

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Faculdade de Ciências da Saúde
Departamento de Odontologia



Trabalho de Conclusão de Curso

**Estabilidade das propriedades mecânicas e químicas de resinas
monocromáticas após envelhecimento artificial**

Hadassa Ulhoa Lucena

Brasília, 06 de dezembro de 2023

Hadassa Ulhoa Lucena

**Estabilidade das propriedades mecânicas e químicas de resinas
monocromáticas após envelhecimento artificial**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Odontologia da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília, como requisito parcial para a conclusão do curso de Graduação em Odontologia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Rayssa Ferreira Zanatta

Brasília, 2023

Hadassa Ulhoa Lucena

**Estabilidade das propriedades mecânicas e químicas de resinas
monocromáticas após envelhecimento artificial**

Trabalho de conclusão de curso aprovado, como requisito parcial para a conclusão do curso de Graduação em Odontologia da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília.

Data da defesa: 06/12/2023

Banca Examinadora:

Prof^a Dr^a Rayssa Ferreira Zanatta (orientadora)

Prof^a Dr^a Fabrícia Araújo Pereira

Prof^a Dr^a Aline Úrsula Rocha Fernandes

A Deus e à minha família, que estiveram sempre comigo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que é o motivo de eu chegar até aqui, me guiou a este curso e me sustentou durante a caminhada. Que me fortalece, me ensina, me ouve e nunca me abandona, meu Pai e melhor amigo.

Aos meus pais, Maurílio e Carla, que sempre me incentivaram e fizeram de tudo por mim, meus intercessores e porto seguro, obrigada por se doarem para que eu chegasse até aqui. À minha irmã, Débora, minha maior parceira, que me acalmou tantas vezes e me leva a acreditar mais em mim, não sei o que faria sem você. Família, obrigada pelos conselhos, por me ouvirem, enxugarem minhas lágrimas, se alegrarem com cada conquista, por não soltarem minha mão. Não posso expressar o tanto que os amo e sou grata por tê-los em minha vida.

Às minhas amigas, Layla, Tailah, Gabriela Elise, Maria Clara, por estarem comigo em meio a esta correria que é a vida, vocês são essenciais para mim.

Ao tio Leandro e à tia Bê, por torcerem por mim e me apoiarem financeiramente durante toda a graduação. Vocês são resposta de Deus. Ao Walter e a todos que de alguma forma estiveram comigo e me apoiaram nestes anos.

À minha duplinha, Mariana Pinheiro, com quem compartilhei grandes desafios, medos e conquistas. Agradeço por sua amizade, por todo crescimento que tivemos juntas e pelas caronas por tantos anos. À minha outra duplinha, Eduarda Reis, pela parceria, pelas risadas logo cedo, por sua amizade e toda ajuda, foi um privilégio ser sua dupla.

À minha duplinha de pibic e de caminhada, Rayssa Guimarães. Como sempre te falo, você é um presente de Deus para mim. Agradeço cada momento, cada estudo, cada surto compartilhado, cada alegria.

Aos amigos que ganhei nesta caminhada acadêmica, Gabriela Fonseca, Vitória Silva, Luan Deives, Otávio Oddone, vocês deixaram meus dias mais leves e felizes.

À minha orientadora, Rayssa Ferreira Zanatta, que tanto admiro. Agradeço sua paciência em me ensinar, sua excelência em tudo que faz e disposição em todo momento. Não poderia ter escolhido alguém melhor para me orientar e me apresentar o mundo da pesquisa científica.

À minha turma 77, aprendi com cada um de vocês e os desejo todo sucesso do mundo.

Aos professores, por nos impulsionarem a sermos melhores pessoas e profissionais.

A Universidade de Brasília, pela incrível oportunidade e formação oferecida.

RESUMO

O objetivo do trabalho foi analisar a manutenção das propriedades mecânicas e químicas de resinas monocromáticas após o envelhecimento artificial. A unidade experimental foi amostras das resinas: Vittra Unique (VTU - monocromática - FGM), Charisma Diamond One (CDO – monocromática - Kulzer); Vittra (VT - policromática – cor A2 - FGM); Charisma Diamond (CD – policromática – cor A2 - Kulzer); Filtek Z100 (FZ - cor A2, universal, 3M ESPE). Foram avaliadas a microdureza (Vickers, 200g/20s) e a resistência flexural de 3 pontos (vel 1mm/min) em amostras circulares (6mm x 2mm) e barras (25mm x 2mm x 2mm), respectivamente, considerando 24 amostras em cada teste, subdivididas em 3 grupos (n = 8) de envelhecimento: Controle (Cont), Termociclagem (Termo – 5°C-55°C, 5000 ciclos) e desgaste erosivo (Eros – ácido cítrico 1%, pH 3,6, 20min/dia, 14 dias). A avaliação da sorção e solubilidade foi feita por meio da variação de peso após imersão em água por 7 dias, 5 amostras circulares (8mm x 1mm) para cada resina. Os dados foram submetidos à análise de variância de dois fatores (Two-way ANOVA) e teste de Tukey ($p < 0.05$). Os resultados indicaram que o desafio erosivo reduziu os valores de dureza das resinas CD, CDO e VT. Os valores de resistência flexural da resina VU foram reduzidos após termociclagem e ciclagem erosiva, e os da VT após ciclagem erosiva. As resinas VT e VU apresentaram menores valores de solubilidade comparadas a FZ. Não houve diferença de sorção. Assim, conclui-se que as propriedades testadas nas diferentes condições de envelhecimento são material dependente.

Palavras-chave: envelhecimento; propriedades mecânicas; propriedades químicas; resina composta; resina monocromática; resina universal.

ABSTRACT

The aim of the study was to analyze the maintenance of mechanical and chemical properties of monochromatic resins after artificial aging. The experimental units were samples of the following resins: Vittra Unique (VTU - monochromatic - FGM), Charisma Diamond One (CDO – monochromatic - Kulzer); Vittra (VT - polychromatic – color A2 - FGM); Charisma Diamond (CD – polychromatic – color A2 - Kulzer); Filtek Z100 (FZ - color A2, universal, 3M ESPE). Microhardness (Vickers, 200g/20s) and three-point flexural strength (speed 1mm/min) were evaluated in circular samples (6mm x 2mm) and bars (25mm x 2mm x 2mm), respectively, with 24 samples in each test, subdivided into 3 aging groups (n = 8): Control (Cont), Thermocycling (Termo – 5°C-55°C, 5000 cycles), and erosive wear (Eros – 1% citric acid, pH 3.6, 20min/day, 14 days). Sorption and solubility evaluation were performed by weight variation after immersion in water for 7 days, with 5 circular samples (8mm x 1mm) for each resin. Data were subjected to two-way analysis of variance (Two-way ANOVA) and Tukey's test (p <0.05). The results indicated that erosive challenge reduced hardness values for CD, CDO, and VT resins. Flexural strength values of VU resin were reduced after thermocycling and erosive cycling, and those of VT after erosive cycling. VT and VU resins showed lower solubility values compared to FZ. There was no difference in sorption. Thus, it is concluded that the properties tested under different aging conditions are material-dependent.

Keywords: aging; chemical properties; composite resin; mechanical properties; monochromatic resin; universal resin.

SUMÁRIO

Resumo.....	7
Abstract	8
1 INTRODUÇÃO	10
2 MATERIAIS E MÉTODOS	12
2.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	12
2.2 DUREZA VICKERS	12
2.3 RESISTÊNCIA FLEXURAL DE 3 PONTOS	13
2.4 SORÇÃO E SOLUBILIDADE.....	14
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	15
3 RESULTADOS	16
4 DISCUSSÃO	18
5 CONCLUSÃO	21
REFERÊNCIAS.....	22
ANEXOS	24

1 INTRODUÇÃO

A análise do comportamento ótico é um fenômeno importante quando se trata de restaurações estéticas, sendo que interpretações incorretas podem acarretar falhas clínicas significativas. A dentição natural apresenta características óticas específicas que os materiais restauradores precisam replicar, com destaque para translucidez, definida como a quantidade relativa de luz transmitida por um material ou tecido [1]. Esta é uma das propriedades óticas mais difíceis de quantificar, e a que mais interfere na luminosidade (valor/brilho) do material, sendo ainda a dimensão de cor mais relevante, uma vez que o olho humano é mais sensível a variações no valor do que variações de matiz (cor) ou saturação (intensidade) [2].

As resinas compostas mais atuais oferecem opções com diferentes cores (matiz/croma) e opacidades/translucidez, permitindo uso em diferentes combinações e espessuras, num processo conhecido como estratificação. Esta técnica proporciona uma réplica mais compatível da translucidez/opacidade do esmalte e da dentina, resultando em restaurações personalizadas [2,3]. No entanto, sua execução requer uma determinação precisa da cor do dente e alta habilidade técnica do operador, o que muitas vezes aumenta o tempo e o custo do procedimento [3,4]. Assim, há uma tendência na odontologia atual para desenvolvimento de produtos que reduzam a complexidade e número de passos do tratamento, e consequentemente redução na sensibilidade técnica e aumento da eficiência.

Nesse contexto, resinas de opacidade simplificadas e com capacidade de mimetismo cromático foram recentemente introduzidas e chamadas de resinas de efeito camaleão. Ao contrário das resinas policromáticas, nesta nova tecnologia uma ou poucas opções de cores tem capacidade de abranger múltiplos tons ao se misturar com a dentição subjacente, com resultados iniciais *in vitro* indicando efetividade e estética satisfatória para uso clínico [4,5]. No entanto, ainda são poucas as evidências de que podem realmente manter tais propriedades a longo prazo, e em especial com relação a suas propriedades mecânicas.

A estabilidade da cor e propriedades mecânicas das resinas compostas são características essenciais para garantir a longevidade da restauração, a fim de evitar sucessivas restaurações e preservar a saúde do remanescente dentário [6], embora também sejam moduladas por fatores de risco associados a hábitos do paciente, localização dos dentes na arcada e a habilidade profissional [7]. Dentre as propriedades mecânicas, pode-se destacar a resistência do material e seu módulo de

elasticidade, importante para definir sua capacidade de resistir a esforços mastigatórios que ocorrem diariamente, além de questões relacionadas a sua dureza e rugosidade que podem se relacionar com a resistência ao desgaste e manutenção do brilho e polimento a longo prazo [6]. A degradação física ou química da superfície aumenta a chance de fraturas e falhas catastróficas do material, além de contribuir para a criação de uma superfície mais retentiva e suscetível ao acúmulo de biofilme [8].

Assim, o objetivo desse estudo foi avaliar a estabilidade de propriedades mecânicas e químicas de diferentes resinas compostas monocromáticas após envelhecimento artificial em diferentes meios.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Este estudo teve como unidade experimental amostras de resina composta. Os fatores em estudo foram: I) Resina (5 níveis): Vittra Unique (VTU - resina camaleão - FGM), Charisma Diamond One (CDO – resina camaleão - Kulzer); Vittra (VT - policromática – cor A2 - FGM); Charisma Diamond (CD – policromática – cor A2 - Kulzer); Filtek Z100 (FZ - cor A2, universal, 3M ESPE); II) Envelhecimento (3 níveis): Controle (sem envelhecimento); Termociclagem; e Ciclagem erosiva (ácido cítrico). Como variáveis resposta foi mensurada a microdureza (Vickers), a resistência flexural de 3 pontos, a sorção e a solubilidade em água. A Tabela 1 apresenta as características de todas as resinas testadas

Tabela 1 – Composição das resinas testadas

Resina (Sigla)	Composição
Vittra Unique (VU) – FGM, Brasil	Matriz orgânica: mistura de monômeros metacrilatos, fotoiniciadores (APS), co-iniciadores, estabilizadores e silano. Partícula: vidro boro-alumínio-silicato. Nanohíbrida Carga: 72/52 (P/V%)
Vittra APS (VT) - FGM	Matriz orgânica: UDMA e TEGDMA Partícula: zirconia, sílica (200nm). Nanohíbrida Carga: 82/72 (P/V%)
Charisma Diamond One (CDO) Kulzer	Matriz orgânica: UDMA, TCD-DI-HEA e TEGDMA Partícula: B2O3-F-Al2O3-SiO2, sílica, TiO2, 5nm – 20µm. Nanohíbrida Carga: 81/64 (P/V%)
Charisma Diamond (CD) - Kulzer	Matriz orgânica: TCD-DI-HEA, UDMA, Bis-GMA, TEGDMA Partícula: B2O3-F-Al2O3-SiO2, sílica, TiO2, 5nm – 20µm Nanohíbrida Carga: 81/64 (P/V%)
Filtek Z100 (FZ) - 3M ESPE	Matriz orgânica: Bis-GMA, TEGDMA Partícula: Zirconia e sílica (6µm). Microhíbrida Carga: 84/66 (P/V%)

P = peso; V = volume; APS = Sistema avançado de polimerização; UDMA = Dimetacrilato de Uretano; TEGDMA = Trietilen glicol dimetacrilato); TCD-DI-HEA: Trimethyl di-hexadecano; Bis-GMA = Bisfenol-A glicidil metacrilato

2.2 DUREZA VICKERS

Para obtenção dos valores de microdureza foram construídas 24 amostras circulares (6mm de diâmetro e 2mm de espessura) de cada uma das resinas testadas (VTU, CDO, VT, CD e FZ), com auxílio de uma matriz de silicone. As amostras foram inseridas na matriz em incremento único e uma lâmina de vidro pressionada por cima

para planificação e remoção de bolhas ou excessos. As amostras foram polimerizadas com luz LED azul (1200mW/mm², Bluephase, Ivoclar) por 20s. Na sequência foram embutidas em resina acrílica (Vipiflash) dentro de um cilindro de PVC para planificação e polimento. Este foi feito em politriz circular com irrigação, e uso de lixas de carbetto de silício de granulação crescente (#600, #800, #1200) por 30s cada, considerando velocidade padronizada em 300 rpm.

Após o polimento, as amostras de cada resina foram subdivididas em 3 grupos (n = 8), de acordo com o tipo de envelhecimento executado: Controle (Cont), Termociclagem (Termo) e Desgaste erosivo (Eros). Para o grupo Cont, as amostras foram armazenadas em água e mantidas em estufa a 37°C por 7 dias. No grupo Termo foram realizados 5.000 ciclos de ciclagem térmica, com banhos de 5°C e 55°C, 30s cada [9]; e no grupo Eros, as amostras foram submetidas a desafios de desmineralização com ácido cítrico (Synth) a 1%, pH 3,6, por 20min/dia, durante 14 dias, e nos intervalos, mantidas imersas em saliva artificial (Água destilada (1000ml): Cloreto de Cálcio Di-hidratado (0,1029g), Cloreto de Magnésio (0,04066g), Fosfato de Potássio Monobásico (0,544g), Tampão HEPES (4,766g), Cloreto de Potássio (2,2365g). Após os 3 níveis de envelhecimento (Cont, Termo e Eros) foi realizada obtenção dos valores de microdureza Vickers considerando 200g de força, por 20s, por meio do Microdurômetro Vickers (Shimadzu MHV-2T, Japão). Foram feitas 3 indentações no centro da amostra e considerado o valor de média entre elas.

2.3 RESISTÊNCIA FLEXURAL DE 3 PONTOS

Para a avaliação da resistência flexural de 3 pontos (RF), foram construídas 24 barras (25mm x 2mm x 2mm) de cada uma das resinas testadas [10] com auxílio de uma matriz metálica bipartida. As resinas foram inseridas na matriz, uma lâmina de vidro utilizada para planificação e remoção dos excessos, e a fotoativação realizada com luz azul LED (1200mW/mm², Bluephase, Ivoclar), por 20s. Em cada barra, foram necessárias 3 incidências de luz, considerando o diâmetro da ponta do aparelho fotopolimerizador e o comprimento da barra, apenas em uma face das amostras.

Após a confecção das barras, estas foram subdivididas em 3 grupos conforme o envelhecimento realizado, descrito no item anterior. E então, a resistência flexural foi obtida em máquina de ensaio universal (Shimadzu, Japão) (Figura 1A), com força de compressão, utilizando célula de carga de 5N, velocidade de 1mm/min. A força

máxima foi mensurada no momento da fratura (N) e calculada em MPa, por meio da fórmula: $3PL / 2WT^2$, onde: P é a força registrada no momento da fratura (N); L, a distância entre os suportes (mm); W, largura do espécime (mm) e T, espessura do espécime (mm). O dispositivo usado foi o padrão ISO 4049 (Figura 1B).

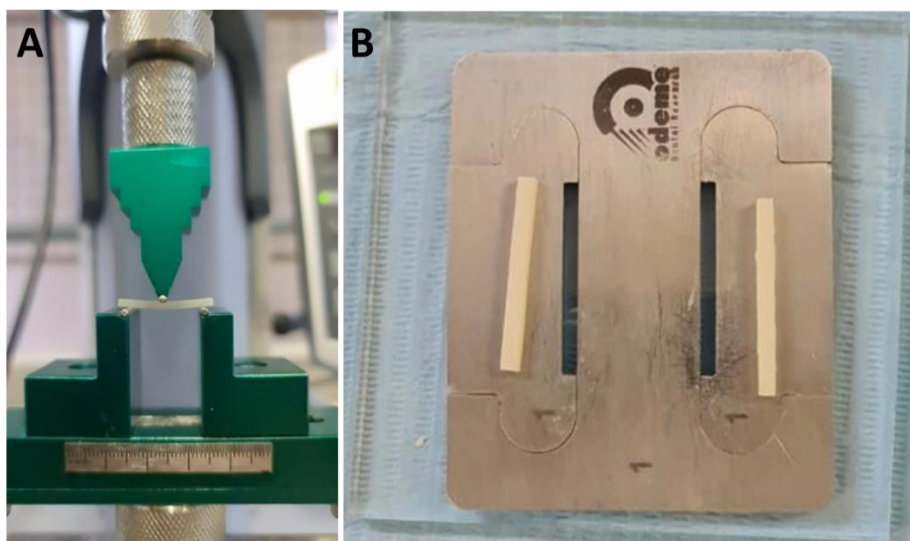


Figura 1 – A) Amostra de resistência flexural em máquina de ensaio universal B) Amostras de resina composta para teste de resistência flexural de 3 pontos e matriz metálica bipartida, utilizada na confecção destas.

2.4 SORÇÃO E SOLUBILIDADE

Para avaliação da sorção e solubilidade em água, foram confeccionados outros 5 espécimes de cada resina (VTU, CDO, VT, CD e FZ) com dimensões de 8mm de diâmetro e 1mm de espessura [10], com auxílio de uma matriz metálica padronizada. Após confecção, foi obtida a massa das amostras em balança analítica de precisão (BEL, modelo: MG214AiH, 0.0001g) em três momentos: M1, momento inicial, no qual as amostras foram armazenadas em dessecador com sílica gel desidratada e mantidas em estufa a 37°C por 24 horas. M2, após imersão em água por 7 dias, e M3, após nova secagem em dessecador, conforme descrito por Kumar et al (2014) [10]. As amostras foram pesadas repetidamente até que fosse alcançada uma massa constante (M1), ou seja, que não fosse encontradas variações na 4ª casa decimal. A sorção (S_{ζ}) foi obtida pela fórmula $S_{\zeta} = (M1-M2)/V$ e a solubilidade (S_b) pela fórmula $S_b = (M1-M3)/V$. O volume foi medido no momento M1, considerando o diâmetro e espessura dos espécimes.

2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise dos dados foi feita para cada propriedade separadamente, por meio de análise de variância em dois fatores (ANOVA 2-way) e comparações múltiplas entre os grupos (teste de Tukey) considerando $p < 0,05$. O cálculo amostral foi feito considerando os dados de Graf e Ilie (2022) [11].

3 RESULTADOS

Os valores de microdureza estão apresentados na Tabela 2. O resultado de teste ANOVA indicou diferença para o fator resina ($p < 0,001$), envelhecimento ($p < 0,001$) e interação entre eles ($p = 0,003$). A variação da dureza dependeu do tipo do material testado. A termociclagem e o desafio erosivo foram capazes de reduzir os valores de todas as resinas, tendo redução estatisticamente significativa nos valores de dureza da resina Diamond e das resinas Diamond, Diamond One e Vittra APS, respectivamente. As resinas Z100 e Vittra Unique não apresentaram diminuição estatisticamente significativa em seus valores de microdureza após envelhecimento artificial.

Tabela 2 – Valores de média (desvio padrão) de microdureza Vickers (VHN)

	Microdureza								
	Controle			Termociclado			Erodido		
	Media	DP		Media	DP		Media	DP	
Z100	123.13	(6.45)	Aa	115.10	(8.61)	Aa	112.43	(9.81)	Aa
Diamond	93.64	(6.84)	Ba	75.75	(5.10)	Bb	71.35	(4.51)	Bb
Diamond One	83.47	(1.91)	Ca	75.95	(5.53)	Bab	71.28	(10.46)	Bb
Vittra APS	96.30	(5.58)	Ba	89.62	(5.63)	Cab	83.83	(5.02)	Cb
Vittra Unique	64.54	(7.75)	Da	64.15	(5.39)	Da	64.01	(5.31)	Ba

Letras maiúsculas mostram diferença entre as resinas e minúsculas entre os tipos de envelhecimento. $P < 0,05$

Os valores de resistência flexural de 3 pontos estão apresentados na Tabela 3. O resultado de teste ANOVA indicou diferença para o fator resina ($p < 0,001$), envelhecimento ($p < 0,001$) e interação entre eles ($p < 0,001$). A resina Vittra Unique apresentou menores valores após termociclagem e ciclagem erosiva comparada as demais resinas, e ao grupo controle, com exceção da resina Vittra APS, que não apresentou diferença estatisticamente significativa em comparação a Vittra Unique após desafio erosivo.

Tabela 3 – Valores de média (desvio padrão) de resistência flexural de 3 pontos (MPa)

	Resistência flexural								
	Controle			Termociclado			Erodido		
	Media	DP		Media	DP		Media	DP	
Z100	170.89	(26.33)	Aa	183.84	(11.24)	Aa	158.27	(13.44)	Aa
Diamond	155.14	(12.09)	Aa	158.40	(20.26)	Aa	153.62	(14.83)	Aa
Diamond One	164.66	(13.91)	Aa	172.69	(25.96)	Aa	175.02	(33.35)	Aa

Vittra APS	154.11 (20.23) Aa	154.13 (9.59) Aa	114.14 (5.99) Bb
Vittra Unique	149.06 (13.86) Aa	126.49 (10.38) Ba	108.19 (21.18) Bb

Letras maiúsculas mostram diferença entre as resinas e minúsculas entre os tipos de envelhecimento. $P < 0,05$

Os valores de sorção e solubilidade estão apresentados na Tabela 4. Para os valores de sorção, o teste ANOVA a um fator mostrou que não houve diferença entre os grupos ($p = 0.078$). Já para a solubilidade, o teste ANOVA a um fator apontou diferença entre os grupos ($p = 0.015$), sendo a Vittra APS e a Vittra Unique as que apresentaram menores valores em comparação a resina Z100. Já a Diamond e Diamond One não apresentaram diferença estatisticamente significativas quando comparada às demais resinas.

Tabela 4 - Valores de média (desvio padrão) de sorção e solubilidade ($\mu\text{g}/\text{mm}^3$)

	Sorção		Solubilidade	
	media	DP	media	DP
Z100	-1.30×10^{-2}	3.59×10^{-3}	-2.07×10^{-2}	5.59×10^{-3} A
Diamond	-6.33×10^{-3}	6.37×10^{-3}	-1.06×10^{-2}	1.12×10^{-2} AB
Diamond One	-5.68×10^{-3}	6.93×10^{-3}	-8.36×10^{-3}	8.55×10^{-3} AB
Vittra APS	-4.11×10^{-3}	4.46×10^{-3}	-1.30×10^{-4}	1.24×10^{-2} B
Vittra Unique	-4.25×10^{-3}	1.14×10^{-2}	-1.84×10^{-3}	1.08×10^{-2} B

Letras maiúsculas mostram diferença entre as resinas.

4 DISCUSSÃO

A termociclagem reproduz os desafios térmicos que ocorrem no ambiente bucal, como a contração e expansão, e as degradações térmica e hidrolítica decorrentes das mudanças de temperatura. Diferentes protocolos são utilizados para realizar a termociclagem em resina composta (RC). Segundo Rego et al (2016) [12] o protocolo de 5000 ciclos térmicos equivale a 6 meses de função térmica em boca [12], sendo considerado um método efetivo para simulação de envelhecimento *in vitro* [13]. Já a ciclagem erosiva simula os desafios erosivos frequentemente enfrentados por materiais restauradores no meio bucal. Por ser um dos líquidos mais utilizados para simular o envelhecimento de resinas compostas, o ácido cítrico, tem efeito semelhante ao ácido de alimentos, doces, refrigerantes, frutas [14], e foi selecionado para este estudo. A fim de reproduzir com maior fidelidade o ambiente bucal, as amostras foram mantidas em saliva artificial durante os intervalos, para simular o contato dos materiais restauradores com líquido supersaturado em minerais e tamponante [15].

Os resultados do presente estudo apontam que a termociclagem e ciclagem erosiva foram capazes de reduzir os valores de microdureza e resistência flexural de todas as resinas testadas, tendo uma redução estatisticamente significativa apenas em algumas delas. A capacidade de alteração foi material dependente e possivelmente está relacionada com o componente orgânico das resinas testadas, que podem ter se degradado em meio aquoso e/ou ácido

A microdureza Vickers (MV) é um parâmetro utilizado para avaliar a propriedade de resistência ao risco dos materiais restauradores, e foi escolhido por sua confiabilidade e simplicidade. A composição química, como volume, tamanho e tipo de carga são fatores essenciais na definição da MV [16]. A resistência flexural tem grande importância na durabilidade dos materiais restauradores. O estudo de sua capacidade de manutenção frente aos desafios térmicos, erosivos, quando combinados às tensões mastigatórias é essencial para caracterizar uma resina composta como um material restaurador apropriado. De acordo com a ISO 4049, para que um material restaurador dentário tenha boa durabilidade diante das forças mastigatórias diárias, é necessário que este apresente RF de no mínimo 80MPa [17]. As médias de RF de todas as resinas testadas no presente estudo cumpriram com esse pré-requisito.

Atualmente, o teste de RF de 3 pontos é recomendado pela ISO para a avaliação da RF em resinas compostas (RC) [18]. Existem diversos estudos que buscam explicar o motivo para a diferença de valores de RF entre as RCs. Alguns apontam a diferença de volume de carga como fator determinante da RF, ou seja, quanto maior o volume de carga, maior a RF [13]. Outros avaliaram a influência do peso de carga na RF das RC, mas encontraram resultados contraditórios, revelando que a RF não pode ser definida por um fator isolado, sendo influenciada pela associação de diferentes fatores, como tamanho da carga, matriz, volume de carga [13].

Os resultados apontam que a resina Vittra Unique apresentou diminuição significativa de seus valores de RF após a termociclagem e desgaste erosivo quando comparada ao grupo controle, e às demais resinas, com exceção da Vittra APS, que também apresentou menores valores após desafio erosivo. Assim como a resistência flexural, a sorção e solubilidade são influenciadas por diversos fatores, principalmente pela composição química das RCs, como tamanho, distribuição e estrutura das partículas de carga, monômeros, ligação interfacial entre carga e resina, além do grau de conversão [19]. Avaliar a sorção e solubilidade das RCs é de extrema importância, visto que influenciam diretamente nas propriedades mecânicas [10], manutenção de cor e manchamento [19] desses materiais, bem como na sua longevidade. As resinas compostas avaliadas neste estudo cumprem com o critério estabelecido pela ISO 4049, que preconiza como valores máximos, $40\mu\text{g}/\text{mm}^3$ para sorção e $7,5\mu\text{g}/\text{mm}^3$ para solubilidade. O presente estudo aponta que houve diferença entre os grupos quanto aos valores de solubilidade, enquanto para sorção, não houve diferença.

As resinas de efeito camaleão VU e CDO, e as policromáticas CD e VT apresentaram menores valores de microdureza quando comparadas ao grupo controle (FZ). A CDO quando comparada a seu controle (CD), apresentou diferença estatisticamente significativa apenas no grupo controle da microdureza. Já a resina VU teve diferença estatística comparada a seu controle (VT) com menores valores de microdureza em todas as condições de envelhecimento e nos valores de resistência flexural no grupo termociclado, o que pode estar relacionado com a menor quantidade de carga (tabela 1). Não houve diferença entre VU e VT quanto a solubilidade e ambas apresentaram melhores resultados que o grupo controle (FZ) com relação a esta propriedade.

Apesar do impacto do envelhecimento artificial nas propriedades mecânicas e químicas das resinas avaliadas neste estudo, todas apresentaram valores dentro do

estabelecido pela ISO 4049, o que significa que tanto as resinas monocromáticas como policromáticas estão aptas a serem utilizadas clinicamente. Estudos futuros devem incluir análise de manutenção de cor, brilho e polimento a longo prazo destes materiais.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que o envelhecimento artificial, como desafio erosivo e a termociclagem, foi capaz de reduzir os valores da microdureza e resistência flexural das resinas compostas avaliadas neste estudo. Não houve diferença para os valores de sorção entre os grupos, mas para solubilidade os valores foram diferentes. A alteração das propriedades químicas e físicas das resinas simplificadas testadas é material dependente.

REFERÊNCIAS

1. Brodbelt RHW, O'Brien WJ, Fan PL, Frazer-Dib JG, Yu R. Translucency of Human Dental Enamel. Vol. 60, *J Dent Res*. 1981.
2. Villarroel M, Fahl N, De Sousa AM, De Oliveira OB. Direct esthetic restorations based on translucency and opacity of composite resins. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2011 Apr;23(2):73–87.
3. de Abreu JLB, Sampaio CS, Benalcázar Jalkh EB, Hirata R. Analysis of the color matching of universal resin composites in anterior restorations. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2021 Mar 1;33(2):269–76.
4. Lucena C, Ruiz-López J, Pulgar R, Della Bona A, Pérez MM. Optical behavior of one-shaded resin-based composites. *Dental Materials*. 2021 May 1;37(5):840–8.
5. Kobayashi S, Nakajima M, Furusawa K, Tichy A, Hosaka K, Tagami J. Color adjustment potential of single-shade resin composite to various-shade human teeth: Effect of structural color phenomenon. *Dent Mater J*. 2021;40(4):1033–40.
6. Ilie N, Hilton TJ, Heintze SD, Hickel R, Watts DC, Silikas N, et al. Academy of Dental Materials guidance—Resin composites: Part I—Mechanical properties. *Dental Materials*. 2017 Aug 1;33(8):880–94.
7. Chen F, Toida Y, Islam R, Alam A, Chowdhury AFMA, Yamauti M, et al. Evaluation of shade matching of a novel supra-nano filled esthetic resin composite employing structural color using simplified simulated clinical cavities. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2021 Sep 1;33(6):874–83.
8. Takamizawa T, Ishii R, Tamura T, Yokoyama M, Hirokane E, Tsujimoto A, et al. Handling properties and surface characteristics of universal resin composites. *Dental Materials*. 2021 Sep 1;37(9):1390–401.
9. Souza ROA, Özcan M, Michida SMA, de Melo RM, Pavanelli CA, Bottino MA, et al. Conversion degree of indirect resin composites and effect of thermocycling on their physical properties. *Journal of Prosthodontics*. 2010 Apr;19(3):218–25.
10. Kumar N, Sangi L. Water sorption, solubility, and resultant change in strength among three resin-based dental composites. *J Investig Clin Dent*. 2014 May 1;5(2):144–50.
11. Graf N, Ilie N. Long-term mechanical stability and light transmission characteristics of one shade resin-based composites. *J Dent*. 2022 Jan 1;116.
12. Rêgo HMC, Alves TS, Bresciani E, Niu LN, Tay FR, Pucci CR. Can long-term dentine bonding created in real life be forecasted by parameters established in the laboratory? *Sci Rep*. 2016 Nov 25;6.
13. Morresi AL, D'Amario M, Monaco A, Rengo C, Grassi FR, Capogreco M. Effects of critical thermal cycling on the flexural strength of resin composites. *J Oral Sci*. 2015 Jun 1;57(2):137–43.
14. Kumari C, Bhat K, Bansal R, Singh N, Anupama A, Lavanya T. Evaluation of surface roughness and hardness of newer nanoposterior composite resins after immersion in food-simulating liquids. *Contemp Clin Dent*. 2019 Apr 1;10(2):289–93.
15. Batista GR, Torres CRG, Sener B, Attin T, Wiegand A. Artificial saliva formulations versus human saliva pretreatment in dental erosion experiments. *Caries Res*. 2016 Mar 1;50(1):78–86.
16. Miranda CB, Pagani C, Bottino MC, Benetti AR. A comparison of microhardness of indirect composite restorative materials. *Journal of Applied Oral Science*. 2003 Jun;11(2):157–61.

17. Janda R, Roulet JF, Latta M, Rüttermann S. The effects of thermocycling on the flexural strength and flexural modulus of modern resin-based filling materials. *Dental Materials*. 2006 Dec;22(12):1103–8.
18. Ilie N. ISO 4049 versus NIST 4877: Influence of stress configuration on the outcome of a three-point bending test in resin-based dental materials and interrelation between standards. *J Dent*. 2021 Jul 1;110.
19. Huang W, Ren L, Cheng Y, Xu M, Luo W, Zhan D, et al. Evaluation of the Color Stability, Water Sorption, and Solubility of Current Resin Composites. *Materials*. 2022 Oct 1;15(19).

ANEXOS

ANEXO I – ARTIGO CIENTÍFICO E NORMAS DA REVISTA

Revista: *Academy of General Dentistry*

Research reports and clinical or laboratory investigations: Should reflect a practical application to general dentistry and the etiology, diagnosis, treatment, or prevention of disease or abnormalities. The manuscript should document the purpose, methods, controls, and results of the investigation and include a discussion of relevant literature.

Preparing your manuscript

Every manuscript must offer unique ideas presented in the author's own words. Unattributed use of phrases and sentences from previously published works (including works by the author[s] of the submission) constitutes plagiarism and is grounds for immediate rejection of a manuscript.

All manuscripts must be written in English and prepared as Microsoft Word documents. Manuscripts prepared in incompatible word processing software will not be reviewed. Manuscript pages should have 1-inch margins and must be numbered consecutively throughout the document. Manuscripts should be approximately 10 double-spaced pages (roughly 3000 words), not including the cover page and figure captions.

Each manuscript submission should contain the following:

- Copyright Release and Authorship Statement
- Permission to reprint copyrighted materials, if applicable
- Author Declaration of Patient Consent, if applicable
- Academic thesis disclosure, if applicable
- Conflict of interest disclosure, if applicable
- Cover page file (including Acknowledgments, if applicable)
- Abstract file
- Article file (body of text and references)
- Graphics files, if applicable

- Figure captions file, if applicable
- Please only include author names or identifying information on the cover page. All other manuscript elements must be anonymized.

Article file

Abstract: The abstract should be no more than 250 words and must contain the article's objective and/or background, design and methods, primary results, and principal conclusions. The abstract should include the stated hypothesis, if any. The abstract should not cite references or include proprietary or manufacturers' names. The abstract page can contain up to 5 keywords, listed in alphabetical order.

Body of text: The body of the article should follow this basic order: Introduction, Methods, Results, Discussion, and Conclusion. The headings may vary in technique papers, case reports, and literature reviews. Manuscripts should be a minimum of 1500 words and a maximum of 6000 words. Not including the cover page and captions, a length of approximately 3000 words is typical.

References:

- Literature must be cited in the text accurately and numerically, and the sources should be numbered in order of first appearance in the text.
- The reference list should be provided at the end of the article file (not as footnotes at the bottom of the page). References should be up to date and reflect the current literature.
- As a rule, the majority of references should be no more than 10 years old, unless used in a historical context. Self-citations should not exceed 10% of the manuscript's total references. This includes any coauthored articles in the reference list.
- Excessive self-citation may be grounds for rejection. A broad, thoughtful review of the literature is critical to the value of an article.
- The reference list should not consist mainly of reports from one researcher or group of researchers. In general, no single researcher should be cited in more than 20% of references.

- General Dentistry follows the most recent edition of the American Medical Association (AMA) Manual of Style for references. For more information and examples, please see the AMA Manual of Style, 11th edition.
 - Sample journal reference: Redmond EB. Shear bond strength of next-generation resin cements. *Gen Dent*. 2020;68(2):94-105.
 - Sample reference for an online-only journal article: Lechien JR, Descamps G, Seminerio I, et al. HPV involvement in the tumor microenvironment and immune treatment in head and neck squamous cell carcinomas. *Cancers (Basel)*. 2020;12(5):1060. doi:10.3390/cancers12051060
 - Sample book reference: Park NI, Kerr M. Terminology in implant dentistry. In: Resnik RR, ed. *Misch's Contemporary Implant Dentistry*. 4th ed. Elsevier; 2021:20-47. •

Product mentions: At the first mention of a brand name of a product, list the name of the manufacturer in parentheses. It is not necessary to list the manufacturer's location.

Graphics files

- A total of 10 tables and graphics (including photographs, radiographs, and charts) may be submitted.
- General Dentistry reserves the right to remove tables and graphics from the article during editing, as dictated by space considerations.
- Figures should be uploaded as individual, high-resolution image files (TIFF, JPEG, Postscript, or EPS formats). They should not be embedded in the article file or submitted as a group in a single PDF or Microsoft Word document.
- Images should not include any numbering or identification on the actual photo, with the exception of arrows or abbreviations that further define what is being shown in the image. Unlabeled electronic versions of the images must be made available upon request.
- Each figure should be numbered consecutively (Fig 1, Fig 2, etc) according to the order in which they are cited in the text. For photomicrographs, the stain used must be specified in the caption, and original magnification must be indicated unless a scale bar is included within the image.

- In the case of compound figures, each lettered element of the image is counted separately and must be uploaded as an individual file. For example, 3 separate files must be uploaded if the manuscript includes a Fig 1A, Fig 1B, and Fig 1C.
- Tables and charts must also be numbered consecutively according to the order in which they are cited in the text. They must be organized logically, include titles (and footnotes, when needed), and clarify or add to data presented, rather than simply repeat material in the text.
- Tables should be provided in a single Microsoft Word document and not as graphic files.

Figure captions file

- The caption list must include captions for every graphic (including figures and charts). Each caption should be limited to approximately 20 words.
- The captions list must be submitted as a single Microsoft Word document. Submitting your manuscript Manuscripts and corresponding materials should be submitted to mc04.manuscriptcentral.com/gendent.

Please note that if any required materials are missing, the review process will be delayed until all materials are received. Rejected manuscripts In the event that your manuscript is rejected, we return the copyright to you so that you may consider submitting the manuscript to another journal.