatic resins, comparing them with a conventional nano-hybrid resin. **Methods:** The study was based on previous research that highlights the relevance of the composition and morphology of resin filler particles in defining their mechanical properties. The research consisted of an in vitro experimental study, with ten specimens (2mm x 2mm x 25mm) of each material were made according to the manufacturers' recommendations, totaling 40 specimens were made using the resins Palfique Omnichroma, Vittra APS Unique, Atos Unichroma and Atos DA2 (control group). These specimens were subjected to three-point flexural strength tests, following ISO 4049/2009 standards. Data analysis was carried out using appropriate statistical methods to compare the differences between the resins tested. **Results:** showed that the Palfique Omnichroma resin presented the lowest flexural resistance, while the Atos Unichroma resin demonstrated the highest maximum deformation, suggesting greater flexibility. **Conclusion:** These different characteristics reinforce the importance of considering the specific characteristics of each material when choosing resins for clinical use.

Keywords: Flexural resistance. Modulus of elasticity. Monochromatic composite resins. Three-point flexion test. Dental materials.

RESUMEN: Introducción: Las resinas compuestas son ampliamente utilizadas en odontología debido a sus cualidades estéticas y mecánicas, y es esencial comprender cómo las diferentes composiciones y clasificaciones de resinas influyen en la resistencia a la flexión y el módulo elástico. **Objetivo:** medir la resistencia a la flexión y el módulo elástico de tres marcas de resinas monocromáticas, comparándolas con una resina nanohíbrida convencional. **Métodos:** El estudio se basó en investigaciones previas que destacan la relevancia de la composición y morfología de las partículas de relleno de resina para definir sus propiedades mecánicas. La investigación consistió en un estudio experimental in vitro, con diez probetas (2mm x 2mm x 25mm) de cada material se elaboraron según las recomendaciones de los fabricantes, en total se elaboraron 40 probetas utilizando las resinas Palfique Omnichroma, Vittra APS Unique, Atos Unichroma y Atos DA2 (grupo de control). Estas probetas fueron sometidas a ensayos de resistencia a flexión en tres puntos, siguiendo la norma ISO 4049/2009. El análisis de los datos se llevó a cabo utilizando métodos estadísticos apropiados para comparar las diferencias entre las resinas probadas. **Resultados:** mostraron que la resina Palfique Omnichroma presentó la menor resistencia a la flexión, mientras que la resina Atos Unichroma demostró la mayor deformación máxima, lo que sugiere mayor flexibilidad. **Conclusión:** Estas diferentes características refuerzan la importancia de considerar las características específicas de cada material al momento de elegir resinas para uso clínico.

Palabras clave: Resistencia a la flexión. Módulo de elasticidad. Resinas compuestas monocromáticas. Prueba de flexión de tres puntos. Materiales dentales.

INTRODUÇÃO

As resinas compostas são materiais de extenso uso na odontologia, pois além de reproduzirem características ópticas semelhantes à estrutura dentária também é um material que dispõe de resultados satisfatórios, como boa resistência e adesão, sendo de extrema importância para garantir a qualidade dos procedimentos. Nesse sentido, muitos são os testes

utilizados para comprovar a qualidade oferecida pelo produto em questão, como os testes mecânicos de tração, dureza, resistência flexural, torção, micro dureza etc.¹

A composição química define as propriedades mecânicas das resinas compostas, e seu conhecimento permite ao profissional a seleção correta do material restaurador previamente à etapa reabilitadora.¹ A classificação das resinas em relação à quantidade e ao tamanho das partículas de carga irá direcionar o uso de cada material a cada situação clínica, pois em geral as resinas com maior conteúdo de carga inorgânica tendem a possuir maior resistência, ampliando suas indicações clínicas.²

Nesse sentido, o efeito de um material restaurador engloba propriedades químicas, físicas e mecânicas. Posto isso, as restaurações tanto em dentes posteriores quanto nos anteriores passam constantemente por tensão, podendo acarretar fraturas após a aplicação de força. A falha flexural dos materiais é considerada a principal falha clínica e tem sido explicada pelo desenvolvimento de trincas microscópicas em regiões de concentrações de tensões.³ A resistência depende da composição da resina, da técnica de processamento e do meio que a resina ficará exposta.⁴

Com isso, ao serem feitos os testes mecânicos, pode ser observado também o módulo de elasticidade, que terá como intuito medir a resistência da substância ou objeto a ser deformado elasticamente quando sofre tensão, não mantendo alteração permanente.

3168

Diante do exposto, o presente estudo tem como proposta mensurar a resistência flexural e módulo de elasticidade de materiais restauradores encontrados no mercado classificadas como resinas monocromáticas: Vittra APS Unique, Palfique Omnichroma e Atos Unichroma e resina nano-híbrida: Atos DA2.

MÉTODOS

PROCEDIMENTOS ÉTICOS

O estudo não necessitou ser submetido ao comitê de ética e pesquisa da faculdade Centro Universitário Uninovafapi, por não envolver no estudo seres humanos e animais ou parte deles.

MÉTODOS DE PESQUISA

Esta pesquisa é de natureza aplicada, abordagem quantitativa, explicativa quanto aos objetivos e experimentais quanto aos procedimentos técnicos.

CENÁRIO E PARTICIPANTES DO ESTUDO

A pesquisa foi realizada em duas Instituições de Ensino Superior. A etapa inicial foi realizada no Laboratório de uma instituição privada para confeccionar os corpos de prova e, posteriormente, numa instituição de ensino federal para submetê-los aos testes mecânicos.

Os participantes do estudo foram 40 corpos de prova.

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Foram incluídos na amostra os corpos de prova isentos de bolhas, rachaduras ou qualquer outro tipo de falha.

CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA PARA TESTE DE RESISTÊNCIA

FLEXURAL

As unidades experimentais foram compostas por 40 corpos de prova confeccionados com uma matriz bipartida metálica com dimensões de 2mmx2mmx25mm, sendo quatro tipos de resinas compostas, dividindo-se em uma resina composta convencional e três resinas monocromáticas para os testes de resistência flexural de três pontos, descritas na (tabela 1).

3169

Tabela I: Comparação de Resinas Compostas utilizadas no estudo.

Resina Composta	Fabricante	Classificação	Matriz Orgânica	Matriz Inorgânica	Teor de volume de carga e peso
Atos Unichroma	SMART DENT	Nanohíbrida	BIS, GMA, UDMA, TEGD, MA, DDDM A e BIS, EMA	Bárico-alumínio e nanopartículas de Sílica (principalmente nanosilicato de zircônio)	79,0% em peso, 60,0% em volume.

APS	Vittra Unique	FGM	Nanopartícula da	Livre de BIS, GMA, livre de BIS EMA, e livre de BPA	Sílica-Zircônia	72,0% a 82,0% em peso 52,0% a 60,0% em volume
	Palfique Omnichroma	TOKUY AM A DENTAL	Supra-nanopartícula	BIS GMA e TEGD MA	Sílica-Zircônia	82,0% em peso. 72,0% em volume
DA2	Atos Dent	Smart	Nanohíbrida	BIS GMA, UDMA, TEGD MA, DDDM A, e BIS EMA	Bárico-Alumínio e nanopartículas de Sílica (principalmente nanosilicato de zircônio)	79,0% em peso. 60,0% em volume.

Fonte: Autoria própria, 2024. Teresina-PI

O ensaio mecânico feito foi o de flexão de três pontos, conforme preconiza a norma ISO 3170 (International Organization for Standardization) 4049/2009.

Para a confecção dos corpos de prova, a matriz metálica foi apoiada sobre tira transparente em placa de vidro. Após a inserção do material com uma espátula para resina, este foi devidamente condensado na matriz com uma tira transparente de poliéster e uma lâmina de vidro posicionada sobre a matriz para acomodação do material, seguido de fotoativação.

A fotoativação foi realizada com o fotopolimerizador VALO (luz emitida por diodo), a uma potência de 1200mW/ cm², conforme recomenda o fabricante. A superfície superior do corpo de prova será fotoativada em três segmentos, as duas extremidades e o centro, por 40 segundos e repetido na superfície inferior do corpo de prova. Após a desinclusão dos corpos de prova, os excessos foram removidos com o auxílio de lâmina de bisturi número 11 (Solidor - Barueri, São Paulo), em seguida serão lixados e polidos.

Os corpos de prova tiveram suas dimensões aferidas com paquímetro digital (Absolute Digimatic, Mitutoyo Sul Americana, Santo Amaro, SP, Brasil), descartando-se aqueles que apresentarem dimensões maiores ou menores em 0,5mm da dimensão estabelecida e,

posteriormente, serão submersos em água destilada a 37 °C e armazenados em estufa por 24 horas, secos com papel absorvente e submetidos ao ensaio de resistência flexural.

ENSAIO DE RESISTÊNCIA FLEXURAL

A resistência flexural de três pontos foi avaliada em uma máquina de ensaio universal (EMIC DL 20000, São José dos Pinhais, PR, Brasil) utilizando célula de carga de 10N e velocidade de aplicação de carga constante de 0,5 mm/min. A aplicação da carga pela máquina de ensaios ocorreu na região central do corpo de prova, utilizando-se uma ponta romba para o ensaio de resistência a flexão em resina até que ocorra fratura do corpo de prova.

Figura I: Máquina de ensaio universal utilizada para testes mecânicos



Fonte: Autoria própria, 2024. Teresina-PI

A máquina de ensaios registrou o valor máximo de força aplicada em Newtons (N). Para o cálculo da resistência flexural, foram utilizados valores em Megapascal (MPa) que é uma unidade de tensão de força por área. Como os corpos de prova apresentavam formato de barra retangular, este cálculo será feito mediante aplicação de uma fórmula matemática ($S = \frac{3FD}{2LH^2}$, onde F é a máxima carga superior e centralizada exercida sobre o corpo-de-prova no momento de sua ruptura, determinada em Newton (N); D é a distância em milímetros entre os suportes; L e H são, respectivamente, a largura e altura dos corpos de prova medida em milímetros).

Figura II: Teste de resistência flexural e módulo de elasticidade:



Fonte: Autoria própria, 2024. Teresina-PI

ORGANIZAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

3172

Os dados foram organizados em forma de tabelas em planilhas e gráficos no Microsoft Excel 2010. As variáveis foram tratadas e organizadas no programa SPSS statistics 20.0 e serão transformadas em porcentagens e números. Em seguida foi avaliado o padrão de distribuição da amostra através de teste de normalidade. Obtendo-se um de padrão de distribuição normal, ou seja, paramétrica, será realizada um teste t-Student, caso se tenha um padrão de distribuição anormal, ou seja, não paramétrica será realizado um teste de Mann-Whitney. Considerando o valor de significância com $P < 0,05$.

RESULTADOS

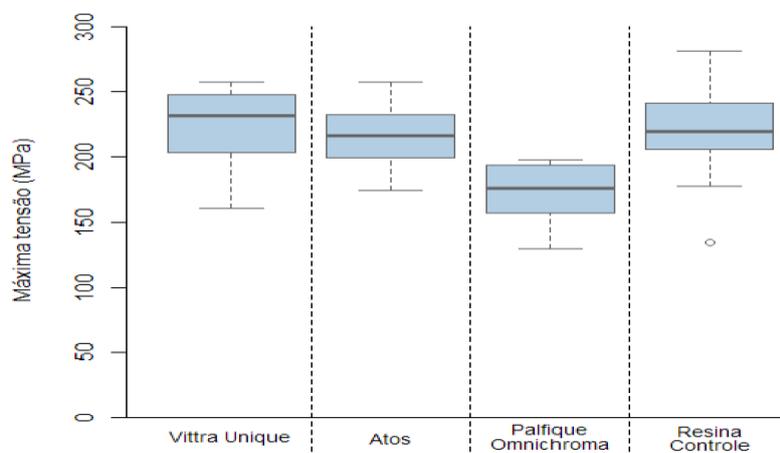
Avaliando a máxima tensão, o teste mostrou um valor de $p < 0,05$, o que indica que existem variações significativas entre os grupos (tabela 1 e figura 1). Tabela 1. Média (desvio padrão) e mediana (mínimo; máximo) da máxima tensão (MPa) de acordo com as diferentes resinas:

Tabela II: Avaliação da tensão máxima.

Resina	Média (desvio padrão)	Mediana (mínimo; máximo)
Vittra Unique	222,15 (32,05) a	231,56 (160,37; 257,90)
Atos	214,25 (26,11) a	215,92 (173,93; 257,64)
Palfique Omnichroma	172,13 (22,70) b	175,76 (129,86; 197,66)
Resina Controle	219,65 (43,63) a	219,44 (134,82; 281,37)

Fonte: Autoria própria, 2024. Teresina-PI

Figura III: Box plot da máxima tensão (MPa) em função da resina.



Fonte: Autoria própria, 2024. Teresina-PI

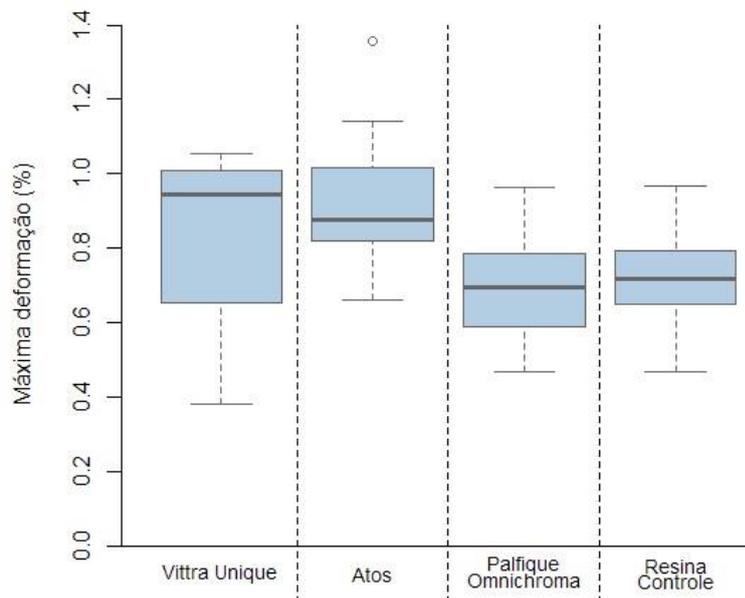
Na avaliação da máxima deformação, o teste também mostrou um valor de $p < 0,05$, indicando que há uma variância significativa entre os grupos (tabela 2 e figura 2).

Tabela III. Média (desvio padrão) e mediana (mínimo; máximo) da máxima deformação (%) em função da resina

Resina	Média (desvio padrão)	Mediana (mínimo; máximo)
Vittra Unique	0,85 (0,23) ab	0,95 (0,38; 1,05)
Atos	0,92 (0,20) a	0,88 (0,66; 1,36)
Palfique Omnichroma	0,69 (0,15) b	0,70 (0,47; 0,96)
Resina Controle	0,72 (0,15) b	0,72 (0,47; 0,97)

Fonte: Autoria própria, 2024.

Figura IV: Box plot da máxima deformação (%) em função da resina



Fonte: Autoria própria, 2024.

A resina Palfique Omnichroma apresentou menor tensão máxima, seguida por Atos, Controle e Vittra Unique. Quanto ao módulo de elasticidade, a resina Atos apresentou maior deformação máxima, seguida por Vittra Unique, Controle e Palfique Omnichroma.

3174

DISCUSSÃO

O teste de resistência flexural aponta variantes estruturais em cada uma das resinas compostas. As resinas avaliadas durante esse estudo apresentaram grande diversidade na sua composição, variando desde o seu tipo de partícula até o seu teor de carga e peso. Esses fatores podem interferir diretamente na resistência e elasticidade que cada uma irá oferecer, resultando em efeitos diversos durante seu uso.

As resinas compostas nanoparticuladas apresentam partículas nanodispersas esféricas, normalmente com carga próxima a 60%, promovendo fácil manuseio e excelente qualidade estética. Normalmente, essa resina possui uma ampla capacidade de correspondência de cores, indicada para restaurações diretas, facetas, neutralizar dentes escurecidos e reparos de diastemas. Já as resinas compostas híbridas ou nanohíbridas apresentam uma quantidade maior

de partículas inorgânicas, geralmente com um percentual de carga acima de 60%, unindo estética e ótima resistência à fratura.

Algumas alterações entre os componentes da matriz orgânica e inorgânica dos compósitos podem auxiliar o desempenho mecânico de cada um desses materiais testados. Segundo Berwanger et al.,⁵, a presença do monômero UDMA (uretano dimetacrilato) presente na matriz orgânica auxilia na boa resistência flexural das resinas, pois ele apresenta peso molecular inferior quando comparado as demais, alcançando assim taxas de conversão acentuadas.

As resinas compostas nanohíbridas desse estudo, como a Atos Unichroma e a Resina Controle apresentam UDMA na sua constituição, contribuindo para o bom desempenho quanto à força flexural. Já a resina Vittra APS Unique, que é nanoparticulada, tem sua formulação livre de Bis-GMA e Bis-EMA. Seu sistema fotoiniciador é o APS, sendo esse um sistema de polimerização avançado que permite um alto grau de conversão, que desencadeará uma elevada resistência.

Resinas com maior resistência flexural e módulo de elasticidade são indicadas para restaurações em dentes posteriores, enquanto materiais mais flexíveis, como a Palfique Omnichroma, que apresenta Bis-GMA, podem ser mais apropriados para restaurações em dentes anteriores, onde a demanda estética é maior.

Os resultados deste estudo demonstraram que os valores confirmam que a resistência flexural está relacionada à quantidade e distribuição de carga inorgânica na matriz. Resinas com maior percentual de carga tendem a apresentar maior resistência, uma vez que as partículas reforçam a matriz e distribuem melhor as tensões aplicadas. Com base nos resultados, a escolha da resina mais adequada deve considerar tanto as propriedades mecânicas quanto a indicação clínica específica.

A nanotecnologia que os materiais restauradores resinosos apresentam têm oferecido resultados cada vez mais oportunos em estudos laboratoriais, ampliando também seu uso na cavidade oral.

CONCLUSÃO

Com base na técnica aplicada e nos valores encontrados, pode-se dizer que as resinas testadas foram diferentes em termos de comportamentos mecânicos de resistência flexural e

máxima deformação. A composição de cada uma indica as possíveis variações encontradas durante os testes realizados.

A partir disso, estudos adicionais a longo prazo, especialmente *in vivo*, são recomendados para que a qualidade clínica das resinas seja ainda mais efetivada e sua aplicabilidade prática em odontologia restauradora se torne ainda mais segura e durável.

REFERÊNCIAS

1. FERRACANE JL. Resin composite--state of the art. *Dent Mater.* 2011 Jan;27(1):29-38. doi: 10.1016/j.dental.2010.10.020. Epub 2010 Nov 18. PMID: 21093034.
2. Severo BGM, Reis TA. Classificação das resinas compostas e métodos de acabamento e polimento. *Res Soc Dev.* 2022;11(7). Doi 10.33448/rsd-v11i7.30257.
3. KANIE T, Fujii K, Arikawa H, Inoue K. Flexural properties and impact strength of denture base polymer reinforced with woven glass fibers. *Dent Mater.* 2000 Mar;16(2):150-8. doi: 10.1016/S0109-5641(99)00097-4. PMID: 11203537.
4. SHEN C, Rawls HR, Esquivel-Upshaw JF. *Phillips: materiais dentários.* 12^a ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2021. Disponível em: <https://www.grupogen.com.br/livro-phillips-materiais-dentarios-chiayi-shen-h-ra-lph-rawls-e-josephine-f-esquivel-upshaw-9788595159600>. Acesso em: 19 out. 2024.
5. BERWANGER C, Totti M, Richter VP, Coelho-de-Souza FH, Thomé T. Avaliação clínica retrospectiva de restaurações posteriores de resina composta. *Rev Assoc Paul Cir Dent.* 2015 Out-Dez;69(4).
6. BORGES ALS, et al. Avaliação da resistência flexural e módulo de elasticidade de diferentes resinas compostas indiretas. *RevOdonto.* 2012;9(2). 7 abr. 2012.
7. CRUZ da Silva ET, Charamba Leal CF, Miranda SB, Evangelista Santos M, Saeger Meireles S, Maciel de Andrade AK, Japiassú Resende Montes MA. Evaluation of Single-Shade Composite Resin Color Matching on Extracted Human Teeth. *Sci World J.* 2023;2023:4376545. doi: 10.1155/2023/4376545.
Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10317581/>. Acesso em: 3 set. 2024.
8. FARES NH, Filho HN, Pacheco IB, Coutinho KQ, Nagem HD. Resistência Flexural e Módulo de Elasticidade da Resina Composta. *Rev Clin Pesq Odontol.* 2005;2(1):1-55. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/oralresearch/article/view/22855/21959>. Acesso em: 22 ago. 2024.
9. FINK DO. Avaliação da resistência à flexão de compósitos com efeito de mesclagem [trabalho de conclusão de curso]. Londrina: Universidade Estadual de Londrina; 2022. 19 f.

10. GARCIA FCP, et al. Testes mecânicos para a avaliação laboratorial da união resina/dentina. *Rev Fac Odontol Bauru*. 2002;10(3):118-127.
11. LIN J, et al. Effects of rotating fatigue on the mechanical properties of microhybrid and nanofiller-containing composites. *Dent Mater J*. 2013;32(3):476-83.
12. MARTINEZ EM, Canedo PMM. Avaliação da resistência flexural de resinas compostas convencionais e do sistema bulkfill. *Rev Cien Med Biol*. 2017;16(3):300-304.
13. PICCIONI MARV. Avaliação da resistência a flexão e determinação das propriedades mecânicas de resinas compostas e sua aplicação no método dos elementos finitos [dissertação]. [S. l.]: Universidade Estadual Paulista; 2010. 101 f.
14. THOMAIDIS S, Kakaboura A, Mueller WD, Zineles S. Mechanical properties of contemporary composite resins and their interrelations. *PubMed*. 2013;29(8):132-141.
15. RÖDER T, Santos ER. Monochromatic compound resins: A literature review. *Braz J Dev*. 2022;8(2):13581-13604.