

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA**

**FABIANA CÉSAR COSTA**

**Avaliação da resistência à flexão de resinas compostas após  
diferentes técnicas de polimerização**

Juiz de Fora

2020

**FABIANA CÉSAR COSTA**

**Avaliação da resistência à flexão de resinas compostas  
após diferentes técnicas de polimerização**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Clínica Odontológica, da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Clínica Odontológica. Área de concentração em Clínica Odontológica.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria das Graças Afonso de Miranda Chaves

Juiz de Fora

2020

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Costa, Fabiana César.

Avaliação da resistência à flexão de resinas compostas após diferentes técnicas de polimerização / Fabiana César Costa. -- 2020. 34 f.

Orientadora: Maria das Graças Afonso Miranda Chaves  
Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Odontologia. Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica, 2020.

1. Resinas compostas. 2. Polimerização extra. I. Chaves, Maria das Graças Afonso Miranda, orient. II. Título.

FABIANA CÉSAR COSTA

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FLEXÃO DE RESINAS COMPOSTAS  
APÓS DIFERENTES TÉCNICAS DE POLIMERIZAÇÃO**

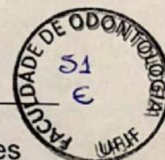
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Clínica Odontológica, da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre. Área de concentração: Clínica Odontológica.

Aprovada em 17 de januário de 2020

BANCA EXAMINADORA

*mgdchaves*

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Maria das Graças Afonso de Miranda Chaves  
Departamento de Clínica Odontológica/UFJF



*Milene*

Prof. Dra. Milene de Oliveira  
Departamento de Odontologia Restauradora/UFJF

*Elson*

Prof. Dr. Elson Braga de Mello  
Departamento de Odontologia Restauradora/UFRJ

Dedico este trabalho aos meus pais pelo esforço e dedicação incansáveis na busca de minha formação e de meus irmãos e ao meu filho Gabriel, razão total de todos os meus esforços e de minhas alegrias.

## AGRADECIMENTOS

**A Deus** pelas oportunidades colocadas em meu caminho e por me dar força e coragem de sempre seguir em frente.

**A minha orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria das Graças Afonso de Miranda Chaves** que de uma forma sempre sutil e positiva me fez caminhar na direção certa. Obrigada.

**Ao meu pai** pelo grande exemplo profissional. Obrigada por tudo que me proporcionou e por ser esse profissional incansável que tanto tenho orgulho.

**A minha mãe** pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha vida. Meu grande exemplo de ser humano e de mãe. Obrigada por me cercar de certezas, por se preocupar com tudo a minha volta e por estar sempre tão presente em minha vida. Seu amor me fortalece e me abençoa a cada dia. Obrigada mãe.

**Ao meu irmão Leonardo** grande incentivador e exemplo pra mim. Conviver com sua calma me faz mais serena e me traz paz. Obrigada por ser exatamente assim como é e por ter me ajudado tanto neste trabalho. Com certeza sem a sua participação o caminho teria sido muito mais árduo.

**Ao meu irmão Bernardo** por sempre acreditar em mim, pelas palavras certas, pela leveza que o cerca e nos contagia, por estar sempre disponível a ajudar e por existir em minha vida. Sem você e o Leo eu nunca entenderia o verdadeiro sentido da palavra irmãos. Amo vocês.

**Ao meu marido Aurélio** por estar ao meu lado acreditando e incentivando sempre. Com você fica tudo mais simples e confortável. Obrigada pelo apoio, amor e parceria.

**A Marilza** por me cercar de cuidados e estar sempre disponível a ajudar. É confortável saber que posso sempre contar com você. Ser humano iluminado que Deus colocou em minha vida. Obrigada.

## AGRADECIMENTOS INSTITUCIONAIS

**Aos secretários: Leticia e Cláudio.** A boa execução do trabalho de vocês certamente repercutiu no meu, fazendo com que as coisas ficassem mais leves para mim. Por isso, agradeço todo o empenho e dedicação que vocês tiveram comigo.

**A amiga Mariele.** Quando decidimos juntas embarcar nessa jornada eu não fazia idéia de como sua ajuda seria fundamental para que tudo funcionasse. Obrigada por tudo que fez pra mim. Você é uma pessoa verdadeira, franca e disposta a fazer qualquer coisa pelos seus amigos a qualquer hora. Essas e outras qualidades, que só você tem, fez crescer ao seu redor pessoas que admiram muito você, e eu sou uma dessas pessoas. Obrigado pela ajuda.

**Ao Mateus** Obrigada pela calma, sempre acreditando que “vai dar tempo” você me tranquilizava. Obrigada por me ajudar finalizar esse processo e por ser tão prestativo. Pela sua dedicação, capacidade e pelo ser humano que é, tenho certeza que vai longe.

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da polimerização complementar em micro-ondas na resistência à flexão de dois compósitos restauradores diretos previamente fotopolimerizados. Foram confeccionados 120 corpos de prova com tamanho de 25mm de comprimento x 2mm de largura x 2mm de altura com as resinas Z350 (3M®) e FORMA (Ultradent®). A fotopolimerização foi realizada por 60 segundos na potência de 1000mw/cm<sup>2</sup> (três pontos diferentes de 20 segundos) em determinados grupos e 9 segundos na potência máxima de 3200mw/cm<sup>2</sup> (três pontos diferentes de 3 segundos) em outros grupos. Em seguida as amostras foram colocadas em micro-ondas por 3 minutos na potência máxima (MEF41, 1000 mW, Eletrolux, Estocolmo, Suécia), um grupo com os corpos de prova submersos em água e outro não. Estabeleceram-se dois grupos controles, que consistiu na utilização das resinas Z350(3M®) e FORMA(Ultradent®) fotopolimerizadas convencionalmente na potência de 1000mw/cm<sup>2</sup>. Foi realizado teste de resistência à flexão na Máquina Universal de Ensaios Mecânicos (EMIC, modelo DL 20000, São José dos Pinhais, PR, Brasil) onde foi adaptado um dispositivo para o teste específico. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com dois fatores (resina e tratamento). Variável resina em dois níveis, Z350 (3M®) e FORMA (Ultradent®), e tratamento de polimerização em 6 níveis (1000mW, 3200mW, micro-ondas seco + foto 1000 mW, micro-ondas seco + foto 3200 mW, micro-ondas úmido + foto 1000 mW e micro-ondas úmido + foto 3200 mW). Os resultados demonstraram que houve diferença estatisticamente significativa ( $p= 0,0307$ ) na comparação entre os grupos G1 (fotopolimerização por 60s, com potência de 1.000mW/cm<sup>2</sup>) e G7 (Fotopolimerização por 9s, com potência de 3.200mW/cm<sup>2</sup>), nos quais foi utilizada a resina Z-350, demonstrando maior efetividade quando utilizada maior potência em menor tempo de ativação e apontaram diferença estatisticamente significativa também entre G1 e G2, com  $p= 0,047$ , demonstrando que a utilização de polimerização complementar por 3 minutos em micro-ondas, utilizando potência alta, foi capaz de gerar incremento na resistência flexural da resina Z-350.

Palavras-chave: Resinas compostas. Polimerização. Resistência à flexão.



## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the influence of complementary microwave polymerization on the flexural strength of two first light-cured direct restorative composites. For this purpose, 120 specimens were produced with a size of 25mm long x 2mm wide x 2mm high with Z350 (3M®) and FORMA (Ultradent®) resins. The photopolymerization was carried out for 60 seconds at the power of 1000mw/cm<sup>2</sup> (three different points of 20 seconds) in certain groups, and for 9 seconds at the maximum power of 3200mw/cm<sup>2</sup> (three different points of 3 seconds) in other groups. After that, the samples were placed in a microwave for 3 minutes at the maximum power (MEF41, 1000 mW, Electrolux, Stockholm, Sweden), one group with the specimens submerged in water and the other not. Two control groups were established, which consisted of using Z350 (3M®) and FORMA (Ultradent®) resins conventionally light-cured at the power of 1000mw/cm<sup>2</sup>. Flexural strength testing was performed on the Universal Testing Machine (EMIC, model DL 20000, São José dos Pinhais, PR, Brazil) where a device was adapted for the specific test. The results were subjected to analysis of variance (ANOVA) with two factors (resin and treatment). Resin variable in two levels, Z350 (3M®) and FORMA (Ultradent®), and polymerization treatment in 6 levels (1000mW, 3200mW, dry microwave + photo 1000 mW, dry microwave + photo 3200 mW, wet microwaves + photo 1000 mW and wet microwave + photo 3200 mW). The results showed that there was a statistically significant difference ( $p = 0.0307$ ) in the comparison between groups G1 (photopolymerization for 60s, with power of 1,000mW/cm<sup>2</sup>) and G7 (photopolymerization for 9s, with power of 3,200mW/cm<sup>2</sup>), in which the Z350 resin was used showing greater effectiveness when using higher power in less activation time, and also showed a statistically significant difference between G1 and G2, with  $p = 0.047$ , demonstrating that the use of post-cure polymerization for 3 minutes in microwaves using high power was able to generate an increase in the flexural strength of the Z350 resin.

**Keywords:** Composite resins. Polymerization. Flexural strength.

## LISTA DE FIGURAS

Quadro 1	- Materiais utilizados na pesquisa - Marca comercial, composição orgânica, composição inorgânica, cor e lote.....	17
Quadro 2	- Grupos com fotopolimerização 1000mW/cm <sup>2</sup> e os métodos de polimerização extra utilizados.....	18
Quadro 3	- Grupos com fotopolimerização 1000mW/cm <sup>2</sup> e os métodos de polimerização extra utilizados.....	18
Figura 1A	- Matriz metálica bipartida.....	20
Figura 1B	- Espaço para confecção do corpo de prova (25 mm x 2 mm).....	20
Figura 1C	- Matriz com a resina para confecção do corpo de prova.....	20
Figura 1D	- Fotopolimerização do corpo de prova em diferentes pontos.....	20
Figura 1E	- Fotopolimerização do corpo de prova em diferentes pontos.....	20
Figura 1F	- Fotopolimerização do corpo de prova em diferentes pontos.....	20
Figura 1G	- Corpo de prova adaptado na EMIC para realização do teste de resistência à flexão.....	20
Figura 1H	- Corpo de prova em momento de flexão .....	20
Figura 1I	- Corpo de prova fraturado.....	20
Quadro 4	- Comparação estatística, por Teste T, da variável “material”, com o mesmo método de polimerização.....	24
Gráfico 1	- <i>Box-Plot</i> de média e desvios dos grupos experimentais da resina Z-350.....	25
Gráfico 2	- <i>Box-Plot</i> de média e desvios dos grupos experimentais da resina Forma.....	25

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média, desvio-padrão e coeficiente de variação por grupo.....	21
Tabela 2 - Resultados por grupo de acordo com os valores de cada espécime em MPa e N.....	22
Tabela 3 - Resultados por grupo de acordo com os valores de cada espécime em Mpa e N.....	23

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANOVA	Análise de Variância
cm	Centímetro
cm <sup>2</sup>	Centímetro quadrado
EMIC	Máquina Universal de ensaios mecânicos
g	Gramma
h	Hora
ISO	International Organization for Standardization
kg	Kilograma
kV	Kilovoltagem
mm	Milímetro
mW	Microwatt
Mpa	Mega Pascal
N	Newton
RF	Resistência Flexural

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>PROPOSIÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>16</b>
3.1	MATERIAIS.....	16
3.2	MÉTODO.....	17
3.3	OBTENÇÃO DAS AMOSTRAS.....	18
3.4	RESULTADOS.....	20
3.5	AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS .....	23
<b>4</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>27</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>32</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>33</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A grande demanda de pacientes para restaurações dentárias estéticas ou restaurações livres de metal juntamente com as melhorias nas propriedades físicas das resinas compostas, aumentaram as indicações desses materiais.

Atualmente, restaurações de resina composta indiretas são amplamente utilizadas em tratamentos estéticos como uma alternativa menos onerosa e menos sensível à técnica. Além disso, a técnica indireta melhora o controle de adaptação marginal, contatos proximais, forma anatômica e encolhimento de polimerização, em comparação com a técnica de resina composta direta (OZAKAR-ILDAY et al., 2013; SHARAFEDDIN ; SHARIFI, 2013). Segundo Poskus et al (2009), em consequência, as restaurações de resina composta indireta mostraram menos microinfiltração na interface de restauração dentária do que as resinas compostas diretas.

Na técnica indireta, a estrutura do dente perdido é reconstruída em um molde e o material é polimerizado em condições controladas no laboratório, o que permite o uso de irradiações mais elevadas durante a fotoativação e a exposição às superfícies internas (ALMEIDA-CHETTI et al., 2014 SOH ; YAP, 2004; SANTANA et al., 2009;).

Sabe-se que o grau de conversão de resinas compostas pode afetar diretamente seu desempenho clínico. Quanto maior a quantidade de monômeros transformados em polímeros, maior será o grau de conversão de resinas compostas e melhores serão as propriedades do material. O grau de conversão também pode influenciar a absorção de água e a solubilidade dos compósitos, uma vez que a polimerização inadequada do material aumenta a sorção e a solubilidade dos compostos (MUNIZ et al., 2013; RUEGGEBERG et al., 2017; URABE et al., 1999;).

Após a fotoativação, a polimerização pode ser completada por um tratamento adicional com luz e/ou calor. Esses tratamentos adicionais levam a um aumento no grau de conversão, propriedades mecânicas melhoradas, estabilidade de cor e redução do desgaste. (PEUTZFELDT ; ASMUSSEN, 1991).

ALMEIDA-CHETTI et al., 2014 e KEENAN et al., 2003 e encontraram valores mais elevados de resistência à flexão e módulo de elasticidade em resina compostas comercializados como materiais diretos submetidos a polimerização adicional. Os valores mais elevados das propriedades mecânicas que foram encontradas em estudos podem ser devidos ao aumento do grau de polimerização.

Uma desvantagem dos compósitos comerciais indiretos é alto custo, principalmente pela necessidade de um equipamento especial para processá-los. Como alternativa para sistemas comerciais indiretos, muitos autores propuseram o uso de compostos diretos associados a tratamentos térmicos em um forno convencional de esterilização, micro-ondas ou autoclave (ALMEIDA-CHETTI et al., 2014; MIYAZAKI et al., 2009; SOARES et al., 2005). Após a fotoativação, o tratamento térmico pode ser realizado em dispositivos convencionais projetados para outras aplicações que estão prontamente disponíveis no consultório odontológico, como autoclave, micro-ondas ou estufa. Estes podem ser utilizados como uma opção para melhorar as propriedades mecânicas das resinas compostas diretas com a vantagem de baixo custo (ALMEIDA-CHETTI et al., 2014; MIYAZAKI et al., 2009; SOARES et al., 2005; URABE et al., 1999a).

Para Esteves et al. (2018) a eficiência de métodos de polimerização complementar alternativos em resinas diretas, em autoclave, micro-ondas ou estufa é verdadeira e aumentou a microdureza da resina previamente fotopolimerizada. Peutzfeldt e Asmussen (2000) e Soares (2005) verificaram não só um aumento na dureza com a polimerização adicional como também um aumento da resistência à tração diametral de compósitos convencionais.

Lombardo (2007), no entanto, demonstrou que o processo de pós-cura realizado no micro-ondas aumenta a microdureza, mas na autoclave diminui a microdureza.

A composição da resina composta também parece ser um fator relevante. Santana (2009) observou que compósitos com menor carga inorgânica apresentaram melhorias significativas na dureza após serem submetidos a pós-cura.

Dimer (2015) encontrou em seus estudos um aumento da microdureza, utilizando como método de pós cura a autoclave, em determinada marca comercial enquanto que outra marca não apresentou diferença significativa. Concluiu também que o aumento do tempo de fotoativação das resinas de uso direto não produz uma superfície de maior dureza e que o aumento da microdureza através da pós-cura não foi suficiente para atingir a dureza da resina composta laboratorial.

No entanto, um protocolo para obter polimerização adicional deve ser usado sem que gere mudanças indesejáveis no material restaurador (SANTANA et al., 2009; SOARES et al., 2005;).

Assim, foi estabelecido um protocolo de tratamento térmico pós-curativo para compósitos comerciais, e descobriu-se que o ganho máximo de propriedades

mecânicas foi alcançado em temperatura não coincidente com a temperatura a que o grau máximo de conversão foi alcançado; na realidade o ganho máximo de propriedades mecânicas foi alcançado a uma temperatura mais baixa do que a do grau máximo de conversão. Este resultado levou à suposição de que, além do grau de conversão, pode ser possível obter algum ganho em força pelo alívio do estresse (MIYAZAKI et al., 2009).

Entretanto, ainda não está completamente claro se a melhoria das propriedades mecânicas das resinas compostas submetidas é dependente da ativação complementar em unidades laboratoriais e qual a melhor técnica a ser executada. Assim sendo, um trabalho que avalie a ativação complementar por meio de um sistema mais simples e com um menor custo financeiro, mostra-se necessário para verificar se poderia haver melhoria na resistência à flexão servindo também como um método indireto de avaliação do grau de conversão de resina composta.



## **2 PROPOSIÇÃO**

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da polimerização complementar em micro-ondas na resistência à flexão de duas resinas compostas diretas previamente fotopolimerizadas. A hipótese proposta do estudo é que tratamentos térmicos adicionais irão influenciar aumentando os valores de resistência das resinas compostas.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Foram confeccionados 120 corpos de prova com tamanho de 25mm de comprimento x 2mm de largura x 2mm de altura com as resinas Z350 (3M®) e FORMA (Ultradent®). A fotopolimerização foi realizada por 60 segundos na potência de 1000mw/cm<sup>2</sup> (três pontos diferentes de 20 segundos) em determinados grupos e 9 segundos na potência máxima de 3200mw/cm<sup>2</sup> (três pontos diferentes de 3 segundos) em outros grupos. Em seguida as amostras foram submetidas à polimerização complementar em micro-ondas por 3 minutos na potência máxima (MEF41, 1000 mW, Eletrolux, Estocolmo, Suécia), um grupo com os corpos de prova submersos em água e outro não. Estabeleceram-se dois grupos controles, que consistiu na utilização das resinas Z350(3M®) e FORMA(Ultradent®) fotopolimerizadas convencionalmente na potência de 1000mw/cm<sup>2</sup>. Foram realizados testes de resistência à flexão na Máquina Universal de Ensaio Mecânicos (EMIC, modelo DL 20000, São José dos Pinhais, PR, Brasil) onde foi adaptado um dispositivo para o teste específico.

#### 3.1 Materiais

Duas resinas compostas para uso de restaurações diretas foram utilizadas: uma nanoparticulada, Z350 (3M ESPE, São Paulo, Brasil) e uma nanohíbrida, Forma (Ultradent, South Jordan, UT, USA). O quadro abaixo (Quadro 1) descreve todos os materiais que foram utilizados nesta pesquisa.

Quadro 1: Materiais utilizados na pesquisa. Marca comercial, composição orgânica, composição inorgânica, cor e lote

MATERIAL	COMPOSIÇÃO ORGÂNICA	COMPOSIÇÃO INORGÂNICA	COR	LOTE
Resina Z350 (3M ESPE)	Bis-GMA, TEGDMA, Bis-EMA, UDMA.	Zircônia/sílica e vidro de bário. Tamanho médio de partícula do aglomerado com cerca de 0,6-10 microns. A carga de partículas inorgânicas representa cerca de 72,5% por peso (55,5% em volume) para cores translúcidas e 78,5% em peso (63,3% por volume) para todas as outras cores.	A3E	1811400402
Resina Forma (Ultradent)	Bis-GMA, Bis-EMA, TEGDMA, BHT, Dimetacrilato de Polietilenoglicol, UDMA	Cerâmica tratada com silano, sílica tratada com silano, sílica-óxido de zircônia tratada com silano e vidro de bário com tamanho médio de 0,7 microns	A3E	D06JU

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

### 3.2 Método

Foram realizados testes de resistência à flexão na Máquina Universal de Ensaio Mecânicos (EMIC, modelo DL 20000, São José dos Pinhais, PR, Brasil) onde foi adaptado um dispositivo para o teste específico. A International Organization for Standardization (ISO) através da norma 4049, estabeleceu parâmetros para o ensaio de resistência à flexão de compósitos, utilizando espécimes com dimensões (25mm de comprimento x 2mm de largura x 2mm de altura) e distância, entre os apoios (20mm).

Os grupos testados foram organizados como visto nos Quadro 2 e 3:

Quadro 2: grupos com fotopolimerização 1000mW/cm<sup>2</sup> e os métodos de polimerização extra utilizados

POTÊNCIA DO FOTOPOLIMERIZADOR	GRUPO	MATERIAL	MÉTODO PÓS CURA	N
Fotopolimerização 1000Mw/cm <sup>2</sup>	G1	Z350	NENHUM	10
	G2	Z350	3 MINUTOS MICROONDAS	10
	G3	Z350	3 MINUTOS MICROONDAS EM ÁGUA	10
	G4	FORMA	NENHUM	10
	G5	FORMA	3 MINUTOS MICROONDAS	10
	G6	FORMA	3 MINUTOS MICROONDAS EM ÁGUA	10

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Quadro 3: grupos com fotopolimerização 3200mW/cm<sup>2</sup> e os métodos de polimerização extra utilizados

POTÊNCIA DO FOTOPOLIMERIZADOR	GRUPO	MATERIAL	MÉTODO PÓS CURA	N
Fotopolimerização 3200Mw/cm <sup>2</sup>	G7	Z350	NENHUM	10
	G8	Z350	3 MINUTOS MICROONDAS	10
	G9	Z350	3 MINUTOS MICROONDAS EM ÁGUA	10
	G10	FORMA	NENHUM	10
	G11	FORMA	3 MINUTOS MICROONDAS	10
	G12	FORMA	3 MINUTOS MICROONDAS EM ÁGUA	10

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

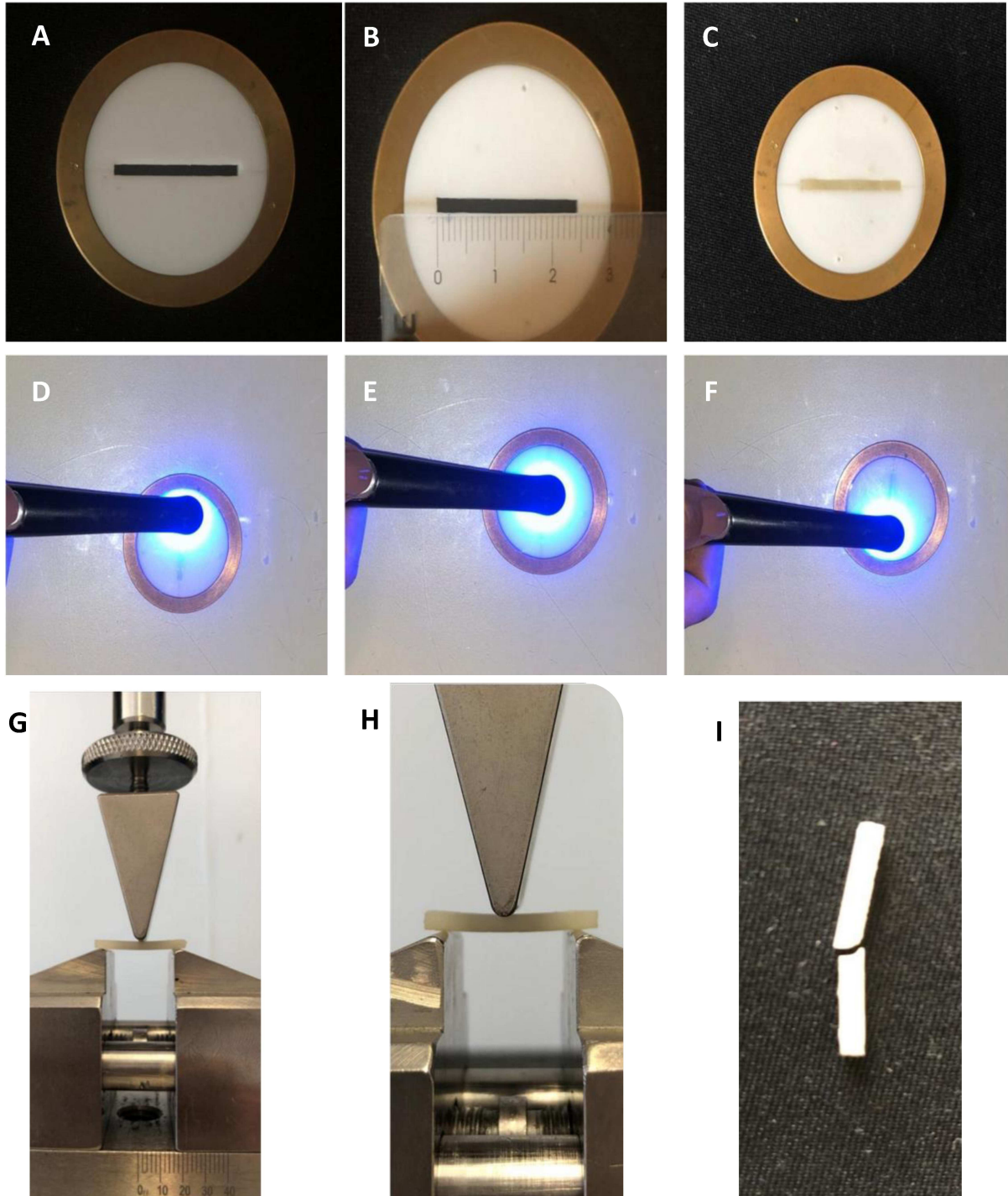
### 3.3 Obtenção das amostras

Os espécimes foram confeccionados através de uma matriz metálica bipartida (Odeme) (FIGURA 1A e B) com 25 mm de comprimento e 2 mm de espessura (ISO 4049). As resinas compostas foram inseridas na matriz em um único incremento e, após o preenchimento, uma lâmina de vidro foi pressionada para ocorrer o escoamento do material e remoção dos excessos.

A fotopolimerização foi realizada durante 60 segundos em três pontos dos corpos de prova (20 segundos em cada ponto), demonstrados nas imagens (FIGURA 1D, E e F) nos grupos 1,2,3,4,5 e 6. Foi utilizado o aparelho fotopolimerizador com potência de 1000mW/cm<sup>2</sup> (VALO,Ultradent,South Jordan,USA). Os Grupos 1 e 2 foram os grupos controles. Os Grupos 2 e 5 foram submetidos ao método de pós-cura em micro-ondas durante 3 minutos em potência alta (MEF41, 1000 mW,Eletrolux, Estocolmo, Suécia) e os grupos 3 e 6 também foram submetidos ao método de pós-cura em micro-ondas durante 3 minutos em potência alta, porém dentro de um recipiente com água destilada. Em seguida, as amostras foram armazenadas em água destilada por 24 horas e após esse período submetidas ao teste de resistência à flexão na Máquina Universal de Ensaio Mecânicos (EMIC, modelo DL 20000, São José dos Pinhais, PR, Brasil) com uma célula de carga de 500 kg a uma velocidade de 0,5 mm por minuto. (FIGURA 1G)

Nos Grupos 7,8,9,10,11 e 12 a fotopolimerização foi realizada durante 9 segundos em três pontos dos corpos de prova (3 segundos em cada ponto) , demonstrados nas imagens (FIGURA 1D, E e F). Foi utilizado o aparelho fotopolimerizador com potência de 3200mW/cm<sup>2</sup> (VALO,Ultradent,South Jordan,USA). Os Grupos 7 e 10 foram os grupos controles. Os Grupos 8 e 11 foram submetidos ao método de pós-cura em micro-ondas durante 3 minutos em potência alta (MEF41, 1000 mW,Eletrolux, Estocolmo, Suécia) e os grupos 9 e 12 também foram submetidos ao método de pós-cura em micro-ondas durante 3 minutos em potência alta, porém dentro de um recipiente com água destilada. Em seguida, as amostras também foram submetidas ao teste de resistência à fratura em Máquina Universal de Ensaio Mecânicos (EMIC, modelo DL 20000, São José dos Pinhais, PR,Brasil) com uma célula de carga de 500 kg a uma velocidade de 0,5 mm por minuto. (FIGURA 1G).

Figura 1 – A. Matriz metálica bipartida. B. Espaço para confecção do corpo de prova (25 mm x 2 mm). C. Matriz com a resina para confecção do corpo de prova. D, E e F. Fotopolimerização do corpo de prova em três diferentes pontos. G. Corpo de prova adaptado na EMIC para realização do teste de resistência à flexão. H. corpo de prova em momento de flexão e I. fraturado.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

### 3.4 Resultados

Os resultados obtidos estão nas tabelas 1,2 e 3.

Os valores, em Megapascal (MPa), da resistência flexural (RF) foram obtidos utilizando a seguinte fórmula:

**RF= 3FL/(2b.h<sup>2</sup>)**, onde **F** é a força em newton, **L** é o comprimento da área de teste (20mm), **b** é comprimento da base do espécime (2mm) e **h** altura do espécime (2mm).

Tabela 1. Resultados obtidos após análise estatística

GRUPO	MÉDIA (Mpa)	DESVIO PADRÃO	COEFICIENTE DE VARIANÇA (%)
G1	77,18 <sup>a</sup>	2,61	12,72
G2	98,9 <sup>a</sup>	8,29	31,45
G3	89,2 <sup>a</sup>	4,45	18,71
G4	82,4 <sup>a</sup>	5,04	22,96
G5	97,6 <sup>a</sup>	3,36	12,9
G6	98,8 <sup>a</sup>	4,99	18,94
G7	91,5 <sup>a</sup>	5,49	23,49
G8	83,5 <sup>a</sup>	6,64	29,82
G9	87,7 <sup>a</sup>	4,42	18,49
G10	87,3 <sup>a</sup>	2,96	12,73
G11	83,4 <sup>a</sup>	3,92	17,62
G12	92,3 <sup>a</sup>	8,84	35,89

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Tabela 2 - Resultados de cada grupo de acordo com os valores de cada espécime em MPa e N.

GRUPO	CORPO DE PROVA	FORÇA MÁXIMA ( N )	FORÇA FLEXURAL (MPa)	GRUPO	CORPO DE PROVA	FORÇA MÁXIMA ( N )	FORÇA FLEXURAL (MPa)
<b>Z 350</b> foto 1000 mw	1	23,79	89,21	<b>FORMA</b> foto 1000 mw	1	15,51	58,16
	2	24,31	91,16		2	16,89	63,34
<b>G1</b>	3	19,13	71,74	<b>G4</b>	3	31,2	117,00
	4	21,38	80,18		4	21,03	78,86
	5	20,86	78,23		5	20,69	77,59
	6	19,82	74,33		6	17,93	67,24
	7	19,82	74,33		7	25	93,75
	8	21,2	79,50		8	27,06	101,48
	9	20,69	77,59		9	25,68	96,30
	10	14,82	55,58		10	18,96	71,10
<b>Z 350</b> foto 1000 mw 3 min microondas seco	1	30,51	114,41	<b>FORMA</b> foto 1000 mw 3 min microondas seco	1	22,24	83,40
	2	30,51	114,41		2	28,27	106,01
	3	28,62	107,33		3	26,72	100,20
	4	25,34	95,03		4	20	75,00
	5	8,1	30,38		5	26,37	98,89
<b>G2</b>	6	24,31	91,16	<b>G5</b>	6	26,55	99,56
	7	40,16	150,60		7	30,68	115,05
	8	20	75,00		8	24,48	91,80
	9	26,72	100,20		9	29,13	109,24
	10	29,48	110,55		10	23,26	87,20
<b>Z 350</b> Foto 1000mW microondas submerso àgua	1	16,72	62,70	<b>FORMA</b> Foto 1000mW microondas submerso àgua	1	38,79	145,46
	2	29,99	112,46		2	26,37	98,89
	3	23,27	87,26		3	21,03	78,86
	4	25,86	96,98		4	29,3	109,88
<b>G3</b>	5	21,2	79,50	<b>G6</b>	5	27,58	103,43
	6	21,55	80,81		6	23,62	88,58
	7	25	93,75		7	23,79	89,21
	8	23,1	86,63		8	23,27	87,26
	9	31,37	117,64		9	26,2	98,25
	10	20	75,00		10	23,62	88,58

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Tabela 3 - Resultados de cada grupo de acordo com os valores de cada espécime em MPa e N.

GRUPO	CORPO DE PROVA	FORÇA MÁXIMA ( N )	FORÇA FLEXURAL (Mpa)	GRUPO	CORPO DE PROVA	FORÇA MÁXIMA ( N )	FORÇA FLEXURAL (Mpa)
<b>Z 350</b> foto 3200 mw	1	23,79	89,21	<b>FORMA</b> foto 3200 mw	1	25,68	96,30
	2	32,75	122,81		2	18,96	71,10
<b>G7</b>	3	18,27	68,51	<b>G10</b>	3	28,96	108,60
	4	26,89	100,84		4	23,62	88,58
	5	25,17	94,39		5	21,2	79,50
	6	25	93,75		6	25	93,75
	7	24,82	93,08		7	24,48	91,80
	8	25,86	96,98		8	20,69	77,59
	9	25,51	95,66		9	20,69	77,59
	10	16,2	60,75		10	23,62	88,58
<b>Z 350</b> foto 3200 mw 3 min microondas seco	1	17,41	65,29	<b>FORMA</b> foto 3200 mw 3 min microondas seco	1	23,79	89,21
	2	28,44	106,65		2	21,03	78,86
	3	23,79	138,34		3	22,93	85,99
	4	36,89	75,00		4	19,82	74,33
	5	20	75,00		5	22,58	84,68
<b>G8</b>	6	15,34	57,53	<b>G11</b>	6	16,38	61,43
	7	16,03	60,11		7	31,55	118,31
	8	17,58	65,93		8	19,82	74,33
	9	22,75	85,31		9	23,1	86,63
	10	24,65	92,44		10	21,55	80,81
<b>Z 350</b> Foto 3200mW microondas submerso àgua	1	25,34	95,03	<b>FORMA</b> Foto 3200mW microondas submerso àgua	1	11,55	43,31
	2	26,89	100,84		2	34,13	127,99
	3	28,79	107,96		3	32,58	122,18
	4	17,93	67,24		4	17,58	65,93
<b>G9</b>	5	30,17	113,14	<b>G12</b>	5	34,48	129,30
	6	16,32	61,20		6	19,48	73,05
	7	25,68	96,30		7	29,3	109,88
	8	25,51	95,66		8	25,51	95,66
	9	19,31	72,41		9	12,07	45,26
	10	17,93	67,24		10	29,65	111,19

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).



### 3.5 Avaliação dos resultados

A análise estatística foi realizada através do *software* BioEstat, versão 5.3, considerando as variáveis “material” e “métodos de polimerização”.

Visando comparar a variável “material”, foram realizados testes T entre os grupos com mesmo método de polimerização, sem que se evidenciasse diferença estatisticamente significativa, atestando comportamento similar entre as resinas utilizadas. O Quadro 4 apresenta as comparações realizadas e o nível de significância encontrado.

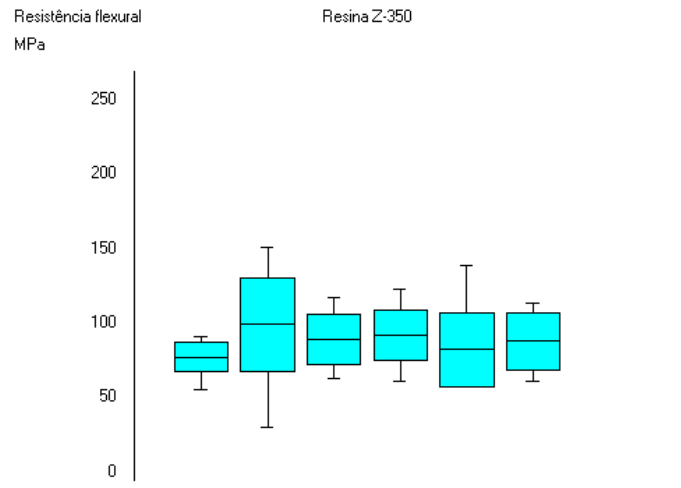
Quadro 4 – Comparação estatística, por Teste T, da variável “material”, com o mesmo método de polimerização.

<b>Grupos comparados</b>	<b>Nível de significância</b>
<b>G1 x G4</b>	0,5518
<b>G2 x G5</b>	0,3091
<b>G3 x G6</b>	0,2421
<b>G7 x G10</b>	0,5226
<b>G8 x G11</b>	0,8838
<b>G9 x G12</b>	0,7041

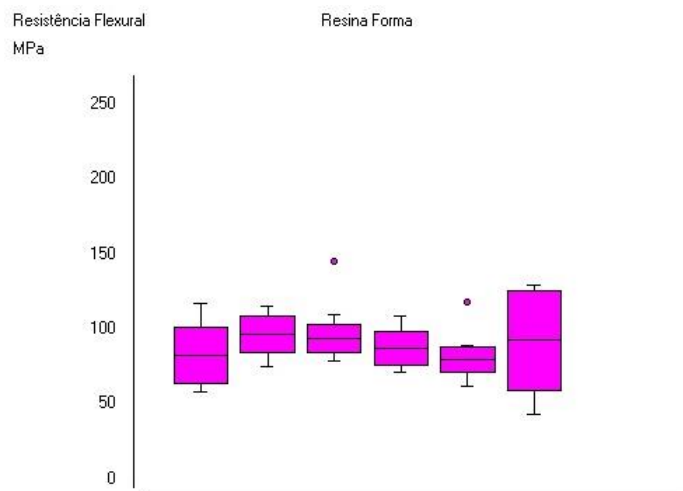
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Considerando a inexistência de diferença estatisticamente significativa entre os materiais, foi realizada, posteriormente, comparação entre os métodos de polimerização separadamente por resina, através de análise de variância (ANOVA *one-way*). Foi verificada similaridade estatística, com  $p= 0,2740$  para os tratamentos realizados com a resina Z-350 e  $p= 0,3114$  com a resina Forma.

O Gráfico 1 apresenta, através de *Box-Plot*, os valores de média e desvios-padrão dos diferentes métodos de polimerização empregados com a resina Z-350 (G1, G2, G3, G7, G8 e G9), ao tempo em que o Gráfico 2 reproduz os encontrados com a resina Forma (G4, G5, G6, G10, G11 e G12).

Gráfico 1 – *Box-Plot* de média e desvios dos grupos experimentais da resina Z-350

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Gráfico 2 – *Box-Plot* de média e desvios dos grupos experimentais da resina Forma

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Foram realizadas, ainda, comparações estatísticas entre os grupos com o mesmo material e intensidade de fotopolimerização. O objetivo foi verificar se a utilização pós-cura do micro-ondas resultaria em incremento da resistência flexural, seja com ou sem submersão em um recipiente com água destilada, o que, em si, constituiu o objetivo efetivo da presente pesquisa, qual seja, confirmar a efetividade de métodos de polimerização complementar ao convencional, realizado por meio dos aparelhos fotopolimerizadores.

Deste modo, foram constituídos quatro agrupamentos, como se segue:

- Agrupamento 1, constituído pelos grupos G1, G2 e G3, que nos quais foi utilizada a resina Z-350 com fotopolimerização por 60s na potência de  $1.000\text{mW}/\text{cm}^2$  (G1), seguida de método de pós-cura em micro-ondas durante 3 minutos em potência alta (G2), dentro de um recipiente com água destilada (G3);
- Agrupamento 2, constituído pelos grupos G4, G5 e G6, que nos quais foi utilizada a resina Forma com fotopolimerização por 60s na potência de  $1.000\text{mW}/\text{cm}^2$  (G4), seguida de método de pós-cura em micro-ondas durante 3 minutos em potência alta (G5), dentro de um recipiente com água destilada (G6);
- Agrupamento 3, constituído pelos grupos G7, G8 e G9, que nos quais foi utilizada a resina Z-350 com fotopolimerização por 9s na potência de  $3.200\text{mW}/\text{cm}^2$  (G7), seguida de método de pós-cura em micro-ondas durante 3 minutos em potência alta (G8), dentro de um recipiente com água destilada (G9);
- Agrupamento 4, constituído pelos grupos G10, G11 e G12, que nos quais foi utilizada a resina Forma com fotopolimerização por 9s na potência de  $3.200\text{mW}/\text{cm}^2$  (G10), seguida de método de pós-cura em micro-ondas durante 3 minutos em potência alta (G11), dentro de um recipiente com água destilada (G12).

Foi utilizada Análise de variância (Anova *one-way*) na comparação de todos os grupos de cada agrupamento, e Teste T de dados amostrais para duas amostras independentes, comparando-se os grupos de cada agrupamento entre si.

Os resultados apontaram diferença estatisticamente significativa entre G1 e G2, com  $p= 0,047$ , demonstrando que a utilização de polimerização complementar por 3 minutos em micro-ondas, utilizando potência alta, foi capaz de gerar incremento na resistência flexural da resina Z-350.

Finalmente, foram comparados os grupos constituídos pelo mesmo material e polimerizados pela mesma técnica, mas fotopolimerizados por diferentes

intensidades de polimerização, objetivando avaliar a influência de uso de uma maior potência, com menor tempo de polimerização. Para tanto, foi utilizado Teste T para duas amostras independentes.

Foi encontrada diferença estatisticamente significativa ( $p= 0,0307$ ) na comparação entre os grupos G1 (fotopolimerização por 60s, com potência de  $1.000\text{mW}/\text{cm}^2$ ) e G7 (Fotopolimerização por 9s, com potência de  $3.200\text{mW}/\text{cm}^2$ ), nos quais foi utilizada a resina Z-350, demonstrando maior efetividade quando utilizada maior potência em menor tempo de ativação.

## 4 DISCUSSÃO

Como alternativa para sistemas comerciais diretos, a técnica indireta apresenta como vantagens a redução de custos, melhor adaptação marginal, melhor controle de contatos proximais, forma anatômica e menor contração de polimerização. (OZAKAR-ILDAY et al., 2013; SHARAFEDDIN e SHARIFI, 2013). A polimerização complementar por calor é um método que proporciona aumento do grau de conversão dos compósitos restauradores (ALMEIDA-CHETTI et al., 2014). Diferentes métodos já foram sugeridos, como calor seco, autoclave e micro-ondas (ALMEIDA-CHETTI et al., 2014; MIYAZAKI et al., 2009; SOARES et al., 2005).

A resistência flexural representa a resistência máxima ao dobramento de um material antes que ocorra a fratura, sendo o teste mais utilizado por ser o mais eficiente para simular e detectar alterações estruturais do material (MALLMANN, 2009). A norma ISO 4049 é a utilizada para avaliar a propriedade mecânica de resistência à flexão desses materiais restauradores (YAP, 2003). Foi utilizada a metodologia da ISO 4049 para analisar a resistência à flexão de materiais restauradores resinosos. A padronização da ISO 4049 para as dimensões dos espécimes no teste de resistência flexural de 25 X 2 X 2 mm dificulta a uniformização de confecção dos espécimes, pois algumas regiões do material restaurador podem ser expostas à dupla fotoativação, impedindo um padrão de polimerização (YAP, 2003). Esse fator pode ter influenciado para que os resultados não apresentassem diferenças em relação aos diferentes métodos de polimerização.

Estudos onde se avaliou a profundidade de polimerização das resinas compostas afirmam que 2 mm seria a espessura ideal para se conseguir uma polimerização clinicamente satisfatória, com um aparelho de pelo menos 400 mw/cm<sup>2</sup> (RUEGGERBERG, et al 2017). Aparelhos de LEDs que alcançam valores de intensidade de luz acima de 1.000 mw/cm<sup>2</sup>, igualmente ao usado neste estudo, possibilitam maior grau de conversão, maior profundidade de polimerização, devido ao aumento da intensidade de luz, e uma maior emissão de calor com a alta elevação da temperatura. (MUNIZ et al., 2013; URABE et al., 1999b;). A emissão de calor fornece energia para a resina, aumentando a mobilidade dos monômeros residuais e a flexibilidade dos polímeros, elevando assim o grau de conversão dos monômeros e de polimerização da resina. (MUNIZ et al., 2013; RUEGGERBERG et al., 2017) Os resultados desse estudo mostraram que houve diferenças significantes nos subgrupos

da resina Z350 quando comparado o grupo fotopolimerizado com potência 1000mw/cm<sup>2</sup> e o grupo fotopolimerizado com potência 3200 mw/cm<sup>2</sup>. Foi observado um aumento da resistência a flexão do grupo onde a potência utilizada foi maior

A polimerização adicional em forno de micro-ondas mostra-se como um método viável a ser executado facilmente pelo Cirurgião Dentista, porém com algumas peculiaridades. Oliveira (2003) realizou um experimento de polimerização em forno de micro-ondas e concluíram que a posição das peças no forno de micro-ondas interfere na polimerização das resinas acrílicas quanto à liberação de monômero, porém não altera a porosidade superficial e a dureza de superfície desse material. Diante disso deve-se levar em conta que o forno de micro-ondas não promove uma uniforme distribuição de calor como evidenciado no trabalho de Rosini et al (2004) em que se constatou que o centro do prato refratário recebe uma maior incidência de calor.

Neste estudo os 10 corpos de prova de cada grupo foram colocados de uma só vez no prato giratório do forno de micro-ondas isso pode ter prejudicado a quantidade de calor transmitida aos corpos que ficaram mais na extremidade. Isso pode justificar algumas grandes diferenças nos valores de resistência à flexão entre os corpos. Uma pequena parte de ondas é absorvida pelas paredes metálicas e na maior parte é refletida pelas paredes do forno, podendo ocorrer interferência, diversos experimentos didáticos envolvendo radiação micro-ondas são encontrados no estudo de Rosini et al (2004), mas um deles chama a atenção quanto à localização do objeto no prato giratório, que é o "Mapeamento" com "marshmallows", onde foram distribuídos "marshmallows" de forma simétrica dentro do forno e irradiou-se à potência máxima por 40 s, pode-se observar que houve um aumento de volume dos mesmos, porque são porosos e apenas aqueles centralizados, devido ao teor de açúcar se caramelizaram, justamente por terem recebido uma maior quantidade de calor. Oliveira (2003) realizou experimento com métodos de polimerização adicionais diferentes: autoclave e forno de micro-ondas. Resultados estatisticamente superiores foram encontrados nos espécimes que sofreram polimerização complementar através do forno de micro-ondas, porém a autora relatou a não uniformidade na distribuição dos corpos de prova no prato do forno de micro-ondas e os que ficaram na extremidade do prato apresentaram valores inferiores aos demais, pois sofreram uma redução na quantidade de calor transmitida. O que também pode ter ocorrido nesse

estudo pois os espécimes foram colocados de maneira aleatória no prato do micro-ondas. Fica a possibilidade de novo estudo pensando nessa variável.

A composição das resinas compostas, principalmente a concentração e tamanho das cargas, interferem nos resultados de resistência à flexão (PEUTZFELDT, 2000). Santana (2012), observou que compósitos com menor carga inorgânica apresentaram maior dureza. Foram avaliadas as resinas compostas Filtek e TPH. A Filtek (menor carga inorgânica) apresentou maior dureza. Porém não foram observadas relações entre dureza e resistência a flexão. Baseado nos resultados encontrados por Santana (2012) foi possível concluir que o tratamento térmico influenciou na resistência à flexão das resinas compostas de uso direto, enquanto, para a dureza, o mesmo não foi observado. Esse resultado, com relação à resistência, coincide com o encontrado neste estudo já que houve diferença estatística relevante entre os grupos das resinas Z 350 quanto a resistência à flexão possivelmente por possuírem uma maior concentração de carga de variados tamanhos. O mesmo não foi observado para a resina Forma.

O surgimento das resinas à base de monômeros, como Bis-EMA, TEGDMA e UDM resultou em um aumento da resistência à flexão. Isso pode explicar o porquê de as resinas nanohíbridas, utilizadas neste estudo não apresentarem diferença de comportamento em relação à resistência à flexão, visto que possui em sua composição Bis-EMA, TEGDMA e UDMA. Apesar disso a resina Z350, que também possui em sua composição Bis-EMA, TEGDMA e UDMA demonstrou resultados melhores de resistência à flexão. Além disso, essas resinas possuem alto conteúdo de carga, o que lhes confere alta resistência ao desgaste e à fratura em áreas de elevado stress mastigatório. (ERNST, 2006; YAP, 2003). Resinas que possuem em sua composição os monômeros Bis-EMA, TEGDMA e UDM apresentam maior peso molecular, maior grau de conversão quando expostas à luz, menor contração de polimerização e menor absorção de água (BAGIS, 1997). Nos materiais em que se encontra um elevado grau de conversão, na fotopolimerização convencional, existe pouca tendência a um aumento no grau de conversão quando submetidos à polimerização adicional. Do mesmo modo, essa ativação complementar pode aumentar o grau de conversão, sem obrigatoriamente influenciar positivamente no aumento das propriedades físicas e mecânicas das resinas compostas. (MANHART, 2000; PEUTZFELDT, 1992). O que possivelmente pode ter ocorrido com a resina Forma avaliada neste estudo.

Outros autores também encontraram valores mais elevados de resistência à flexão e módulo de elasticidade em resina compostas comercializados como materiais diretos submetidos a polimerização adicional. Almeida , (2014) avaliou duas resinas comercializadas como diretas Premisa® (Kerr) e Heliomolar® ( Ivoclar vivadent) e verificaram um aumento da resistência à flexão em ambas após o tratamento de pós cura em forno. Sedda et al.,(2010) também verificaram aumento significativo nos valores de resistência flexural em resinas indiretas (Gradia Indireta e Gradia Forte ) após tratamento térmico. Esteves (2018) também considerou verdadeira a eficiência de métodos de polimerização complementar alternativos em resinas diretas, em autoclave, micro-ondas ou estufa o que aumentou a microdureza da resina previamente fotopolimerizada.

Esse aumento de dureza pode ser explicado devido ao aumento do grau de conversão das resinas submetidas a temperaturas que se aproximem à temperatura de transição vítrea, pois leva a uma maior mobilidade dos monômeros livres e maior flexibilidade das cadeias poliméricas, possibilitando novas reações dos radicais ativados. Isso proporciona um maior número de ligações cruzadas da matriz orgânica, acarretando um compósito de maior estabilidade e rigidez determinando maior microdureza. (BAGIS YH et al, 2000).

Kildal e Ruyter (1997) em um estudo comparativo de dois métodos de polimerização, não encontraram diferenças significativas na resistência entre a polimerização direta com aparelhos fotopolimerizadores e pós-polimerização em fornos usando as resinas Brilliant® (COLTENE) e Charisma® (KULZER), o que não concorda com os resultados desse trabalho.

Lombardo (2007), no entanto, demonstrou que o processo de pós-cura realizado no micro-ondas aumenta a microdureza, mas na autoclave diminui a microdureza. Portanto, expor a umidade durante pós-cura provavelmente pode diminuir a microdureza da resina. Neste estudo não foi verificada diferença estatisticamente significativa entre o grupo controle e os grupos de polimerização extra imersos em água.

Em outro estudo realizado por Galafassi (2006) foram obtidos resultados que não concordam com este estudo. Os métodos de pós-polimerização empregados - ciclo laboratorial, ciclo em auto-clave e ciclo em micro-ondas - não melhoraram a resistência à flexão do compósito de uso clínico Suprafill ® (SS WHITE) e não houve diferença estatisticamente significativa entre os diferentes métodos de pós-



polimerização. A utilização de um aparelho fotopolimerizador de alta intensidade pode justificar o motivo pelo qual os resultados não apresentaram diferenças quando comparados os diferentes modos de polimerização – incluindo a polimerização adicional em micro-ondas. Pode-se supor que o grau máximo de conversão de monômeros em polímeros seria obtido pelo método físico (fotopolimerização), indicando que a conversão adicional empregando calor, luz e pressão não teria influência significativa sobre as propriedades mecânicas de compósitos de uso clínico.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A hipótese desta pesquisa, segundo a qual tratamentos térmicos adicionais aumentariam os valores de resistência flexural das resinas compostas testadas, foi parcialmente confirmada.

Foi possível concluir, a partir dos experimentos laboratoriais realizados, que:

1. Quando submetidas aos mesmos métodos de polimerização, as resinas compostas Forma® e Z-350® apresentaram resistência flexural similar;
2. Os tratamentos térmicos adicionais testados não influenciaram o comportamento da resina composta Forma®;
3. A resina composta Z-350® apresentou aumento significativo da resistência flexural quando submetida à ação pós-cura em micro-ondas, não submersa em água, após polimerização em potência de 1000 mW/cm<sup>2</sup>;
4. A resina composta Z-350® apresentou aumento significativo da resistência flexural quando submetida à polimerização em potência de 3200 mW/cm<sup>2</sup>, quando comparada à polimerização na potência de 1000 mW/cm<sup>2</sup>.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA-CHETTI, V. A.; MACCHI, R. L.; IGLESIAS, M. E. Effect of post-curing treatment on mechanical properties of composite resins. **Acta Odontol Latinoam**, Buenos Aires, v. 27, n. 2, p. 72-6, 2014.
- BAGIS YH, Rueggeberg FA. Mass loss in urethane/TEGDMA- and Bis-GMA/TEGDMA-based resin composites during post-cure heating. **Dent Mater**,Atlanta v.13,n.6, p.377-80, 1997
- BAGIS Y.H., RUEGGEBERG F.A. The effect of post-cure heating on residual, unreacted monomer in a commercial resin composite. **Dent Mater**,Atlanta, v 16, n. 4, p.2447, Jul 2000
- DIMER, A.R. et al. Effect of different post-cure polymerization treatment on composite resin hardness. **Rev Gaúch Odontol**,Porto Alegre, v.63, n.4, p. 426-431, Out /Dez., 2015
- ESTEVEZ, R. A. et al. Chemical and Mechanical Properties of Experimental Dental Composites as a Function of Formulation and Postcuring Thermal Treatment. **Biomed Res Int**, [S.l.], v. 2018, p. 9-14, 2018.
- ERNST, C.P. et al. Two-year clinical performance of nanofiller vs a fine-particle hybrid resin composite. **Clin Oral Investig**, [S.l.], v.10, n. 2, p. 119-25, 2006.
- GALAFASSI D. et al. Análise da influência de três métodos de pós-polimerização sobre a resistência à flexão de um compósito de uso clínico. **Rev Dent Press Estét**, Maringá, v.3 , n.2, p.37-42, Jul/Aug/Set 2006.
- GRAZIOLI, G. et al. Simple and Low-Cost Thermal Treatments on Direct Resin Composites for Indirect Use. **Braz Dent J**, Ribeirão Preto, v. 30, n. 3, p. 279-284, Jun 2019
- KEENAN, P. L.; RADFORD, D. R.; CLARK, R. K. Dimensional change in complete dentures fabricated by injection molding and microwave processing. **J Prosthet Dent**, Augusta, v. 89, n. 1, p. 37-44, Jan 2003.
- KILDAL KK, RUYTER IE. How different curing methods affect mechanical properties of composites for inlays when tested in dry and wet conditions. **Eur J Oral Sci**, [S.l.], v.105, n.4, p. 353-61, Aug 1997
- LOMBARDO, G.H. et al. Influence of additional polymerization in the microhardness of direct composite resins. **Cienc Odontol Bras**, São José dos Campos, v.10, p 5-10,2007.
- MANHART, J. et al. Mechanical properties of new composite restorative materials. **J Biomed Mater Res**, [S.l.], v.53, n.4, p.353-61, 2000
- MALLMANN A. et al. Resistência flexural de resinas compostas imersas em diferentes líquidos. **Robrac**, Goiás, v.18, n. 45 p.11-7,2009.
- MIYAZAKI, C. L. et al. Heat treatment of a direct composite resin: influence on flexural strength. **Braz Oral Res**, São Paulo,v. 23, n. 3, p. 241-7, Jul-Sep 2009.
- MUNIZ, G. R. et al. Influence of heat treatment on the sorption and solubility of direct composite resins. **Indian J Dent Res**, Chennai, v. 24, n. 6, p. 708-12, Nov-Dec 2013.

- OLIVEIRA V.M.B, et al. Influence of number and position of flasks in the monomer release, knoop hardness and porosity of a microwave-cured acrylic resin. **Journal of Oral Rehabilitation**, Reino Unido, v.30, n.11, p.1104-08, 2003
- OZAKAR-ILDAY, N. et al. Three-year clinical performance of two indirect composite inlays compared to direct composite restorations. **Med Oral Patol Oral Cir Bucal**, Espanha, v. 18, n. 3, p. e521-8, May 1 2013.
- PEUTZFELDT, A.; ASMUSSEN, E. Mechanical properties of three composite resins for the inlay/onlay technique. **J Prosthet Dent**, [S.I.] v. 66, n.3, p. 322-4, Sep 1991.
- PEUTZFELDT, A.; ASMUSSEN, E. The effect of postcuring on quantity of remaining double bonds, mechanical properties, and in vitro wear of two resin composites. **J Dent**, [S.I.] v. 28, n.6, p. 447-52, Aug 2000.
- POSKUS, L. T. et al. Influence of post-cure treatments on hardness and marginal adaptation of composite resin inlay restorations: an in vitro study. **J Appl Oral Sci**, Bauru, v. 17, n.6, p. 617-22, Nov-Dec 2009.
- ROSINI F, et al. Experimentos didáticos envolvendo radiação microondas **Quim. Nova**, São Paulo v.27, n.6, p.1012-5,2004
- RUEGGERBERG, F. A. et al. Light curing in dentistry and clinical implications: a literature review. **Braz Oral Res**, São Paulo, v. 31, n. suppl 1, p. e61, Aug 2017.
- SANTANA, I. L. et al. Effect of experimental heat treatment on mechanical properties of resin composites. **Braz Dent J**, Ribeirão Preto, v. 20, n.3, p. 205-10, 2009.
- SEDDA M, et al Effect of post-cure heating on the flexural strength of two indirect resin composites. **Eur J Prosthodont Restor Dent**, [S.I.] v18, n.3, p. 102-6, Set 2010.
- SHARAFEDDIN, F.; SHARIFI, E. The effect of microwave/laboratory light source postcuring technique and wet-aging on microhardness of composite resin. **Dent Res J**, Isfahan, v. 10, n.3, p. 370-5, May 2013.
- SOARES, C. J. et al. Mechanical properties of light-cured composites polymerized with several additional post-curing methods. **Oper Dent**, [S.I.] v. 30, n.3, p. 389-94, MayJun 2005.
- SOH, M. S.; YAP, A. U. Influence of curing modes on crosslink density in polymer structures. **J Dent**, [S.I.], v. 32, n.4, p. 321-6, May 2004.
- URABE, H. et al. Effect of filler content and size to properties of composite resins on microwave curing. **J Mater Sci Mater Med**, [S.I.], v. 10, n.6, p. 375-8, Jun 1999a.
- URABE, H. et al. Influence of polymerization initiator for base monomer on microwave curing of composite resin inlays. **J Oral Rehabil**, [S.I.], v. 26, n. 5, p. 442-6, May 1999b.
- YAP, AUJ. et al. Comparison of flexural properties of composite restoratives using the ISO and mini-flexural tests. **J Oral Rehabil**, [S.I.], v. 30, n.2, p. 171–7, Jan 2003
- YAP AUJ. et al. Wear behavior of new composite restoratives. **Oper Dent**, [S.I.], v.29, n.3, p. 269-74 Jan 2004

