



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICOS EM TIRAS DE POLIÉSTER CORADAS
PARA USO EM RESTAURAÇÕES DENTÁRIAS

Recife

2024

JOSÉ MONTEIRO DOS SANTOS FILHO

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICOS EM TIRAS DE POLIÉSTER CORADAS
PARA USO EM RESTAURAÇÕES DENTÁRIAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Odontologia. Área de concentração: Clínica Integrada

Orientadora: Prof^a Dr^a Juliana Raposo Souto Maior

Coorientadora: Prof^a Dra. Renata Pedrosa Guimarães

Recife

2024

.Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Filho, Jose Monteiro Dos Santos.

Avaliação de parâmetros físicos em tiras de poliéster coradas para uso em restaurações dentárias / Jose Monteiro Dos Santos Filho. - Recife, 2024.

52f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, 2024.

Orientação: Juliana Raposo Souto Maior.

Coorientação: Renata Pedrosa Guimarães.

Inclui referências.

1. Dentística operatória; 2. Eficiência; 3. Ergonomia; 4. Luzes de cura dentária; 5. Polimerização; 6. Temperatura. I. Maior, Juliana Raposo Souto. II. Guimarães, Renata Pedrosa. III. Título.

UFPE-Biblioteca Central

JOSÉ MONTEIRO DOS SANTOS FILHO

AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICOS EM TIRAS DE POLIÉSTER CORADAS
PARA USO EM RESTAURAÇÕES DENTÁRIAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Odontologia da
Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico Recife, como requisito
para a obtenção do título de Mestre em Odontologia. Área de concentração: Clínica
Integrada

Aprovado em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Renata Pedrosa Guimarães (Co-Orientadora)

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof^a. Dr^a. Hílcia Mezzalira Teixeira

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Prof^a. Dr^a. Bruna de Carvalho Farias Vajgel

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

*Dedico este trabalho aos meus pais, José Monteiro e Josefa Maria, com todo amor e
gratidão.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por se fazer presente iluminando e guiando meus caminhos;

Aos meus pais, José Monteiro e Josefa Maria por sempre estarem ao meu lado em todas as circunstâncias;

À Professora Dr^a Renata Pedrosa Guimarães, por toda a orientação, apoio, carinho, paciência, lutas e fugas das dietas desde a época da graduação em Odontologia;

À Professora Dr^a Juliana Raposo Souto Maior Costa pela orientação durante a execução deste trabalho;

À Professora Dr^a Hilcia Mezzalira Teixeira, por todo o apoio e carinho;

Ao Professor Dr Oscar Felipe Fonseca de Brito pelo apoio e pela amizade desenvolvida ao longo do tempo;

A Sérgio Vinícius, pelo apoio e desenvolvimento em conjunto deste trabalho;

A Marlon Ferreira Dias pelo companheirismo de sempre;

Ao professor Dr Anderson Gomes, Alysson José e equipe do Laboratório de Fotônica e Biofotônica do Departamento de Física da Universidade Federal de Pernambuco pelo auxílio no desenvolvimento dos experimentos realizados;

Ao servidor João Rangel do Laboratório de Combustíveis do Instituto de Pesquisa em Petróleo e Energia da Universidade Federal de Pernambuco pelo auxílio do desenvolvimento deste trabalho

Aos amigos e colegas que contribuíram direta e indiretamente com este trabalho.

À CAPES pelo apoio financeiro prestado para a realização deste trabalho

À Universidade Federal de Pernambuco pela disponibilização de suas instalações

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da pigmentação de tiras de poliéster sobre parâmetros físicos, relacionados ao processo de fotopolimerização, de uma resina composta nano-híbrida. Foram utilizadas tiras de poliéster coradas, tiras transparentes e filmes de Polipropileno para fins de comparação, divididos nos seguintes grupos: Grupo 1 (Controle negativo) - ausência de tiras; Grupo 2 (Controle positivo) - tira transparente; Grupo 3- Polipropileno; Grupo 4 - pigmentação azul (#4); Grupo 5 - pigmentação azul (#5); Grupo 6 - tira pré-fabricada (Contoured Anterior Matrix). Foram realizados testes quanto à intensidade de luz transmitida pelas tiras, espectro de absorção, temperatura transmitida durante a polimerização e taxa de conversão polimérica. Na medição da intensidade luminosa, as tiras foram expostas ao fotopolimerizador sobre a plataforma de um radiômetro, cuja intensidade foi obtida em mW/cm². Para o teste de temperatura e taxa de conversão, foram confeccionados corpos de prova em resina composta a partir de uma matriz de resina acrílica utilizando as tiras testadas; foi utilizada uma câmera termográfica durante a polimerização para medição da temperatura e as análises da Taxa de Conversão foram realizadas através da espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR). Os resultados foram favoráveis aos Grupos 3 e 4, observando-se diferença significativa na intensidade da luz e grau de conversão polimérica entre os grupos e redução da temperatura transmitida durante a polimerização. As tiras de polipropileno mostraram-se viáveis em substituição às tiras de poliéster transparentes, porém há limites no grau de saturação do pigmento.

Palavras-chave: Dentística Operatória, Eficiência, Ergonomia, Luzes de Cura Dentária, Polimerização, Temperatura

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the influence of the pigmentation of polyester strips on physical parameters, related to the photopolymerization process, of a nano-hybrid composite resin. Colored polyester strips, transparent strips and polypropylene films were used for comparison purposes, divided into the following groups: Group 1 (Negative control) - absence of strips; Group 2 (Positive control) - transparent strip; Group 3- Polypropylene; Group 4 - blue pigmentation (#4); Group 5 - blue pigmentation (#5); Group 6 - prefabricated strip (Contoured Anterior Matrix). Tests were carried out regarding the intensity of light transmitted by the strips, absorption spectrum, temperature transmitted during polymerization and polymer conversion rate. When measuring light intensity, the strips were exposed to the photopolymerizer on the platform of a radiometer, whose intensity was obtained in mW/cm². For the temperature and conversion rate test, composite resin specimens were made from an acrylic resin matrix using the tested strips; A thermographic camera was used during the polymerization to measure the temperature and the Conversion Rate analyzes were carried out using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). The results were favorable for Groups 3 and 4, with a significant difference in light intensity and degree of polymer conversion between the groups and a reduction in the temperature transmitted during polymerization. Polypropylene strips proved to be viable in replacing transparent polyester strips, however there are limits to the degree of pigment saturation.

Keywords: Dental Curing Lights, Efficiency, Ergonomics, Operative Dentistry, Polymerization, Temperature

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Caracterização dos grupos	16
Figura 2 –	Teste de intensidade Luminosa	16
Figura 3 –	Estudo da temperatura de polimerização e confecção dos corpos de prova	18
Figura 4 –	Análise da temperatura de polimerização	18
Figura 5 –	Espectroscopia em FITR	19
Figura 6 –	Tiras de poliéster convencional e coloridas dispersas entre instrumentais odontológicos	36
Figura 7 –	Contraste observado na utilização das tiras de poliéster	37
Gráfico 1 –	Comparação das intensidades de luz entre os grupos testados	32
Gráfico 2 –	Ensaio de espectrofotometria: comparação entre a absorção da radiação eletromagnética da luz ao atravessar os protótipos pigmentados das tiras	33
Gráfico 3 –	Média da temperatura de polimerização transmitida pelas tiras entre os grupos testados	34
Gráfico 4 –	Comparação entre as médias de conversão polimérica	35

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

3D	Três dimensões
ATR	Reflectância total atenuada
FTIR	Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier
h	Horas
LED	Light Emitting Diode
mW/cm ²	Miliwatt por centímetro quadrado
s	Segundos
SPSS	Statistical Package for Social Science
TC	Taxa de Conversão
UV	Ultra-Violeta
W/cm ²	Watt por centímetro quadrado

SUMÁRIO

1	Fundamentação Teórica	12
2	Objetivos	14
2.1	<i>Objetivo geral</i>	14
2.1	<i>Objetivos específicos</i>	14
3	Hipótese	14
4	Metodologia	15
4.1	<i>Medição da Intensidade Luz</i>	15
4.2	<i>Confecção das amostras de resina composta.</i>	16
4.3	<i>Mensuração da temperatura transmitida à resina composta fotopolimerizada através das tiras de poliéster coloridas</i>	17
4.4	<i>Mensuração da taxa de conversão (TC) polimérica da resina composta fotopolimerizada através das tiras de poliéster coloridas</i>	19
4.5	<i>Análise estatística</i>	20
5	Resultados	22
	ARTIGO: Avaliação de parâmetros físicos em tiras de poliéster coradas para uso em restaurações dentárias	22
	Referências	49

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A palavra “ergonomia” é derivada do idioma grego, no qual “ergo” significa “trabalho” e “nomos”, “lei”. Nesse sentido, a ergonomia objetiva o planejamento de dispositivos, sistemas técnicos e tarefas de tal forma a aumentar a segurança, a saúde, o conforto e a produtividade dos trabalhadores. No planejamento do trabalho e nas situações do dia-a-dia, o foco da Ergonomia é o ser humano. Por isso, o Cirurgião-Dentista, ao longo de suas atividades precisa estar atento aos aspectos e dificuldades relacionados a este tema (SALIBA et al., 2016).

Ainda nesse contexto, para a prevenção de doenças relacionadas aos princípios de Ergonomia, é importante que o profissional de Odontologia tenha conhecimento de dois pontos fundamentais: o primeiro é a escolha do equipamento e o segundo refere-se à postura correta na posição de trabalho (SAQUY et al., 1996). A Ergonomia aplicada à prática permite que o profissional seja mais eficiente, evitando o cansaço e o desgaste desnecessários e, ao mesmo tempo, oferece segurança e conforto ao paciente (GARBIN et al., 2008).

Algumas etapas das técnicas operatórias realizadas pelo Cirurgião-Dentista em seu dia a dia de atuação, requerem esforços extras no que tange aos cuidados ergonômicos. Na área de Reabilitação Oral e Dentística, por exemplo, uma das etapas importantes ao se realizar uma restauração em resina composta é o restabelecimento do ponto de contato, que frequentemente é obtido utilizando-se uma matriz de poliéster em dentes anteriores. Esta matriz é utilizada para restabelecer além do ponto de contato, a forma do dente e também evitar a união deste material restaurador com os dentes adjacentes, mantendo a resina composta, quando ainda plástica, sobre pressão, auxiliando a escultura e a lisura superficial da restauração (GOMES et al., 2015, EI-SHAMY et al., 2018).

Por ser transparente, o manejo desse tipo de material durante os procedimentos restauradores tende a ser bastante dificultoso, haja vista a baixa visibilidade proporcionada pelo pequeno tamanho e pela ausência de coloração. Como consequência da dificuldade de manejo, é bastante comum que essas tiras de poliéster sejam perdidas durante os atendimentos clínicos, resultando em um maior tempo de trabalho tentando recuperá-las, bem como, diversas vezes, requisitando um

maior número destas para uma única sessão de atendimento, o que pode representar um prejuízo também sob o ponto de vista econômico (COSTA, 2008).

A literatura é escassa quando se buscam dados relacionados aos usos clínicos das tiras de poliéster e suas implicações nos processos restauradores, haja vista que seu uso atual se limita à reconstrução da anatomia dentária. Assim, do ponto de vista ergonômico, as atuais tiras de poliéster não são consideradas adequadas aos usuários, pois a sua usabilidade é bastante debilitada quando se leva em consideração que as constantes perdas das tiras de poliéster transparentes prejudicam a eficiência profissional. Em vista disso, surge a necessidade de pesquisas buscando o desenvolvimento de novos produtos a fim de suprir as dificuldades observadas no dia-a-dia, como por exemplo a possibilidade de fabricação de tiras de poliéster coloridas (KOSMANN, 2004).

Essa busca por novos materiais utilizados nos procedimentos restauradores reflete-se na constante introdução de novos produtos no mercado odontológico. Embora essa renovação frequente de produtos seja uma consequência da evolução tecnológica e aprimoramento dos conhecimentos, apresenta-se também como um desafio aos profissionais que se encarregam de avaliar esses produtos. A velocidade de produção de dados analíticos relevantes, principalmente clínicos, nem sempre acompanha a velocidade de renovação e substituição dos produtos. Diante do número razoável de testes disponíveis para a avaliação, cabe ao pesquisador conhecer as vantagens e limitações para que selecione o mais adequado para testar as hipóteses levantadas em seu projeto (GARCIA, 2002).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliou-se a influência da pigmentação de tiras de poliéster sobre parâmetros físicos relacionados ao processo de fotopolimerização de uma resina composta nano-híbrida.

2.2. Objetivos específicos

- Avaliar a intensidade de luz do fotopolimerizador através das tiras de poliéster e obter o espectro de absorção luminosa em todas as tiras testadas;
- Medir a temperatura da luz transmitida pelas tiras de poliéster durante a fotopolimerização;
- Verificar o grau de conversão polimérica da resina composta fotopolimerizada através de cada tipo de tiras de poliéster.

3. HIPÓTESE

Este trabalho foi baseado na seguinte hipótese:

- H0: A coloração das tiras de poliéster não altera os valores da intensidade de luz e temperatura transmitida nem o grau de conversão polimérica da resina composta.

4. METODOLOGIA

Este estudo, caracterizado como um estudo experimental, foi realizado no Laboratório do Núcleo de Pesquisas Clínicas e Laboratoriais do Curso de Odontologia, Laboratório de Combustíveis do Instituto de Pesquisa em Petróleo e Energia e Laboratório de Fotônica e Biofotônica do Departamento de Física, localizados no Campus Recife da Universidade Federal de Pernambuco.

4.1 Medição da intensidade de luz (mW/cm²).

Para realização dos testes, tiras de poliéster experimentais foram pigmentadas com corante azul aplicado sob a superfície do filme laminado, cuja saturação foi definida a partir da velocidade de distribuição do pigmento (representada pelo símbolo #). Após a confecção, foram definidos 6 grupos experimentais: Grupo 1 (Controle Negativo - Nenhuma tira de poliéster), Grupo 2 (Controle Positivo - Tira de poliéster transparente), Grupo 3 (filme laminado de polipropileno, pigmentação azul leve) Grupo 4 (Tira poliéster com pigmento azul #4), Grupo 5 (Tira de Poliéster com pigmento azul #5) e Grupo 6 (Tira colorida pré-fabricada - Contoured Anterior Matrix) (Figura 1).

Um radiômetro (Hilux Ledmax Dental Curing Light Meter, Benlioğlu Dental Inc.) foi utilizado para mensurar a intensidade da luz após esta atravessar as tiras de poliéster. Foi realizada a medição da intensidade luminosa, em mW/cm², através da exposição do aparelho fotopolimerizador de LED (Emitter.C / Schuster, valor médio: 1200 mW/cm²) sobre a plataforma do radiômetro por 20s, interpondo entre eles as tiras de poliéster. Para obter uma irradiância estável, todas as mensurações foram registradas após 10 segundos de ativação (LIMA, 2021), com a bateria carregada em 100% de sua capacidade (Figura 2).

Adicionalmente, foi utilizada a UV-2600 (UV-Vis Spectrophotometer), para realizar um ensaio de espectrofotometria UV/Visível, que se baseia nas medidas de absorção da radiação eletromagnética da luz ao atravessar os protótipos pigmentados das tiras matriz para obtenção do espectro de absorção luminosa das tiras de poliéster.

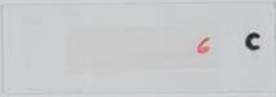
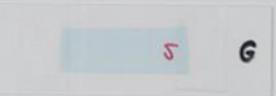
Grupo	Descrição
1 (Controle -)	polimerização direta
2 (Controle +)	
3 (Polipropileno)	
4 (Azul #4)	
5 (Azul #5)	
6 (Tira pré fabricada)	

Figura 1: Caracterização dos Grupos



Figura 2: Teste de intensidade Luminosa

4.2 Confeção das amostras de resina composta.

Para a realização dos ensaios de temperatura e conversão polimérica, foram confeccionados 60 corpos de prova de resina composta (EPIC DA2, Biodinâmica) a partir de uma matriz de resina acrílica (VIPI Flash) com 5 mm de diâmetro e 1 mm de

espessura, confeccionada a partir de um molde de discos impressos na impressora 3D SLA Anycubic Photon LCD-based SLA. (LIMA, 2021)

Um incremento único da resina composta foi adaptado ao interior da matriz e pressionado com os protótipos de tira de poliéster testados (Grupos 2, 3, 4, 5 e 6) sobre os quais foram colocadas lâminas de vidro transparentes com 1mm de espessura através das quais os corpos de prova foram fotopolimerizados por 20 segundos (LIMA, 2021) e guardados em frascos plásticos opacos, com tampa rosqueável contendo soro fisiológico, mantidos em refrigeração por 24h. Além disso, cada frasco foi envolvido por fita isolante térmica a fim de impedir a passagem da luz até o momento das análises.

4.3 Mensuração da temperatura transmitida à resina composta fotopolimerizada através das tiras de poliéster coloridas

A medição da temperatura em grau Celsius foi realizada com auxílio de uma câmera térmográfica (FLIR i5) concomitantemente à confecção dos corpos de prova. Sua lente foi focada sob um incremento de 1 mm de resina composta, enquanto o mesmo estava sendo fotopolimerizado através das tiras de poliéster experimentais (Figura 3 e Figura 4).

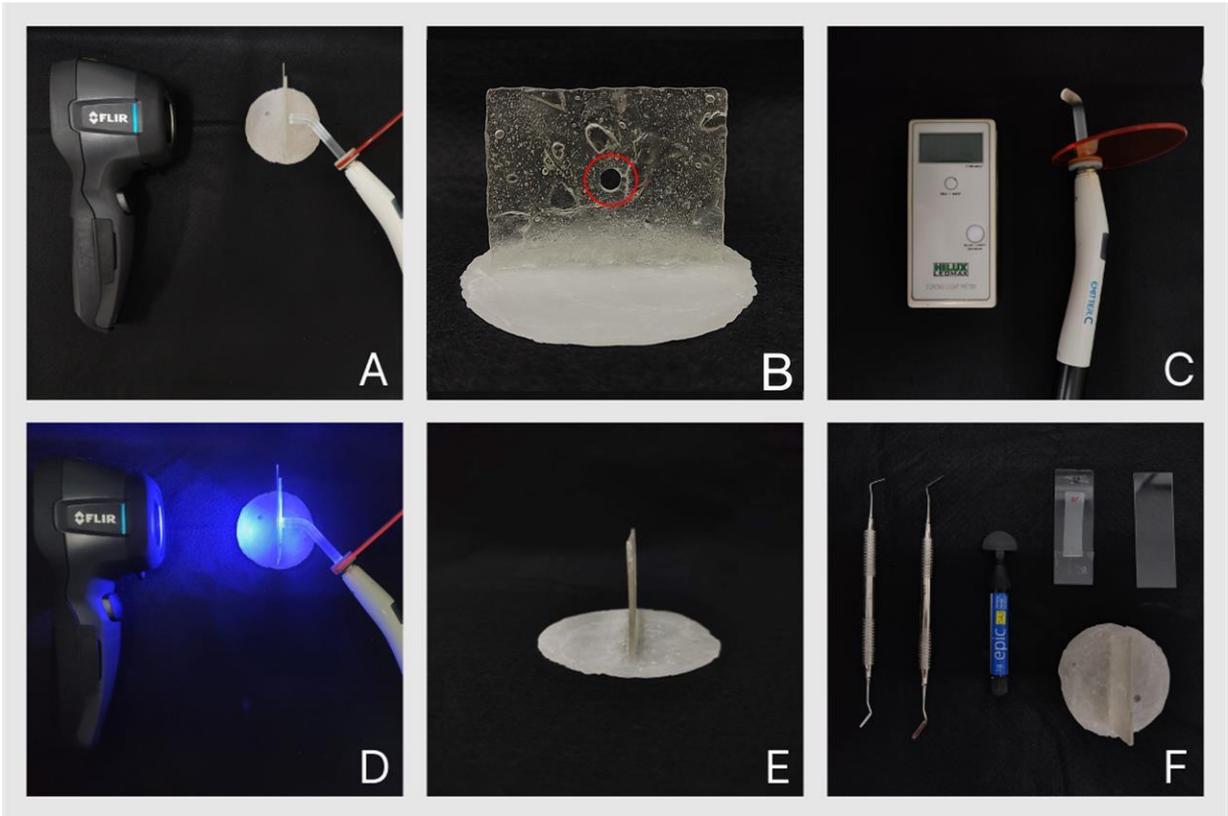


Figura 3: Estudo de temperatura de fotopolimerização e confecção dos corpos de prova. A: posicionamento da câmera termográfica; B: molde para introdução da resina composta; C: radiômetro e fotopolimerizador; D: esquema da fotopolimerização; E: espessura do molde de resina acrílica (1mm); F: materiais utilizados na confecção dos corpos de prova.

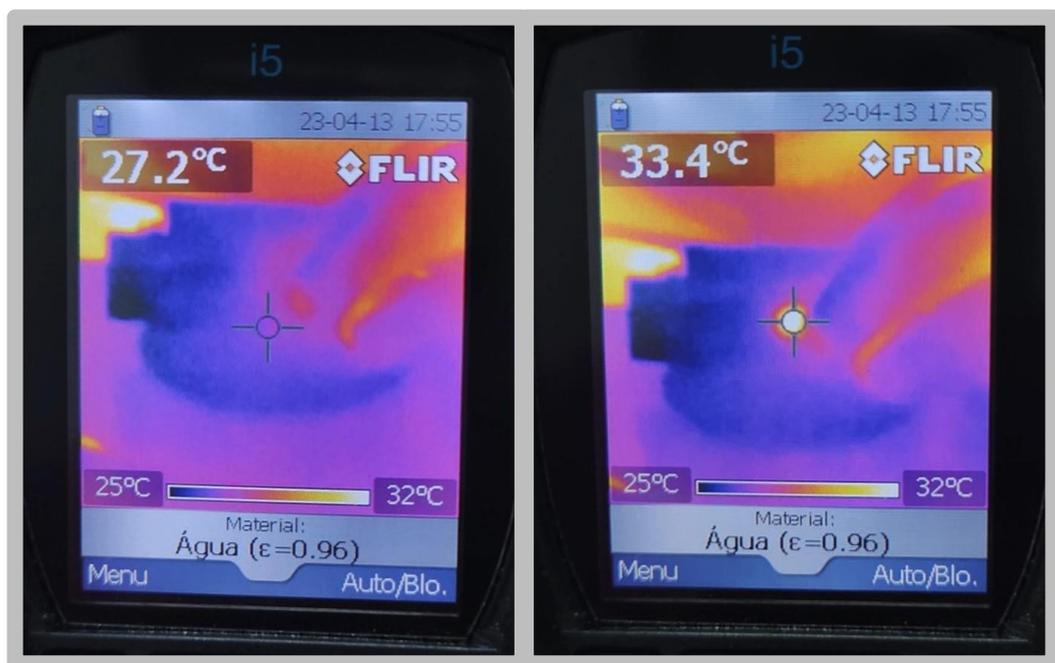


Figura 4: Análise da temperatura da resina durante a polimerização

4.4 Mensuração da taxa de conversão (TC) polimérica da resina composta fotopolimerizada através das tiras de poliéster coloridas

As análises da TC das amostras de resina composta foram realizadas 24 horas após a sua confecção, através da Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) associada com reflectância total atenuada (ATR) (PerkinElmer® FT-IR/FT-NIR Spectrometer, modelo: spectrum 400; Miracle accessory ATR unit, spectrum 100, diamante/ZnSe \pm 1mm) (Figura 5).

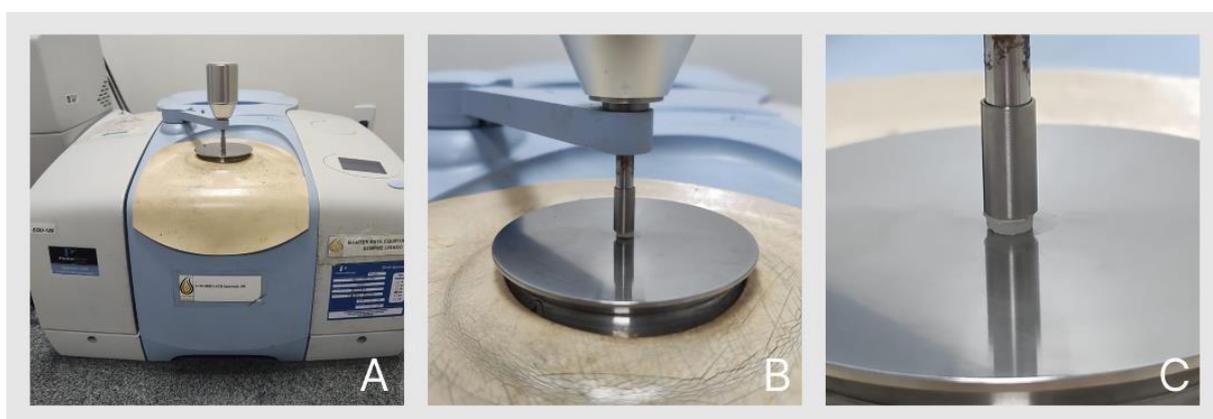


Figura 5: Espectroscopia em FTIR. A: aparelho FTIR; B: posicionamento da amostra; C: amostra fixada e posicionada no centro da superfície de leitura.

Primeiramente, foi realizada uma leitura preliminar da resina composta na sua forma pastosa para obter o espectro de absorvância inicial (antes da polimerização) das ligações químicas. Cada amostra foi escaneada 32 vezes com uma faixa de variação de comprimento de onda de 4.000 a 400 cm^{-1} e resolução de 4 cm^{-1} . Todas as leituras foram realizadas no centro da amostra com a face que estava em contato com a tira de poliéster em contato com o diamante da unidade ATR. A razão entre a ligação dupla carbono-carbono alifática e o grupo aromático para amostras não polimerizadas e polimerizadas respectivamente, foi usada para calcular a TC de acordo com a seguinte equação:

$$TC (\%) = 1 - \frac{\left[\frac{abs(C=C_{alifática})}{abs(C=C_{aromática})} \right]_{polímero}}{\left[\frac{abs(C=C_{alifática})}{abs(C=C_{aromática})} \right]_{monômero}} \times 100$$

Onde, TC é a taxa de conversão, abs (C= Califática) é a quantidade máxima de ligações alifáticas C=C que atinge o pico de absorbância no comprimento de onda 1637 cm⁻¹, e abs(C=C aromática) é o pico de absorbância das ligações aromáticas em 1609cm⁻¹. Tal equação resume-se na razão entre a absorbância da resina polimerizada (polímero) e não polimerizada.

4.5 Análise estatística

Considerando os resultados da conversão, temperatura (média) e da intensidade, com erro de 5%, distribuição ARE e teste bilateral, o poder da amostra foi determinado em 90,4%. Os cálculos foram realizados pelo software G*Power versão 3.1.9.2.

Os resultados foram expressos por meio de média e desvio padrão (média ± DP) e mediana e percentis 25 e 75 (mediana (P25; P75)). Para avaliar a comparação entre os grupos foi utilizado o teste F (ANOVA) ou Kruskal-Wallis. No caso de diferença significativa pelo teste F (ANOVA) foram utilizados testes de comparações múltiplas pareadas de Tukey nas situações em que foi verificada igualdade de variâncias entre os grupos e o teste de Tamhane no caso de variâncias com diferença significativa entre os grupos. Se a diferença ocorreu pelo teste do Kruskal-Wallis foram utilizados testes de comparações de Conover.

A escolha do teste F (ANOVA) ocorreu nas situações que a variável numérica em análise apresentou distribuição normal e o teste de Kruskal-Wallis no caso da rejeição da normalidade. A verificação da normalidade foi realizada pelo teste de Shapiro-Wilk e a igualdade de variâncias pelo teste F de Levene.

A margem de erro utilizada na decisão dos testes estatísticos foi de 5%. Os dados foram digitados na planilha EXCEL e o programa utilizado para obtenção dos cálculos estatísticos foi o IBM SPSS na versão 25.

5. RESULTADOS

5.1- ARTIGO: AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICOS EM TIRAS DE POLIÉSTER CORADAS PARA USO EM RESTAURAÇÕES DENTÁRIAS

Santos-filho, JM¹; Guimarães, RP²; Costa, JRSM²

1- Aluno de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil.

2- Docente, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da pigmentação de tiras de poliéster sobre parâmetros físicos, relacionados ao processo de fotopolimerização, de uma resina composta nano-híbrida. Foram utilizadas tiras de poliéster coradas, tiras transparentes e filmes de Polipropileno para fins de comparação, divididos nos seguintes grupos: Grupo 1 (Controle negativo) - ausência de tiras; Grupo 2 (Controle positivo) - tira transparente; Grupo 3- Polipropileno; Grupo 4 - pigmentação azul (#4); Grupo 5 - pigmentação azul (#5); Grupo 6 - tira pré-fabricada (Contoured Anterior Matrix). Foram realizados testes quanto à intensidade de luz transmitida pelas tiras, espectro de absorção, temperatura transmitida durante a polimerização e taxa de conversão polimérica. Na medição da intensidade luminosa, as tiras foram expostas ao fotopolimerizador sobre a plataforma de um radiômetro, cuja intensidade foi obtida em mW/cm². Para o teste de temperatura e taxa de conversão, foram confeccionados corpos de prova em resina composta a partir de uma matriz de resina acrílica utilizando as tiras testadas; foi utilizada uma câmera termográfica durante a polimerização para medição da temperatura e as análises da Taxa de Conversão foram realizadas através da espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR). Os resultados foram favoráveis aos Grupos 3 e 4, observando-se diferença significativa na intensidade da luz e grau de conversão polimérica entre os grupos e redução da temperatura transmitida durante a polimerização. As tiras de polipropileno mostraram-se viáveis em substituição às tiras de poliéster transparentes, porém há limites no grau de saturação do pigmento.

Palavras-chave: Dentística Operatória, Eficiência, Ergonomia, Luzes de Cura Dentária, Polimerização, Temperatura

INTRODUÇÃO

Para que haja a prevenção de doenças relacionadas aos princípios de Ergonomia, é importante que o profissional de Odontologia tenha conhecimento de dois pontos fundamentais: o primeiro é a escolha do equipamento e o segundo refere-se à postura correta na posição de trabalho (SAQUY et al., 1996). A Ergonomia aplicada à prática permite que o profissional seja mais eficiente, evitando o cansaço e o desgaste desnecessários e, ao mesmo tempo, oferece segurança e conforto ao paciente (GARBIN et al., 2008).

Algumas etapas das técnicas operatórias realizadas pelo Cirurgião-Dentista em seu dia a dia de atuação, requerem esforços extras no que tange aos cuidados ergonômicos. Na área de Reabilitação Oral e Dentística, por exemplo, uma das etapas importantes ao se realizar uma restauração em resina composta é o restabelecimento do ponto de contato, que frequentemente é obtido utilizando-se uma matriz de poliéster em dentes anteriores. Esta matriz é utilizada para restabelecer além do ponto de contato, a forma do dente e também evitar a união deste material restaurador com os dentes adjacentes, mantendo a resina composta, quando ainda plástica, sobre pressão, auxiliando a escultura e a lisura superficial da restauração (GOMES et al., 2015, EI-SHAMY et al., 2018).

Por ser transparente, o manejo desse tipo de material durante os procedimentos restauradores tende a ser bastante dificultoso, haja vista a baixa visibilidade proporcionada pelo pequeno tamanho e pela ausência de coloração. Como consequência da dificuldade de manejo, é bastante comum que essas tiras de poliéster sejam perdidas durante os atendimentos clínicos, resultando em um maior tempo de trabalho tentando recuperá-las, bem como, diversas vezes, requisitando um maior número destas para uma única sessão de atendimento, o que pode representar um prejuízo também sob o ponto de vista econômico (COSTA, 2008).

A literatura é escassa quando se buscam dados relacionados aos usos clínicos das tiras de poliéster e suas implicações nos processos restauradores, haja vista que seu uso atual se limita à reconstrução da anatomia dentária. Assim, do ponto de vista ergonômico, as atuais tiras de poliéster não são consideradas adequadas aos usuários, pois a sua usabilidade é bastante debilitada quando se leva em consideração que as constantes perdas das tiras de poliéster transparentes prejudicam a eficiência profissional. Em vista disso, surge a necessidade de pesquisas buscando o desenvolvimento de novos produtos a fim de suprir as dificuldades observadas no dia-a-dia, como por exemplo a possibilidade de fabricação de tiras de poliéster coloridas (KOSMANN, 2004).

Essa busca por novos materiais utilizados nos procedimentos restauradores reflete-se na constante introdução de novos produtos no mercado odontológico. Embora essa renovação frequente de produtos seja uma consequência da evolução tecnológica e aprimoramento dos conhecimentos, apresenta-se também como um desafio aos profissionais que se encarregam de avaliar esses produtos. A velocidade de produção de dados analíticos relevantes, principalmente clínicos, nem sempre acompanha a velocidade de renovação e substituição dos produtos. Diante do número razoável de testes disponíveis para a avaliação, cabe ao pesquisador conhecer as vantagens e limitações para que selecione o mais adequado para testar as hipóteses levantadas em seu projeto (GARCIA, 2002).

OBJETIVOS

Objetivo geral

Avaliou-se a influência da pigmentação de tiras de poliéster sobre parâmetros físicos relacionados ao processo de fotopolimerização de uma resina composta nano-híbrida.

Objetivos específicos

- Avaliar a intensidade de luz do fotopolimerizador através das tiras de poliéster e obter o espectro de absorção luminosa em todas as tiras testadas;
- Medir a temperatura da luz transmitida pelas tiras de poliéster durante a fotopolimerização;

- Verificar o grau de conversão polimérica da resina composta fotopolimerizada através de cada tipo de tiras de poliéster.

HIPÓTESE

Este trabalho foi baseado nas seguintes hipóteses:

- H0: A coloração das tiras de poliéster não altera os valores da intensidade de luz e temperatura transmitida através da tira nem o grau de conversão polimérica da resina composta.

METODOLOGIA

Este estudo, caracterizado como um estudo experimental, foi realizado no Laboratório do Núcleo de Pesquisas Clínicas e Laboratoriais do Curso de Odontologia, Laboratório de Combustíveis do Instituto de Pesquisa em Petróleo e Energia e Laboratório de Fotônica e Biofotônica do Departamento de Física, localizados no Campus Recife da Universidade Federal de Pernambuco.

Medição da intensidade de luz (mW/cm²).

Para realização dos testes, tiras de poliéster experimentais foram pigmentadas com corante azul aplicado sob a superfície do filme laminado, cuja saturação foi definida a partir da velocidade de distribuição do pigmento (representada pelo símbolo #). Após a confecção, foram definidos 6 grupos experimentais: Grupo 1 (Controle Negativo - Nenhuma tira de poliéster), Grupo 2 (Controle Positivo - Tira de poliéster transparente), Grupo 3 (filme laminado de polipropileno, pigmentação azul leve) Grupo 4 (Tira poliéster com pigmento azul #4), Grupo 5 (Tira de Poliéster com pigmento azul #5) e Grupo 6 (Tira colorida pré-fabricada - Contoured Anterior Matrix) (Figura 1).

Um radiômetro (Hilux Ledmax Dental Curing Light Meter, Benlioğlu Dental Inc.) foi utilizado para mensurar a intensidade da luz após esta atravessar as tiras de poliéster. Foi realizada a medição da intensidade luminosa, em mW/cm², através da exposição do aparelho fotopolimerizador de LED (Emitter.C / Schuster, valor médio: 1200 mW/cm²) sobre a plataforma do radiômetro por 20s, interpondo entre eles as tiras de

poliéster. Para obter uma irradiância estável, todas as mensurações foram registradas após 10 segundos de ativação (LIMA, 2021), com a bateria carregada em 100% de sua capacidade (Figura 2).

Adicionalmente, foi utilizada a UV-2600 (UV-Vis Spectrophotometer), para realizar um ensaio de espectrofotometria UV/Visível, que se baseia nas medidas de absorção da radiação eletromagnética da luz ao atravessar os protótipos pigmentados das tiras matriz para obtenção do espectro de absorção luminosa das tiras de poliéster.

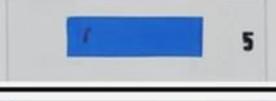
Grupo	Descrição
1 (Controle -)	polimerização direta
2 (Controle +)	
3 (Polipropileno)	
4 (Azul #4)	
5 (Azul #5)	
6 (Tira pré fabricada)	

Figura 1: Caracterização dos Grupos



Figura 2: Teste de intensidade Luminosa

Confeção das amostras de resina composta.

Para a realização dos ensaios de temperatura e conversão polimérica, foram confeccionados 60 corpos de prova de resina composta (EPIC DA2, Biodinâmica) a partir de uma matriz de resina acrílica (VIPI Flash) com 5 mm de diâmetro e 1 mm de espessura, confeccionada a partir de um molde de discos impressos na impressora 3D SLA Anycubic Photon LCD-based SLA. (LIMA, 2021)

Um incremento único da resina composta foi adaptado ao interior da matriz e pressionado com os protótipos de tira de poliéster testados (Grupos 2, 3, 4, 5 e 6) sobre os quais foram colocadas lâminas de vidro transparentes com 1mm de espessura através das quais os corpos de prova foram fotopolimerizados por 20 segundos (LIMA, 2021) e guardados em frascos plásticos opacos, com tampa rosqueável contendo soro fisiológico, mantidos em refrigeração por 24h. Além disso, cada frasco foi envolvido por fita isolante térmica a fim de impedir a passagem da luz até o momento das análises.

Mensuração da temperatura transmitida à resina composta fotopolimerizada através das tiras de poliéster coloridas

A medição da temperatura em grau Celsius foi realizada com auxílio de uma câmera térmográfica (FLIR i5) concomitantemente à confecção dos corpos de prova. Sua lente foi focada sob um incremento de 1 mm de resina composta, enquanto o mesmo estava sendo fotopolimerizado através das tiras de poliéster experimentais (Figura 3 e Figura 4).

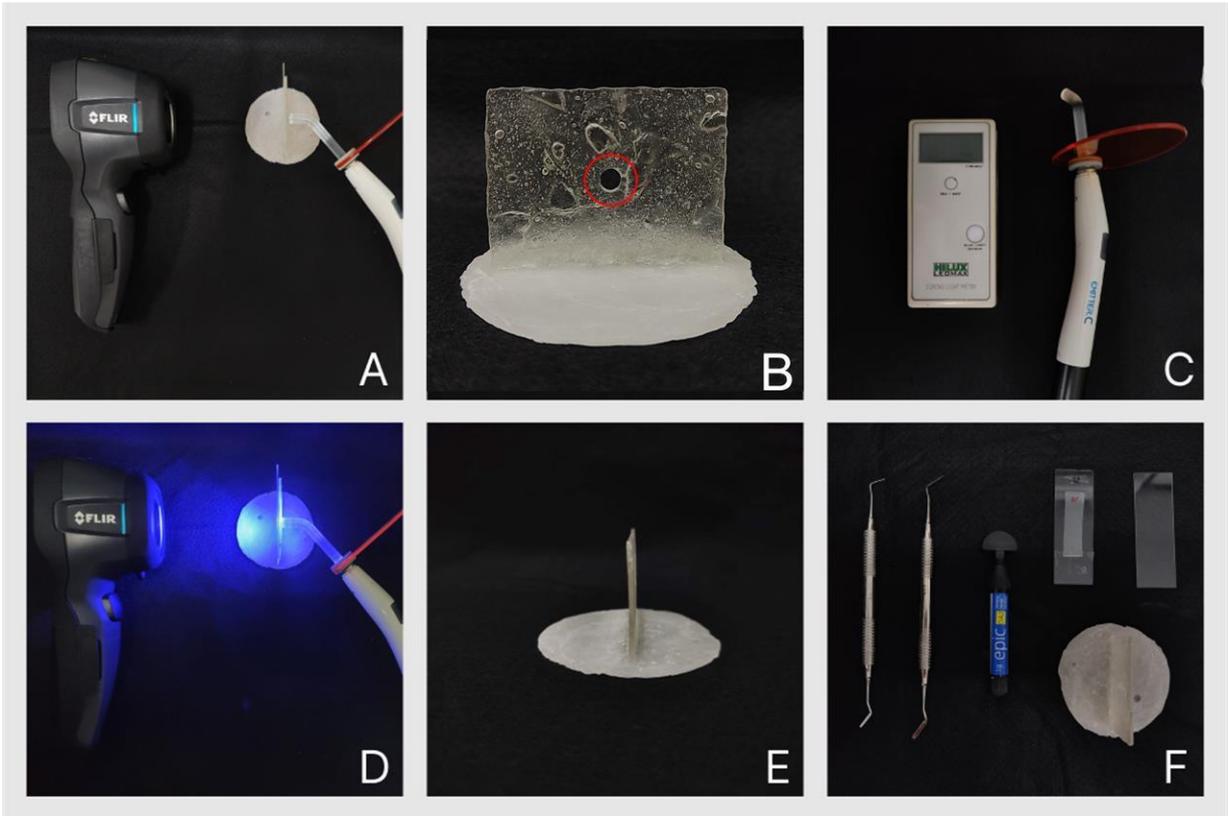


Figura 3: Estudo de temperatura de fotopolimerização e confecção dos corpos de prova. A: posicionamento da câmera termográfica; B: molde para introdução da resina composta; C: radiômetro e fotopolimerizador; D: esquema da fotopolimerização; E: espessura do molde de resina acrílica (1mm); F: materiais utilizados na confecção dos corpos de prova.

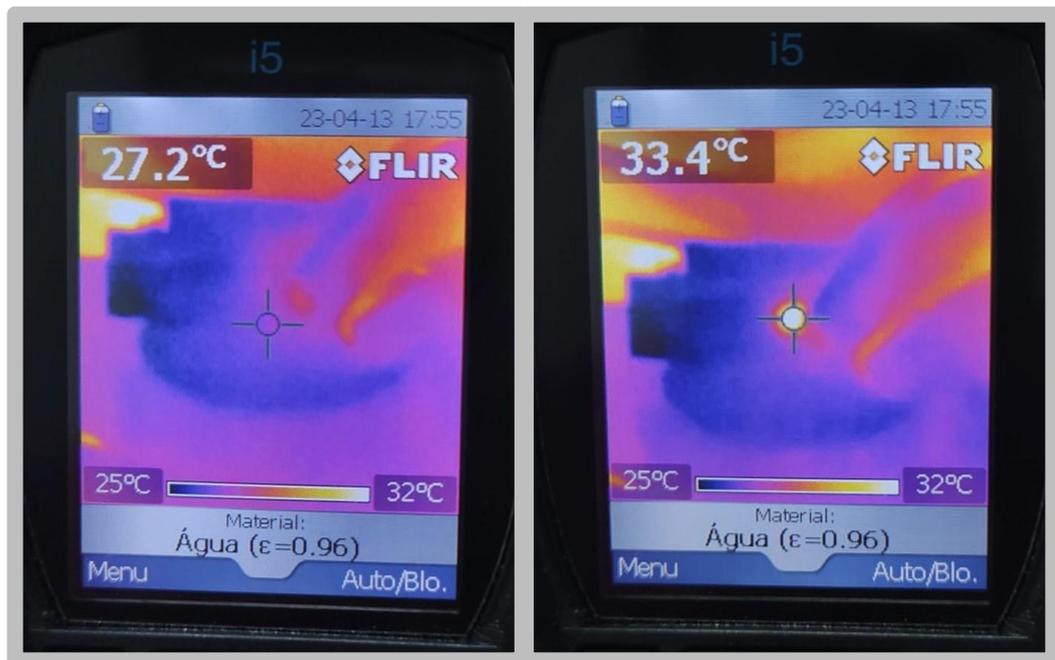


Figura 4: Análise da temperatura da resina durante a polimerização

Mensuração da taxa de conversão (TC) polimérica da resina composta fotopolimerizada através das tiras de poliéster coloridas

As análises da TC das amostras de resina composta foram realizadas 24 horas após a sua confecção, através da Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) associada com reflectância total atenuada (ATR) (PerkinElmer® FT-IR/FT-NIR Spectrometer, modelo: spectrum 400; Miracle accessory ATR unit, spectrum 100, diamante/ZnSe \pm 1mm) (Figura 5).

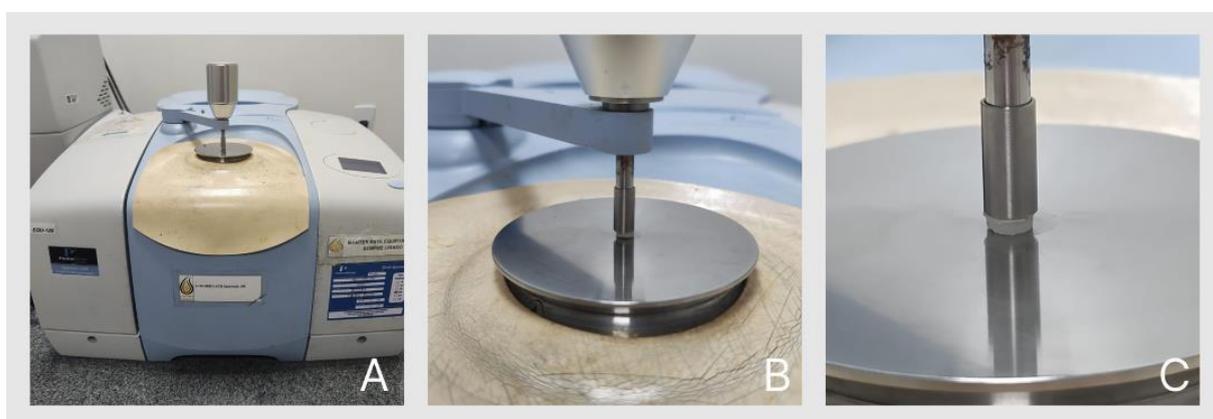


Figura 5: Espectroscopia em FTIR. A: aparelho FTIR; B: posicionamento da amostra; C: amostra fixada e posicionada no centro da superfície de leitura.

Primeiramente, foi realizada uma leitura preliminar da resina composta na sua forma pastosa para obter o espectro de absorvância inicial (antes da polimerização) das ligações químicas. Cada amostra foi escaneada 32 vezes com uma faixa de variação de comprimento de onda de 4.000 a 400 cm^{-1} e resolução de 4 cm^{-1} . Todas as leituras foram realizadas no centro da amostra com a face que estava em contato com a tira de poliéster em contato com o diamante da unidade ATR. A razão entre a ligação dupla carbono-carbono alifática e o grupo aromático para amostras não polimerizadas e polimerizadas respectivamente, foi usada para calcular a TC de acordo com a seguinte equação:

$$TC (\%) = 1 - \frac{\left[\frac{abs(C=C_{alifática})}{abs(C=C_{aromática})} \right]_{polímero}}{\left[\frac{abs(C=C_{alifática})}{abs(C=C_{aromática})} \right]_{monômero}} \times 100$$

Onde, TC é a taxa de conversão, abs (C= Califática) é a quantidade máxima de ligações alifáticas C=C que atinge o pico de absorbância no comprimento de onda 1637 cm⁻¹, e abs(C=C_{aromática}) é o pico de absorbância das ligações aromáticas em 1609cm⁻¹. Tal equação resume-se na razão entre a absorbância da resina polimerizada (polímero) e não polimerizada.

Análise estatística

Considerando os resultados da conversão, temperatura (média) e da intensidade, com erro de 5%, distribuição ARE e teste bilateral, o poder da amostra foi determinado em 90,4%. Os cálculos foram realizados pelo software G*Power versão 3.1.9.2.

Os resultados foram expressos por meio de média e desvio padrão (média ± DP) e mediana e percentis 25 e 75 (mediana (P25; P75)). Para avaliar a comparação entre os grupos foi utilizado o teste F (ANOVA) ou Kruskal-Wallis. No caso de diferença significativa pelo teste F (ANOVA) foram utilizados testes de comparações múltiplas pareadas de Tukey nas situações em que foi verificada igualdade de variâncias entre os grupos e o teste de Tamhane no caso de variâncias com diferença significativa entre os grupos. Se a diferença ocorreu pelo teste do Kruskal-Wallis foram utilizados testes de comparações de Conover.

A escolha do teste F (ANOVA) ocorreu nas situações que a variável numérica em análise apresentou distribuição normal e o teste de Kruskal-Wallis no caso da rejeição da normalidade. A verificação da normalidade foi realizada pelo teste de Shapiro-Wilk e a igualdade de variâncias pelo teste F de Levene.

A margem de erro utilizada na decisão dos testes estatísticos foi de 5%. Os dados foram digitados na planilha EXCEL e o programa utilizado para obtenção dos cálculos estatísticos foi o IBM SPSS na versão 25.

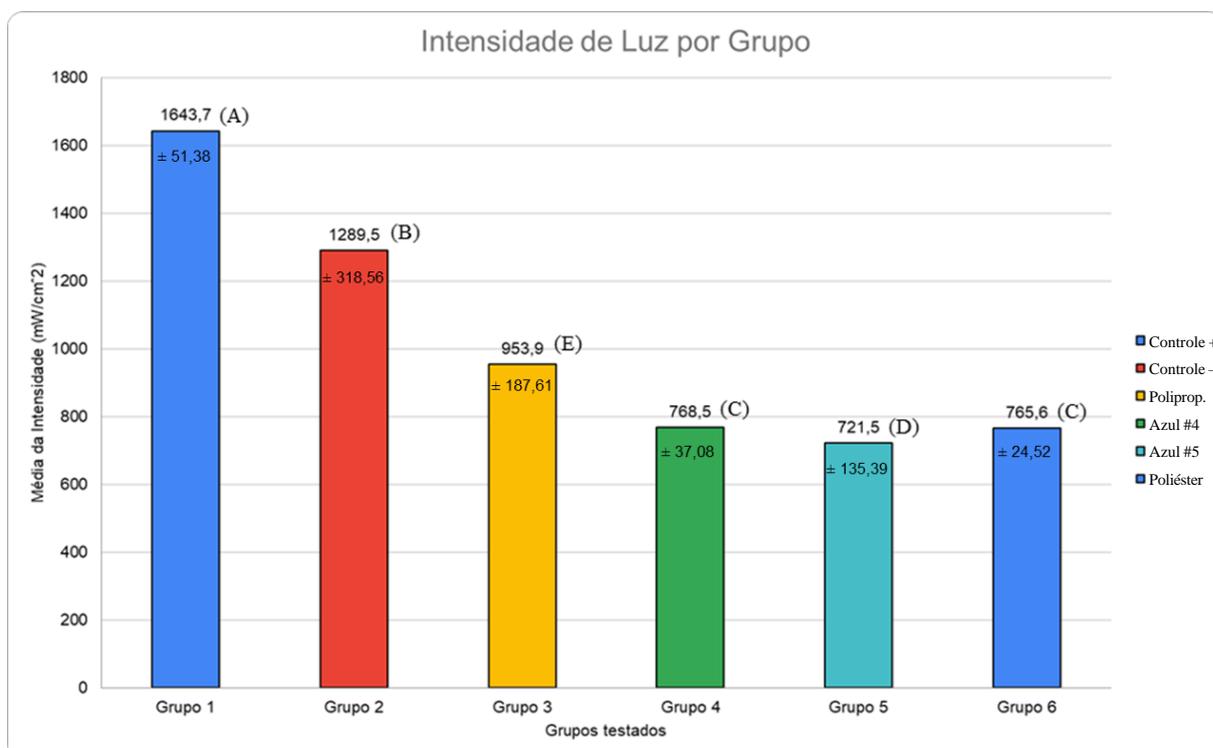
RESULTADOS

Intensidade de luz

Nos gráficos abaixo se apresentam as estatísticas das variáveis: intensidade luminosa, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média e taxa de conversão polimérica.

Em relação à intensidade (Gráfico 1) destaca que: a média e mediana mais elevadas ocorreram no grupo G1 (média de 1643,70 e mediana 1646,50), seguido do grupo G2 (média de 1289,50 e mediana 1492,50) e G3 (média de 953,90 e mediana 901,50), as menos elevadas ocorreram no grupo G5 (média de 721,50 e mediana 684,50) e nos outros dois grupos as médias variaram de 765,60 a 768,50 e as medianas de 771,00 a 776,50. Com exceção dos grupos G4 e G6, comprovaram-se diferenças significativas entre os demais pares de grupos.

Gráfico 1 - Comparação das intensidades de luz entre os grupos testados



(1) Teste F (ANOVA)

(*) Diferença significativa a 5%

(1) Teste Kruskal-Wallis com comparações de Conover

Obs. Se todas as letras entre parêntesis são distintas, se comprova diferença significativa entre os grupos correspondentes.

Ao ensaio de espectrofotometria (Gráfico 2), observa-se que quando há uma incidência de luz, o comprimento de onda necessário para iniciar o processo de polimerização – 350 a 500 nm – atravessa todos os protótipos, visto que eles deixam de absorver a radiação eletromagnética do espectro referido.

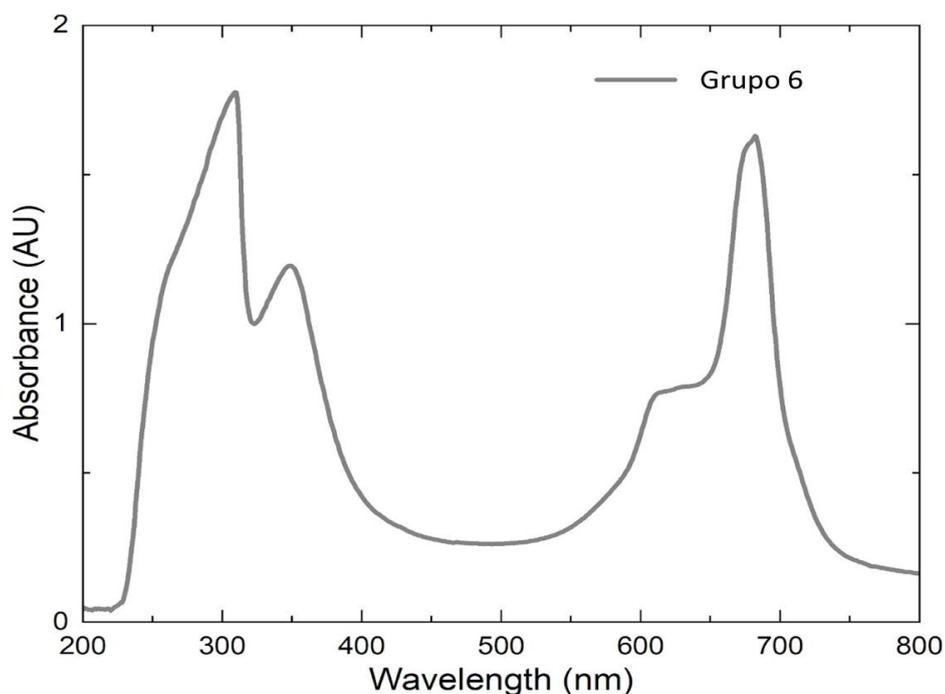
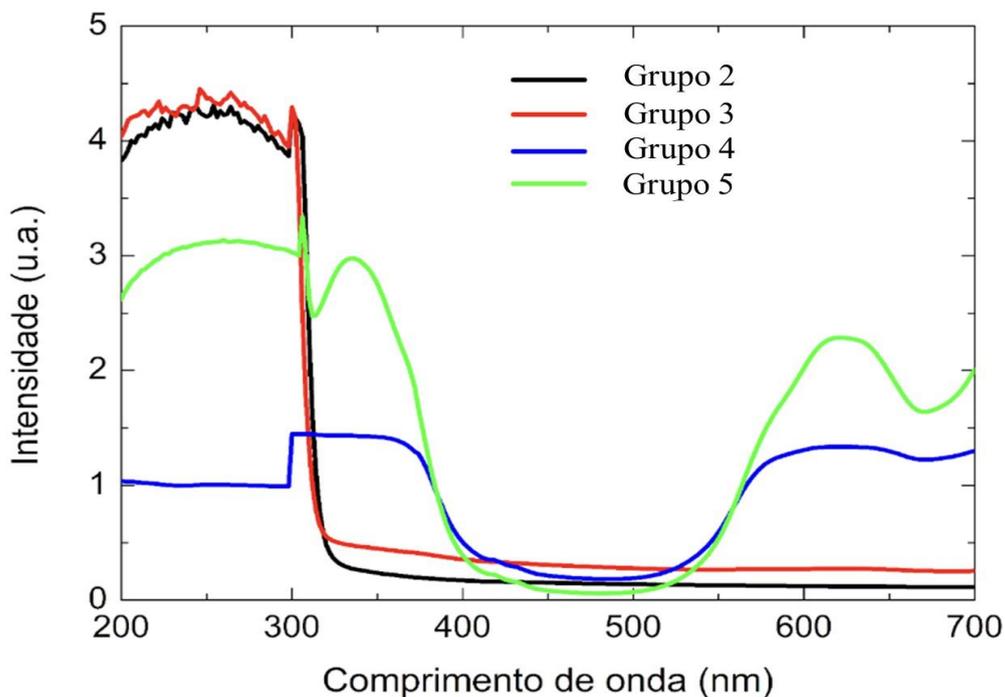
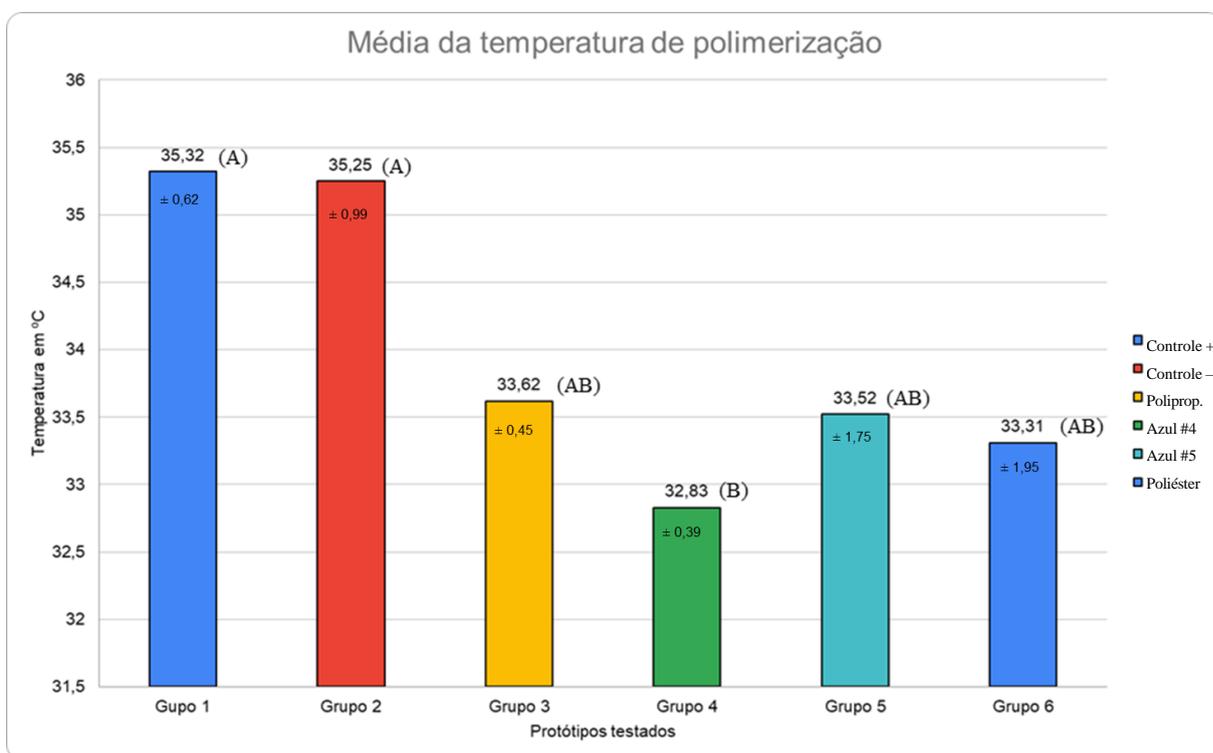


Gráfico 2 - Ensaio de espectrofotometria: comparação entre a absorção da radiação eletromagnética da luz ao atravessar os protótipos pigmentados das tiras.

Dos resultados contidos no gráfico 3 (Temperatura média) se enfatiza que: as médias e medianas mais elevadas ocorreram nos grupos G1 e G2, sendo que as médias variaram de 35,25 a 35,32 e as medianas de 35,25 a 35,45, a média e mediana menos elevadas ocorreram no grupo G4 (média de 32,83 e mediana 32,85) e nos demais grupos as médias variaram de 33,31 a 33,62 e as medianas de 33,80 a 34,10, diferenças estas que se revelaram significativas entre: o grupo G4 diferente dos grupos G1 e G2.

Gráfico 3 – Média da temperatura de polimerização transmitida pelas tiras entre os grupos testados



(1) Teste F (ANOVA)

(*) Diferença significativa a 5%

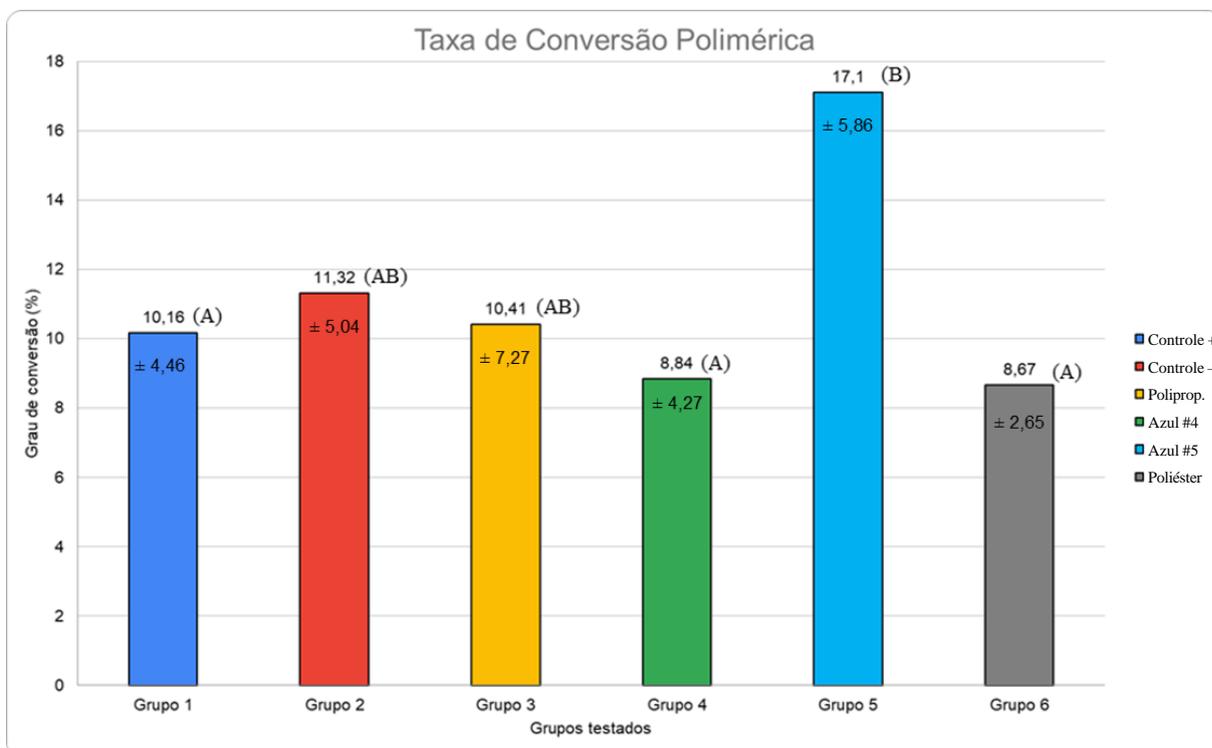
(1) Teste F (ANOVA) com comparações de Tamanhe

Obs. Se todas as letras entre parêntesis são distintas de comprova diferença significativa entre os grupos correspondentes.

No gráfico 4 se enfatiza que: a média e a mediana da conversão foram mais elevadas no grupo G5 (média igual a 17,11 e mediana 17,36) e as médias menos elevadas ocorreram nos grupos G6 (8,68) e G4(8,84) com medianas correspondentes 8,26 e 7,02; nos demais grupos as médias variaram de 10,17 a 11,32 e as medianas de 11,16 a 12,81. Foi registrada diferença significativa entre os grupos ($p < 0,05$) e os

testes de comparações múltiplas (entre pares de grupos) mostraram diferenças significativas do G5 com os grupos G1, G4 e G6.

Gráfico 4 – Comparação entre as médias de conversão polimérica.



(*) Diferença significativa a 5%

(1) Teste F (ANOVA) com comparações de Tukey

Obs. Se todas as letras entre parêntesis são distintas de comprova diferença significativa entre os grupos correspondentes.

Discussão

A Ergonomia é a disciplina científica responsável por estudar e compreender as interações entre seres humanos e outros elementos de um sistema, aplicando princípios teóricos e métodos específicos (CASTILHO, 2017). O seu principal objetivo enquanto ciência é otimizar a experiência de uso desse sistema, promovendo um bem-estar do usuário e um melhor desempenho do sistema em geral, além de gerenciar e desenvolver métodos de trabalhos para fornecer cuidados em saúde bucal de maneira eficiente para os pacientes, de maneira que o Cirurgião-Dentista trabalhe com satisfação e seja capaz de evitar riscos à saúde na prática odontológica (CASTILHO, 2017).

A utilização de equipamentos ergonomicamente bem ajustados tem ajudado a superar as deficiências da Odontologia. Os avanços tecnológicos vêm permitindo a conquista de novos instrumentos e técnicas que facilitam o trabalho dos Cirurgiões-Dentistas, principalmente na área da Dentística Restauradora, uma vez que nela busca-se a otimização dos procedimentos para devolver a correta anatomia aos dentes que estão sendo restaurados com alto grau de detalhes utilizando materiais que substituam as estruturas perdidas. (SALIBA et al., 2016; PEREIRA et al., 2022)

Um exemplo disto é o uso de tiras de poliéster nas restaurações de dentes anteriores com resinas compostas. Por serem transparentes, o manejo desse tipo de material durante os procedimentos restauradores tende a ser bastante dificultoso, haja vista a baixa visibilidade proporcionada pelo pequeno tamanho e pela ausência de coloração (Figura 6). Como consequência da dificuldade de manejo, nota-se a necessidade do desenvolvimento de novos produtos que supram as necessidades e sanem as dificuldades dos profissionais.

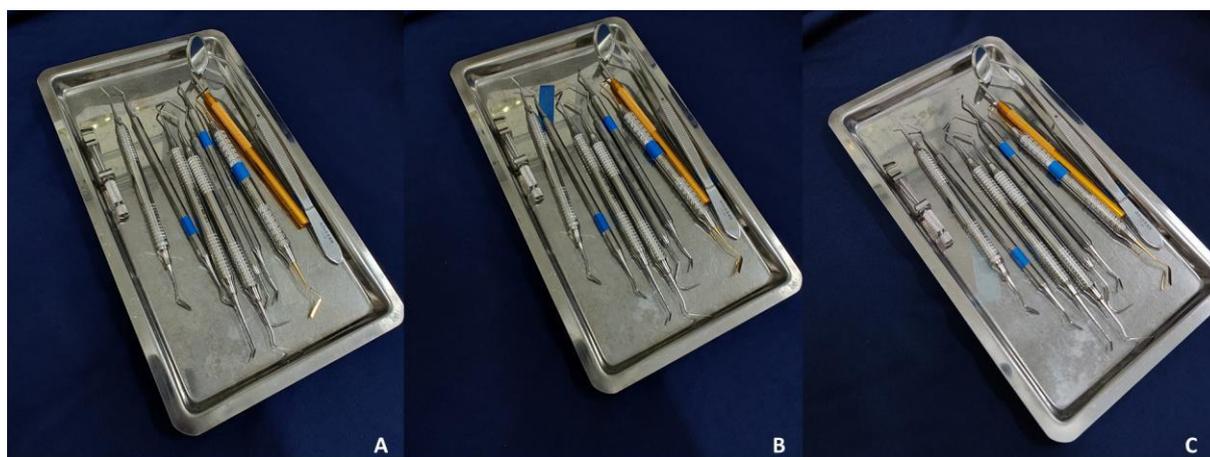


Figura 6: Tiras de poliéster convencional e coloridas dispersas entre instrumentais odontológicos: A - Tira convencional; B- Tira corada (Azul #4); C- Tira de Polipropileno

Diante desta problemática, o presente trabalho apresenta estudos preliminares sobre a possibilidade de pigmentação das tiras de poliéster a fim de dar início e incentivar novas pesquisas abordando a proposta apresentada. Além de facilitar sua localização dentre os vários instrumentos e materiais utilizados durante os atendimentos, as tiras coloridas também mostram-se eficientes em relação ao

contraste com a estrutura dentária, fato que facilita a realização das técnicas restauradoras (Figura 7).

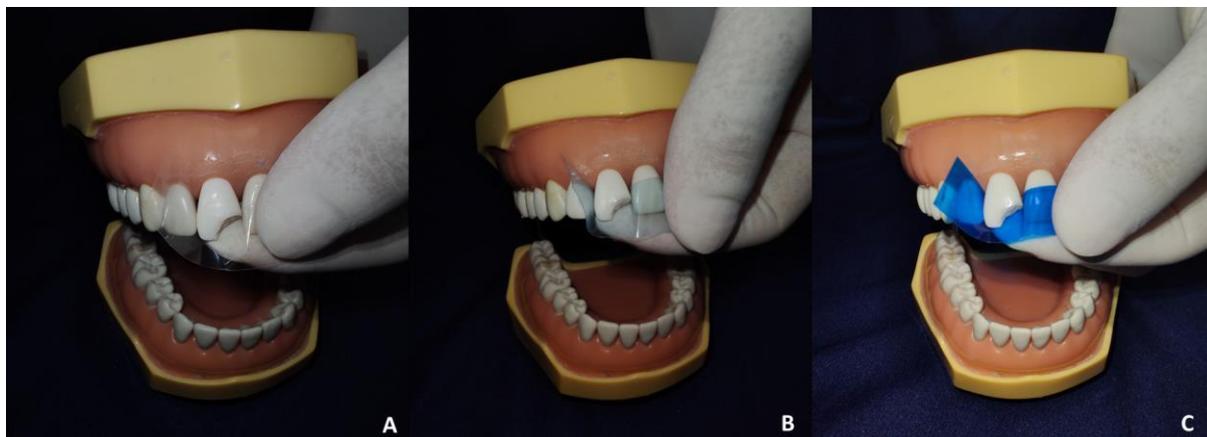


Figura 7: Contraste observado na utilização das tiras de poliéster.

Na Odontologia, a utilização de resinas compostas vêm ganhando cada vez mais espaço na devida a sua eficiência estética e resistência mecânica. Um resultado satisfatório é alcançado quando uma correta intensidade de luz é aplicada para que níveis adequados de conversão de monômeros resinosos em polímeros sejam alcançados. A maioria dos materiais adesivos disponíveis atualmente contém fotoiniciadores que requerem radiação óptica na faixa de 350 a 500 nm para polimerização (MUSANJE, 2003).

As principais fontes de luz utilizadas para a polimerização são os LEDs odontológicos, que emitem radiação luminosa principalmente na faixa azul/azul-verde (430-490 nm), com alguns também emitindo em torno de 400 nm (entre a UV e a luz visível), ambas podendo ser prejudiciais biologicamente, dependendo da intensidade. As características do aparelho fotoativador têm um impacto significativo, influenciando tanto a intensidade da luz quanto às condições de ativação, incluindo o modo e o tempo de exposição (MARSON, 2010; BORGES et al. 201; PRICE, 2014).

Existe uma relação significativa entre os protocolos de fotoativação e as propriedades mecânicas da resina composta. Um fator crucial a ser considerado é a energia total recebida pela resina composta. Isso desempenha um papel fundamental na qualidade do polímero formado, uma vez que uma polimerização adequada requer que a resina receba uma quantidade suficiente de fótons para converter pelo menos

80% dos monômeros. É importante observar que alcançar essa taxa de conversão pode ser desafiador, especialmente nas camadas mais profundas das restaurações (PRICE, 2014).

Pequenas variações na intensidade da luz de cura podem causar mudanças significativas no grau de conversão (DC) em uma camada superficial da resina composta. Vários fatores podem reduzir a saída de luz da unidade de cura em situações clínicas, como quedas na voltagem da rede elétrica, desgaste da lâmpada e filtro, contaminação da ponta da luz e quebra de fibras fotocondutoras, além da distância e orientação da ponta de luz (KNEZEVIC et al., 2001)

Neste trabalho, todos os grupos testados atingiram um valor médio de intensidade compatível com uma polimerização satisfatória, no entanto, os grupos com saturação mais forte (Grupo 4, 5 e 6) obtiveram uma intensidade de luz significativamente menor, o que poderia comprometer o grau de conversão polimérica dos materiais fotoativados através destes. O Grupo 3 (Polipropileno) apresentou a melhor média intensidade de luz favorável à uma polimerização adequada, tendo em vista que os valores obtidos superam ao necessário descrito na literatura em relação aos outros grupos corados.

Para que haja sucesso durante um procedimento restaurador, em relação à completa e satisfatória polimerização da resina composta, é necessário que, entre outros fatores, seja obedecida uma irradiância mínima do aparelho fotopolimerizador, em torno de 400 mW/cm², sendo o valor mínimo aceitável, mencionado na literatura, de 300 mW/cm² (RIBEIRO, 2016). De acordo com os resultados obtidos, todos os grupos se encontram dentro do aceitável para um grau de polimerização adequado, visto que a menor média de intensidade luminosa foi encontrada no Grupo 4 (721,5 mW/cm²), corroborando com os dados descritos por Ribeiro *et.al.* (2016).

A adequada polimerização, por meio de luz, de toda a restauração é um requisito fundamental ao aplicar resinas compostas restauradoras. Os requisitos energéticos e dos espectros de absorção das resinas compostas devem estar em conformidade com a saída da unidade de cura de luz (LCU) para assegurar uma polimerização ideal, enquanto se controla o aumento excessivo de temperatura na câmara pulpar. Existem evidências substanciais na literatura que indicam que resinas

subcuradas são uma causa significativa de falha na restauração, resultando em fraturas, cáries secundárias ou desgaste excessivo. (PRICE, 2014)

Em consequência da emissão de uma baixa intensidade luminosa, há queda na qualidade final da resina composta polimerizada, gerando uma interface entre o composto resinoso e o elemento dental, permitindo a microinfiltração e acúmulo de fluidos bacterianos. Além disso, quando as resinas compostas dentárias não são polimerizadas de forma ideal, há uma maior probabilidade de liberação de substâncias tóxicas (monômeros) que podem causar lesões pulpares irreversíveis (MARSON, 2010; PRICE, 2014).

Contudo, altos níveis de intensidade de luz aumentam o fator de contração (Fator C) das resinas compostas. Quanto maior for a contração de polimerização da resina, maior será a possibilidade de microinfiltração e insucesso das restaurações. Quando a intensidade de luz se apresenta insatisfatória, as propriedades da resina composta são prejudicadas, bem como alteração de cor final da restauração, instabilidade dimensional, possíveis quedas das restaurações, sorção de água, biocompatibilidade reduzida, maior desgaste, diminuição da dureza e do módulo de elasticidade (BORGES et al. 2011; CALDARELLI et al. 2011).

Os resultados obtidos neste trabalho, sugerem que a intensidade transmitida através das tiras de poliéster é suficiente para promover uma polimerização adequada, obedecendo ao limite do tamanho dos incrementos utilizados no protocolo da restauração, corroborando com os achados de Marson, Mattos e Sensi (2010), que avaliaram as condições de uso de aparelhos fotopolimerizadores de consultórios e clínicas de uma cidade no Paraná, cuja mensuração da intensidade luminosa foi feita com um radiômetro. Os valores de intensidade luminosa encontrados pelos pesquisadores variaram de 180 à 700 mW/cm², cujos resultados foram classificados em apropriado para valores acima de 300 mW/cm².

Durante a execução dos tratamentos odontológicos, várias etapas, como o uso de instrumentos de alta velocidade, unidades de cura para polimerização de materiais restauradores e o polimento, geram calor, afetando a temperatura da polpa dentária. No processo de restauração, por exemplo, a luz emitida pela unidade de cura e o calor gerado pela reação exotérmica da resina composta podem elevar a temperatura na

polpa dentária. Essa temperatura é influenciada pela potência da unidade de cura, e o aumento da intensidade luminosa é conhecido por contribuir para o aumento da temperatura da polpa durante a fotoativação da resina e o calor liberado durante a reação de polimerização pode lesar o sistema pulpar (HORI, 2019; LAU, et al. 2023; MAUCOSKI et al., 2023).

Embora a quantidade e o tamanho dos incrementos dos compósitos utilizados sejam relativamente pequenos, a liberação de calor gerada durante o processo de polimerização pode não ser desprezível. Além disso, nos últimos anos surgiram aparelhos fotopolimerizadores que empregam alta potência para uma polimerização rápida, com o intuito de reduzir o tempo de trabalho durante o atendimento odontológico, e, como a reação de polimerização envolvida na cura da resina composta é uma reação exotérmica, é concebível que a temperatura aumente facilmente durante a polimerização com o uso desses novos equipamentos (HORI, 2019).

No nosso estudo, foi observada uma média de temperatura que variou de 32,83 (Grupo 4) a 35,32 (Grupo 1). Segundo dados descritos na literatura, elevações menores de temperatura causam pouco ou nenhum dano, o qual pode ser revertido por meio de reações fisiológicas dos tecidos pulpares. Aumentos de temperatura acima de 5,5°C podem representar um alto risco de inflamação pulpar e, conseqüentemente, necrose pulpar, sendo a temperatura crítica, capaz de causar danos irreversíveis aos tecidos pulpares, em torno de 41° a 42° C (Lauer et al., 1990; SCHMITZ, et al. 2023).

Conforme a luz emitida pela unidade de cura atinge a superfície, parte da luz é refletida, parte é transmitida, parte é dispersa e parte é convertida em calor. Esse calor é transferido e absorvido pelas estruturas circundantes, e pode-se observar uma variação na temperatura dessas estruturas e do tecido pulpar. As condições dos dentes podem desempenhar um papel na transferência de calor para a câmara pulpar, já que os mesmos possuem uma má condutividade térmica; portanto, a microestrutura da junção dentina-esmalte atua como proteção contra as mudanças de temperatura para a polpa (MAUCOSKI et al., 2023).

Camadas mais espessas de tecidos dentina-esmalte parecem prevenir o aumento da temperatura na câmara pulpar. Assim, dentes íntegros podem ser menos vulneráveis ao aumento da temperatura na câmara pulpar do que dentes restaurados e a condutividade térmica das resinas compostas pode induzir uma reação mais agressiva nos tecidos pulpares, uma vez que estes contêm fibras e terminações nervosas nos túbulos dentinários responsáveis pela detecção de estímulos térmicos (MAUCOSKI et al., 2023; SCHMITZ, et al. 2023).

Embora a transferência de calor nos dentes seja comum na vida diária e na odontologia clínica, não se sabe ao certo quanto calor é transferido durante procedimentos dentários. Isso é crucial, pois o trauma deve ser controlado para evitar danos à polpa dentária, que pode ser afetada por estímulos térmicos, microbianos, químicos e mecânicos, portanto a diminuição da temperatura durante a polimerização torna-se um indicador positivo (LAU, et al. 2023).

Hori *et al.* (2019) em seus estudos sobre variação de temperatura durante a polimerização observaram elevações de temperatura que atingiram cerca de 55° nos experimentos realizados com fotopolimerizadores de alta intensidade, sugerindo um maior risco de danos pulpares em cavidades mais profundas. Kouros *et al.* (2020) em outro estudo, encontraram uma temperatura média de 40.9 °C durante a polimerização com aparelhos em LED. Os resultados obtidos neste trabalho corroboram com os achados dos autores, uma vez que a média encontrada nos grupos controle se aproximaram dos resultados por eles obtidos, e em comparação com os grupos pigmentados, houve redução das temperaturas transmitidas, sugerindo que as tiras coloridas auxiliam na minimização dos danos pulpares provenientes das temperaturas transmitidas decorrentes da fotopolimerização.

Outro fator também relacionado com o sucesso das restaurações em resina composta é a taxa de conversão polimérica, que está intrinsecamente ligada à quantidade de monômero presente na resina composta que se transforma em cadeias poliméricas durante o processo de polimerização do compósito. Uma conversão insuficiente do compósito pode resultar na presença de monômeros livres não reativos, os quais podem se dissolver em ambientes úmidos, levando à degradação do material e comprometendo a durabilidade da restauração e podendo levar a danos pulpares (DE LIMA et al., 2016).

Segundo Lempel (2021), vários estudos afirmam que o grau de conversão desempenha um papel fundamental na avaliação do desempenho mecânico e na biocompatibilidade da resina, pois está diretamente relacionado com suas propriedades físicas e químicas, como resistência à compressão, microdureza, resistência ao desgaste, biocompatibilidade, resistência à fratura, e a solubilidade do material. Conseqüentemente, melhorias na taxa de conversão são essenciais para a durabilidade das restaurações, a qual pode ser alcançada utilizando uma unidade de cura de alta irradiância e/ou prolongando a duração da exposição (SELIG, 2015).

À medida que o grau de conversão aumenta, as propriedades das resinas compostas tendem a se aprimorar. Por exemplo, um maior grau de conversão pode resultar em uma menor quantidade de monômero não convertido, o que leva a uma maior compatibilidade da restauração. Do modo contrário, uma conversão polimérica insatisfatória pode estimular reações alérgicas e estimular a proliferação bacteriana nas margens da restauração, além de os monômeros não convertidos atuarem como plastificantes e comprometer as propriedades mecânicas dos compósitos (ESTEVES, 2013).

No caso das resinas compostas curadas por luz, uma fonte de luz com intensidade e comprimento de onda adequados, na faixa de 400 a 500 nm, ativa a substância sensível à luz conhecida como canfronquinona, com máxima absorção em 468 nm. Quando essa molécula é excitada a um nível de energia mais alto por meio da absorção de uma quantidade adequada de energia (estado 'triplete'), ela pode reagir com agentes redutores. Isso resulta na formação de radicais livres que iniciam o processo de polimerização (KNEZEVIC et al., 2001).

A absorção geral da luz pelos fotoiniciadores durante a fotoativação tem um impacto direto na polimerização da resina. Esse parâmetro pode ser usado para determinar a eficiência de polimerização das resinas compostas e pode ser determinado por meio da medição do grau de conversão (GC), que, por sua vez, se reflete nas propriedades mecânicas do composto (BALBINOT et al., 2019; DE LIMA et al., 2016).

O grau de conversão das resinas compostas depende do número de ligações de carbono duplas convertidas em ligações simples, variando de 43,5% a 73,8%

quando uma unidade de cura padrão é utilizada. Embora um limite crítico para o grau de conversão de materiais compósitos ainda não tenha sido estabelecido, foi sugerido que um GC abaixo de 55% não é apropriado para um desempenho clínico adequado. De acordo com esses dados, os resultados aqui obtidos estão em desacordo com o descrito na literatura, uma vez que, pela metodologia aplicada, o maior valor de GC foi de 17,1% (G5), diferindo das médias observadas por diversos autores (SILIKAS *et al.*, 2000; KNEZEVIC *et al.*, 2001; KOUROS *et al.* 2020; LEMPEL *et al.* 2021).

Experimentos *in vitro* e de laboratório indicam que é possível obter taxas de conversão polimérica de até 80%; entretanto, para condições clínicas intra-orais, a mesma será de 70% ou menos, dependendo basicamente da intensidade da fonte de luz, duração da irradiação, distância entre a superfície irradiada e a ponta do dispositivo e profundidade da medição (BORGES, 2013).

Kouros *et al.* (2020) e Lempel *et al.* (2021) em seus estudos com resinas compostas encontraram valores de conversão que variaram de 52 a 76% para a superfície superior (em contato com o emissor de luz) e a inferior, cujos menores valores foram observados nas superfícies inferiores dos corpos de prova com maior espessura, utilizando a espectroscopia Raman, diferindo dos dados obtidos no presente trabalho, que mostraram um resultado inferior, sugerindo que podem ser necessários ajustes nos parâmetros utilizados nesta metodologia.

Este trabalho consiste em estudos preliminares cujo propósito é viabilizar um material alternativo, de baixo custo e que contribua para uma melhor Ergonomia para o Cirurgião-Dentista em suas atividades cotidianas. Os resultados aqui obtidos encontram-se abaixo dos descritos na literatura em relação aos graus de conversão observados, o que sugere que mais estudos sejam realizados a fim de determinar a melhor forma de mensuração para o tipo de produto selecionado.

Entretanto, em relação aos demais parâmetros avaliados, o produto demonstrou resultado promissor e sugere um potencial significativo para melhorar a prática odontológica. A exploração da ergonomia, ferramentas apropriadas e a avaliação de parâmetros como a intensidade da luz e a temperatura durante a polimerização, bem como o grau de polimerização contribuirão para um entendimento mais aprofundado dessa abordagem inovadora.

Além disso, a aplicação prática desses resultados pode ser vista como um avanço significativo na melhoria das condições de trabalho dos Cirurgiões-Dentistas, contribuindo para a redução do tempo de trabalho e, conseqüentemente, aumentando a eficiência clínica. A possibilidade de utilizar materiais alternativos de baixo custo que não comprometam a qualidade dos procedimentos odontológicos pode ter um impacto positivo não apenas no aspecto ergonômico, mas também na acessibilidade dos tratamentos odontológicos.

Isso reforça a relevância deste estudo e incentiva a continuidade da pesquisa e desenvolvimento de soluções inovadoras para a prática odontológica. Desse modo, torna-se necessária a realização de novos estudos clínicos a fim de avaliar a preferência e opinião dos profissionais da Odontologia acerca do uso prático dos produtos aqui desenvolvidos com a finalidade de melhorar as propriedades dos mesmos e incentivar a busca por materiais alternativos e sustentáveis.

CONCLUSÕES

1. A hipótese nula foi rejeitada
2. A utilização de uma tira de polipropileno levemente pigmentada de azul mostrou-se viável para ser utilizada em substituição às tiras de poliéster transparentes convencionais.
3. Há um limite no grau de saturação do pigmento utilizado para que não haja influência da coloração da tira sobre os parâmetros de fotopolimerização.

REFERÊNCIAS

BALBINOT, Elisa do Carmo Agostini et al. Analysis of transmittance and degree of conversion of composite resins. **Microscopy Research and Technique**, 14 ago. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jemt.23364>. Acesso em: 1 set. 2023.

BORGES, F. M. G. S.; RODRIGUES, C. C.; FREITAS, S. A. A.; COSTA, J. F.; BAUER, J. Avaliação da intensidade de luz dos fotopolimerizadores utilizados no curso de Odontologia

de Universidade Federal do Maranhão. **Revista de Ciências da Saúde**, São Luís, MA, v. 13, n. 1, p. 26-30, jan-jun 2011.

BORGES AFS, CHASE MA, GUGGIAR AL, GONZALEZ MJ, ANDRADE ARSR, PASCON FM, ZANATTA AR. A critical review on the conversion degree of resin monomers by direct analyses. **Braz Dent Sci** 2013; 16: 18–26.

CALDARELLI, P. G.; BELTRANI, F. C.; PEREIRA, S. K.; CARDOSO, S. A.; HOEPPNER, M. G. Aparelhos fotopolimerizadores: evolução e aplicação clínica – uma revisão da literatura. **Odontologia Clínico-Científica**, Recife, PE, v. 10, n. 4, p. 317-321, out-dez 2011

CASTILHO, Ana Virginia Santana Sampaio. Atendimento odontológico: eficácia do treinamento e requisitos dos equipamentos para reduzir riscos ergonômicos. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2017.

COSTA, T.H.C. I; FEITOR, M.C.I ; ALVES JUNIOR, C. I ; BEZERRA, C.M. Caracterização de filmes de poliéster modificados por plasma de O₂ a baixa pressão. **Revista Matéria**, v. 13, n. 1, pp. 65 – 76, 2008.

DE LIMA, Anna Letícia Xavier et al. Avaliação do grau de conversão de resinas compostas fotoativadas em diferentes tempos e potências. **Revista da Faculdade de Odontologia - UPF**, v. 21, n. 2, 21 dez. 2016.

EI-SHAMY, Hassan. Influence of metal versus transparent matrices on proximal contact tightness of class ii bulk-fill composite restorations. **Egyptian Dental Journal**. 64. 2819-2825. 10.21608/edj. 2018.

ESTEVES, Joana Cristina Gomes. Análise da microdureza e grau de conversão de resinas compostas bulk fil. 2013. **Master's thesis** — [s. n., s. l.], 2013.

GARBIN, Artênio José Isper et al. Ergonomia e o Cirurgião-Dentista: uma avaliação do atendimento clínico usando análise de filmagem. **Revista Odonto Ciência**, v. 23, n. 2, 2008.

GARCIA F C P, D'ALPINO P H P, TERADA R S S, CARVALHO R M de Testes mecânicos para a avaliação laboratorial da união resina/dentina. **Rev Fac Odontol Bauru** 2002; 10(3):118-27

Gomes IA, Mariz DC, Borges AH, Tonetto MR, Firoozmand LM, Kuga CM, Bandeca MC. In Vivo Evaluation of Proximal Resin Composite Restorations performed using Three Different Matrix Systems. **The journal of contemporary dental practice**. 2015;16(8):643-647.

Hori, M., Fujimoto, K., Asakura, M., Nagase, Y., Miki, A., Kawai, T. Measurement of exothermic heat released during polymerization of a lightcuring composite resin: Comparison of light irradiation modes. **Dental materials journal**. 38. 646-653. 2019.

KNEZEVIC, A. et al. Degree of conversion and temperature rise during polymerization of composite resin samples with blue diodes. **Journal of Oral Rehabilitation**, v. 28, n. 6, p. 586-591, jun. 2001.

Kouros P, Dionysopoulos D, Deligianni A, Strakas D, Sfeikos T, Tolidis K. Evaluation of photopolymerization efficacy and temperature rise of a composite resin using a blue diode laser (445 nm). **Eur J Oral Sci** 2020; 00: 1–7. ©

KOSMANN, Cleumara. Modelo de avaliação da usabilidade dos equipamentos odontológicos. Tese de Doutorado. Florianópolis, SC, [s. l.], 2004.

LAU, Xin Er et al. Heat generated during dental treatments affecting intrapulpal temperature: a review. **Clinical Oral Investigations**, 6 abr. 2023.

LAUER, H. Ch et al. Effects of the temperature of cooling water during high-speed and ultrahigh-speed tooth preparation. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 63, n. 4, p. 407-414, abr. 1990.

LIMA, Sinara Cunha. Influência da Espessura e Translucidez da Cerâmica de Dissilicato de Lítio na Taxa de Conversão de Cimentos Resinosos com diferentes iniciadores. 2021. 55f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021.

Lempel E, Óri Z, Kincses D, Lovász BV, Kunsági-Máté S, Szalma J. Degree of conversion and in vitro temperature rise of pulp chamber during polymerization of flowable and sculptable conventional, bulk-fill and short-fibre reinforced resin composites. **Dent Mater**. 2021 Jun;37(6):983-997

MARSON, F.C.; MATTOS, R.; SENSI L.G. Avaliação das condições de uso dos fotopolimerizadores. **Revista Dentística On-Line**, v. 19, n. 9, p. 15-20, set. 2010.

MAUCOSKI, Cristiane et al. In-vitro pulpal temperature increases when photo-curing bulk-fill resin-based composites using laser or light-emitting diode light curing units. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, 4 fev. 2023.

MUSANJE, L.; DARVELL, B. W. Polymerization of resin composite restorative materials: exposure reciprocity. **Dental Materials**, v. 19, n. 6, p. 531-541, set. 2003.

PEREIRA, Treville et al. Assessment of ergonomics to study the correlation between physical and psychological factors with prevalence of musculoskeletal disorders in practicing dentists. **Journal of Oral and Maxillofacial Pathology**, v. 26, n. 3, p. 356, 2022.

PRICE, RB; SHORTALL, AC; PALIN, WM. Contemporary Issues in Light Curing. **Operative Dentistry**, v. 39, n. 1, p. 4-14, 1 jan. 2014.

RIBEIRO, RAO; LIMA, FFC; LIMA, IM; NASCIMENTO, ABL; TEIXEIRA, HM. Avaliação da intensidade de luz e da manutenção dos aparelhos fotopolimerizadores utilizados em clínicas odontológicas da cidade do Recife-PE. **Rev. odontol. UNESP**, vol.45, n6, p.351-355, 2016

SALIBA, Tânia Adas et al. Análise ergonômica do atendimento clínico odontológico. **Revista da ABENO**, v. 16, n. 3, p. 96-105, 23 out. 2016.

SAQUY PC, Cruz Filho AM, Sousa Neto MD, Pécora JD. A ergonomia e as doenças ocupacionais do cirurgião dentista. Parte 2 - a ergonomia e os agentes mecânicos. **ROBRAC: Revista Odontológica do Brasil Central** 1996;2:14-9.

SAQUY, Paulo César et al. A ergonomia e as doenças ocupacionais do Cirurgião-Dentista: parte III-agentes químicos e biológicos. **ROBRAC: Revista Odontológica do Brasil Central**, v. 7, n. 23, p. 50-54, 1998.

SCHMITZ, Gabriela Cenci et al. Pulp chamber temperature rise in light-cure bonding of brackets with and without primer, in intact versus restored teeth. **Dental Press Journal of Orthodontics**, v. 28, n. 2, 2023.

Selig D, Haenel T, Hausnerova B, Moeginger B, Labrie D, Sullivan B, et al. Examining exposure reciprocity in a resinbased composite using high irradiance levels and real-time degree of conversion values. **Dent Mater** 2015;31:583–93.

SILIKAS N, ELIADES G, WATTS D. Light intensity effects on resin-composite degree of conversion and shrinkage strain. **Dent Mater** 2000; 16: 292–296.

REFERÊNCIAS

- BALBINOT, Elisa do Carmo Agostini et al. Analysis of transmittance and degree of conversion of composite resins. **Microscopy Research and Technique**, 14 ago. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jemt.23364>. Acesso em: 1 set. 2023.
- BORGES, F. M. G. S.; RODRIGUES, C. C.; FREITAS, S. A. A.; COSTA, J. F.; BAUER, J. Avaliação da intensidade de luz dos fotopolimerizadores utilizados no curso de Odontologia de Universidade Federal do Maranhão. **Revista de Ciências da Saúde**, São Luís, MA, v. 13, n. 1, p. 26-30, jan-jun 2011.
- BORGES AFS, CHASE MA, GUGGIAR AL, GONZALEZ MJ, ANDRADE ARSR, PASCON FM, ZANATTA AR. A critical review on the conversion degree of resin monomers by direct analyses. **Braz Dent Sci** 2013; 16: 18–26.
- CALDARELLI, P. G.; BELTRANI, F. C.; PEREIRA, S. K.; CARDOSO, S. A.; HOEPPNER, M. G. Aparelhos fotopolimerizadores: evolução e aplicação clínica – uma revisão da literatura. **Odontologia Clínico-Científica**, Recife, PE, v. 10, n. 4, p. 317-321, out-dez 2011
- CASTILHO, Ana Virginia Santana Sampaio. Atendimento odontológico: eficácia do treinamento e requisitos dos equipamentos para reduzir riscos ergonômicos. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2017.
- COSTA, T.H.C. I; FEITOR, M.C.I ; ALVES JUNIOR, C. I ; BEZERRA, C.M. Caracterização de filmes de poliéster modificados por plasma de O₂ a baixa pressão. **Revista Matéria**, v. 13, n. 1, pp. 65 – 76, 2008.
- DE LIMA, Anna Letícia Xavier et al. Avaliação do grau de conversão de resinas compostas fotoativadas em diferentes tempos e potências. **Revista da Faculdade de Odontologia - UPF**, v. 21, n. 2, 21 dez. 2016.
- EI-SHAMY, Hassan. Influence of metal versus transparent matrices on proximal contact tightness of class ii bulk-fill composite restorations. **Egyptian Dental Journal**. 64. 2819-2825. 10.21608/edj. 2018.
- ESTEVES, Joana Cristina Gomes. Análise da microdureza e grau de conversão de resinas compostas bulk fil. 2013. **Master's thesis** — [s. n., s. l.], 2013.

GARBIN, Artênio José Isper et al. Ergonomia e o Cirurgião-Dentista: uma avaliação do atendimento clínico usando análise de filmagem. **Revista Odonto Ciência**, v. 23, n. 2, 2008.

GARCIA F C P, D'ALPINO P H P, TERADA R S S, CARVALHO R M de Testes mecânicos para a avaliação laboratorial da união resina/dentina. **Rev Fac Odontol Bauru** 2002; 10(3):118-27

Gomes IA, Mariz DC, Borges AH, Tonetto MR, Firoozmand LM, Kuga CM, Bandeca MC. In Vivo Evaluation of Proximal Resin Composite Restorations performed using Three Different Matrix Systems. **The journal of contemporary dental practice**. 2015;16(8):643-647.

Hori, M., Fujimoto, K., Asakura, M., Nagase, Y., Mieki, A., Kawai, T. Measurement of exothermic heat released during polymerization of a lightcuring composite resin: Comparison of light irradiation modes. **Dental materials journal**. 38. 646-653. 2019.

KNEZEVIC, A. et al. Degree of conversion and temperature rise during polymerization of composite resin samples with blue diodes. **Journal of Oral Rehabilitation**, v. 28, n. 6, p. 586-591, jun. 2001.

Kouros P, Dionysopoulos D, Deligianni A, Strakas D, Sfeikos T, Tolidis K. Evaluation of photopolymerization efficacy and temperature rise of a composite resin using a blue diode laser (445 nm). **Eur J Oral Sci** 2020; 00: 1–7. ©

KOSMANN, Cleumara. Modelo de avaliação da usabilidade dos equipamentos odontológicos. Tese de Doutorado. Florianópolis, SC, [s. l.], 2004.

LAU, Xin Er et al. Heat generated during dental treatments affecting intrapulpal temperature: a review. **Clinical Oral Investigations**, 6 abr. 2023.

LAUER, H. Ch et al. Effects of the temperature of cooling water during high-speed and ultrahigh-speed tooth preparation. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v. 63, n. 4, p. 407-414, abr. 1990.

LIMA, Sinara Cunha. Influência da Espessura e Translucidez da Cerâmica de Dissilicato de Lítio na Taxa de Conversão de Cimentos Resinosos com diferentes

iniciadores. 2021. 55f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021.

Lempel E, Óri Z, Kincses D, Lovász BV, Kunsági-Máté S, Szalma J. Degree of conversion and in vitro temperature rise of pulp chamber during polymerization of flowable and sculptable conventional, bulk-fill and short-fibre reinforced resin composites. **Dent Mater**. 2021 Jun;37(6):983-997

MARSON, F.C.; MATTOS, R.; SENSI L.G. Avaliação das condições de uso dos fotopolimerizadores. **Revista Dentística On-Line**, v. 19, n. 9, p. 15-20, set. 2010.

MAUCOSKI, Cristiane et al. In-vitro pulpal temperature increases when photo-curing bulk-fill resin-based composites using laser or light-emitting diode light curing units. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, 4 fev. 2023.

MUSANJE, L.; DARVELL, B. W. Polymerization of resin composite restorative materials: exposure reciprocity. **Dental Materials**, v. 19, n. 6, p. 531-541, set. 2003.

PEREIRA, Treville et al. Assessment of ergonomics to study the correlation between physical and psychological factors with prevalence of musculoskeletal disorders in practicing dentists. **Journal of Oral and Maxillofacial Pathology**, v. 26, n. 3, p. 356, 2022.

PRICE, RB; SHORTALL, AC; PALIN, WM. Contemporary Issues in Light Curing. **Operative Dentistry**, v. 39, n. 1, p. 4-14, 1 jan. 2014.

RIBEIRO, RAO; LIMA, FFC; LIMA, IM; NASCIMENTO, ABL; TEIXEIRA, HM. Avaliação da intensidade de luz e da manutenção dos aparelhos fotopolimerizadores utilizados em clínicas odontológicas da cidade do Recife-PE. **Rev. odontol. UNESP**, vol.45, n6, p.351-355, 2016

SALIBA, Tânia Adas et al. Análise ergonômica do atendimento clínico odontológico. **Revista da ABENO**, v. 16, n. 3, p. 96-105, 23 out. 2016.

SAQUY PC, Cruz Filho AM, Sousa Neto MD, Pécora JD. A ergonomia e as doenças ocupacionais do cirurgião dentista. Parte 2 - a ergonomia e os agentes mecânicos. **ROBRAC: Revista Odontológica do Brasil Central** 1996;2:14-9.

SAQUY, Paulo César et al. A ergonomia e as doenças ocupacionais do Cirurgião-Dentista: parte III-agentes químicos e biológicos. **ROBRAC: Revista Odontológica do Brasil Central**, v. 7, n. 23, p. 50-54, 1998.

SCHMITZ, Gabriela Cenci et al. Pulp chamber temperature rise in light-cure bonding of brackets with and without primer, in intact versus restored teeth. **Dental Press Journal of Orthodontics**, v. 28, n. 2, 2023.

Selig D, Haenel T, Hausnerova B, Moeginger B, Labrie D, Sullivan B, et al. Examining exposure reciprocity in a resinbased composite using high irradiance levels and real-time degree of conversion values. **Dent Mater** 2015;31:583–93.

SILIKAS N, ELIADES G, WATTS D. Light intensity effects on resin-composite degree of conversion and shrinkage strain. **Dent Mater** 2000; 16: 292–296.