

**UNIVERSIDADE POTIGUAR
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM ODONTOLOGIA**

**EFEITO DA UNIDADE DE LUZ E
DA PROFUNDIDADE DE POLIMERIZAÇÃO SOBRE
A MICRODUREZA DE UM COMPÓSITO.**

BRUNA COSTA SILVA LANVERLY

NATAL/RN

2006

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

BRUNA COSTA SILVA LANVERLY

**EFEITO DA UNIDADE DE LUZ E DA
PROFUNDIDADE DE POLIMERIZAÇÃO SOBRE A
MICRODUREZA DE UM COMPÓSITO.**

Dissertação apresentada à Coordenação do Mestrado em Odontologia da Universidade Potiguar, como parte integrante dos requisitos para a obtenção do Grau de Mestre.

Área de concentração: Clínica Odontológica, Área de Dentística.

Orientadora: Profa. Dra. Claudia Tavares Machado

NATAL / RN

2006

L243e Lanverly, Bruna Costa Silva.
Efeito da unidade de luz e da profundidade de
polimerização sobre a microdureza de um compósito. / Bruna
Costa Silva Lanverly. – Natal, 2006.
98f.

Dissertação (Mestrado em Odontologia). Universidade
Potiguar. Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Extensão.
Bibliografia: 81-86.

1. Odontologia – Dissertação. 2. Polimerização. 3. Apare-
lhos Fotoativadores. I. Título.

RN/UnP/BCSF

616.314(043.3)

CDU:

UNIVERSIDADE POTIGUAR**EFEITO DA UNIDADE DE LUZ E DA
PROFUNDIDADE DE POLIMERIZAÇÃO SOBRE
A MICRODUREZA DE UM COMPÓSITO.**

Dissertação apresentada pela aluna BRUNA COSTA SILVA LANVERLY à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Potiguar, em 07/07/2006, a qual obteve a nota abaixo, conforme avaliação da banca examinadora constituída pelos professores:

Banca Examinadora

Profa. Dra. Claudia Tavares Machado (Orientadora)

Prof. Dr. Tasso Gadelha Fernandes (Universidade Potiguar)

Profa. Isauremi Vieira de Assunção Pinheiro (Convidado)

Avaliação final: _____

NATAL/RN

2006

DEDICATÓRIA

Aos meus Pais,

Vocês não se contentaram em me presentear apenas com a vida. Cobriram-me de ensinamentos, amor e dedicação. Sacrificaram seus sonhos em favor dos meus.

Sofreram meus sofrimentos. Abriram a porta para o meu futuro, iluminando meu caminho com a luz mais brilhante que se pode oferecer: o Estudo. Esta será, sem dúvida, a herança mais preciosa que vocês deixarão para mim.

Qualquer que fosse a ocasião, sempre estiveram em posição privilegiada para aplaudir minhas vitórias.

Agradeço-lhes por tudo que fui, sou e sonho em ser. Por jamais me terem deixado nos momentos difíceis, e, principalmente, por terem me acompanhado para que eu chegasse até aqui. Vocês são minha fonte inesgotável de inspiração. Alicerce que

Deus me deu para que eu pudesse me apoiar e crescer cada vez mais.

Amo vocês!

DEDICATÓRIA

Às minhas irmãs **Larissa e Flávia**

Como irmã mais velha, para vocês, eu sou exemplo. Responsabilidade grande. Que, assim como eu estou vencendo mais uma etapa de minha vida profissional, vocês também obtenham muitas vitórias em suas vidas. Obrigada pelo apoio e incentivo em todas as minhas realizações. Vocês sempre estarão presentes em meu coração em todas as minhas conquistas.

Amo vocês.

Aos meus **Avós**

Parte fundamental da minha vida, fontes de inspiração e amor. Que Deus os mantenham com saúde por muito tempo, junto a mim, para que eu lhes possa proporcionar mais momentos de felicidade como este.

Muito obrigada por tudo.

Ao meu amor **Tuca**

O seu sorriso me estimula a querer ser uma pessoa melhor a cada dia. Por sua compreensão infinita, pelos momentos em que me ausentei, pelo incentivo. Sempre amoroso e disposto a estar ao meu lado em todos os momentos. Que juntos possamos comemorar muitas vitórias.

Muito obrigada por me fazer tão feliz.

À tia **Marcinha, Camila e Rostand**

Por sempre me acolherem como filha e irmã em Natal, em especial nesses dois anos de convivência contínua. Pelo carinho, pelos momentos de descontração.

Obrigada de coração.

E a **Deus**, por colocar estas pessoas tão importantes em minha vida.

AGRADECIMENTO ESPECIAL

À Prof. Dra. **Cláudia Tavares Machado**, pela amizade e ensinamentos. Por ter segurado em minhas mãos, me guiando no caminho a ser percorrido durante esses dois anos. Por se mostrar sempre tão prestativa e atenciosa a cada etapa dessa jornada. Obrigada pelas preciosas horas dedicadas à orientação deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

À minha grande incentivadora Professora **Elaine Costa de Azevedo Ferreira**, por despertar meu interesse pela docência e abrir meus horizontes em relação à carreira profissional. Minha eterna gratidão.

À Coordenadora do Mestrado **Rejane Andrade de Carvalho**, por me permitir fazer parte do curso e transmitir com todo entusiasmo o papel do professor e pesquisador dentro da Odontologia.

A todos os **Professores do Curso de Mestrado** por todo o conhecimento, esforço e confiança transmitidos à primeira turma de Pós Graduação Stricto Sensu em Odontologia.

Aos meus **Professores da Graduação da Universidade Federal de Alagoas**, pela formação acadêmica de qualidade.

Aos amigos da turma de Mestrado em Odontologia 2004, **Carmem, Carol, Cavalcante, Cida, Dewren, Emilia, Henrique, Laurita, Linalda, Mabel, Marianna, Rodrigo, Sylvana, Nayana, Vagner e Vandr **, pela amizade e companheirismo durante o curso, momentos de descontração e com os quais espero manter amizade por toda a vida. Adoro vocês e jamais os esquecerei.

Ao Professor **Kenio Costa Lima**, pela ajuda essencial na estatística deste trabalho e por se mostrar tão prestativo para o esclarecimento de minhas d vidas.

Ao Professor **Gerdo Bezerra de Faria**, do Departamento de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pela ajuda oferecida na parte experimental deste estudo.

Aos Professores **Antônio Eduardo Martinelli** e **Dulce Maria de Araújo Melo**, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pela parceria com a Universidade Potiguar e por permitirem gentilmente que eu utilizasse o aparelho para teste de microdureza.

À **Bruna** e **Marlon**, do Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pela paciência na realização dos testes de dureza deste trabalho.

À **Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de Alagoas – FAPAL** – pelo auxílio financeiro concedido para que esta grande etapa em minha vida profissional pudesse ser alcançada.

Ao amigo e colega de graduação **Luiz Rafael Calixto Lima**, pelas horas de troca de conhecimentos e envio de arquivos via internet.

À funcionária do Curso de Pós Graduação da Universidade Potiguar, **Gracinha**, pela atenção e dignidade com que cumpre o seu trabalho.

À minha Odontopediatra, Dra. **Isabel Amaral Costa**, pelo incentivo desde o vestibular, passando pela vida acadêmica, e, atualmente, na vida profissional.

A **João** e **Margarida**, por se mostrarem tão prestativos durante minhas estadias em Natal.

E a todos aqueles que, de uma maneira ou de outra, contribuíram para a concretização deste trabalho.

EPIÍGRAFE

Onde você quer chegar?
ir alto... sonhe alto...
queira o melhor do melhor...
queira coisas boas para a vida...
pensando assim trazemos prá nós aquilo que desejamos...
se pensamos pequeno...
coisas pequenas teremos...
já se desejarmos fortemente o melhor...
e principalmente lutarmos pelo melhor...
o melhor vai se instalar na nossa vida.
(...)
"Porque sou do tamanho daquilo que
vejo, e não do tamanho da minha altura."

Carlos Drummond de Andrade

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a profundidade de polimerização de uma resina composta em função do tipo de unidade de luz, por meio de teste de microdureza. Para isso, trinta corpos-de-prova foram preparados utilizando um compósito microhíbrido - Filtek Z250 (3M) em matrizes de teflon com duas profundidades diferentes: 2 e 3 mm, contendo um orifício central com 2 mm de diâmetro. Os valores de dureza foram mensurados na superfície de topo e fundo. Três unidades de luz foram utilizadas: Optilight CL (Gnatus), Rádi (SDI), ambos à base de LED (Luz Emitida por Diodo) e Ultralux (Dabialtante), à base de luz halógena. Para cada unidade de luz, dez corpos-de-prova foram confeccionados, sendo cinco com a profundidade de 2 mm e cinco com a profundidade de 3 mm. Após a fotoativação por um tempo de 40 segundos, foram armazenados em recipiente escuro, por 24 horas. O teste de dureza *Vickers* foi realizado com o aparelho de dureza Shimadzu Micro Hardness Testers, utilizando uma carga de 300 gramas por 15 segundos. Foram realizadas três indentações em cada superfície (topo e fundo) de cada corpo-de-prova. Os valores de dureza foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey-Kramer ($p < 0,05$), que demonstraram diferença estatística significativa entre os aparelhos fotoativadores. De acordo com os resultados, pôde-se concluir que o aparelho Ultralux proporcionou maiores valores de dureza quando comparado aos demais, independente da profundidade do corpo-de-prova. Dentro de cada aparelho testado, não foi encontrada diferença significativa na microdureza do compósito nas profundidades de 2 e 3 mm, tanto no topo quanto no fundo. Notou-se, também, que para as duas espessuras de compósito utilizadas neste estudo, houve variação significativa entre as microdurezas na relação topo/fundo para os aparelhos Ultralux e Rádi, sendo os maiores valores de dureza *Vickers* encontrados no topo dos corpos-de-prova.

Palavras-chave: Aparelhos fotoativadores; compósito; microdureza; polimerização.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the influence of light curing devices in the depth of cure of one composite, using Vickers microhardness test. Specimens were prepared using a microhybrid composite Filtek Z250 (3M ESPE). The resins were placed in a bulk increment in 2 and 3 mm thick teflon cylindric molds, and then polymerized with the time of 40 seconds. The microhardness values were performed on bottom and top surface of each sample. Three curing units were used to polymerize the composite: Optilight CL (Gnatus), Radian (SDI), both LEDs and Ultralux (Dabialtante), an halogen conventional light. Ten samples were photoactivated for each light curing unit, five with 2 mm depth and five with 3 mm depth. After a 40 second time of exposure, the samples were stored in a lightproof container at 37°C for 24 hours. The bottom and top surfaces of each specimen were tested using a Vickers harness test (Shimadzu Micro Hardness Testers) which was performed under a 300 grams load for 15 seconds. Three measurements were taken in each surface. The hardness results were submitted to ANOVA test and Tukey's test at the 5% significance level, which showed statistical difference between the light curing devices. Ultralux showed higher hardnesses when compared to the others. For both depths of composite tested, there were statistical differences between the microhardness of top/bottom surfaces to Ultralux and Radian, the higher hardnesses values were achieved in the top of the specimens.

Keywords: Light-curing devices; composites; microhardness; polymerization.

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas houve um grande avanço na Odontologia Estética, resultado das constantes pesquisas relacionadas com o desenvolvimento de novas técnicas e materiais. Este avanço facilita o trabalho do Cirurgião-Dentista e atende às expectativas cada vez mais exigentes dos pacientes. As resinas compostas ou compósitos vêm sendo amplamente utilizadas tanto em dentes anteriores como em posteriores, constituindo um dos maiores avanços da Odontologia Estética. Inicialmente, foi introduzido um sistema de monômeros BIS-GMA (bisfenol A-glicidil metacrilato) e, a partir desta descoberta, várias alterações vêm sendo realizadas com o objetivo de melhorar as propriedades químicas, físicas e mecânicas das resinas compostas. Ao longo dos anos, houve diversas modificações na composição e no sistema de ativação da reação de polimerização, com o intuito de aumentar a vida clínica da restauração e torná-la cada vez mais natural.

A princípio, o processo de ativação dos compósitos passava por uma reação química, no qual a reação de polimerização se dava através da mistura de uma pasta catalisadora à uma pasta base. Porém, este processo tinha inconvenientes como: pouco tempo de manipulação, baixa resistência ao desgaste, alta contração de polimerização, fácil impregnação por corantes e falta de estética (COOK, 1980).

Diante desta situação, começaram a surgir as primeiras resinas compostas ativadas por luz, ou seja, ativação física. A princípio, foi utilizada a luz ultravioleta para a ativação, porém, devido aos pobres resultados ocasionados pela sua pouca profundidade de polimerização, esta foi substituída pela luz visível (COOK, 1980).

A ativação através da luz visível promoveu uma verdadeira revolução dentro da Dentística Restauradora, pois possuía várias vantagens sobre os métodos utilizados anteriormente, como: maior tempo de manipulação do material pelo profissional, menos inclusão de bolhas na restauração, fácil inserção na cavidade, melhor estética, maior grau e profundidade de polimerização, melhor dureza, menos

contração de polimerização e melhor adaptação marginal (BASSIOUNY; GRANT, 1980).

A polimerização dos compósitos ocorre devido à excitação do componente fotosensível chamado canforoquinona. O espectro de absorção deste fotoiniciador está entre 400 a 500 nm, mais precisamente entre 450 a 490 nm. Este processo de excitação ocorre mais eficientemente quando o comprimento de onda da luz está no intervalo de 468 a 480 nm (VIEIRA *et al.*, 1998).

Para que o aparelho proporcione uma eficiente fotoativação das resinas compostas deve-se atentar para alguns fatores importantes, como: intensidade de luz (Pereira; Porto; Mendes, 2000), comprimento de onda (Blankenau *et al.*, 1983), tempo de exposição (Mandarino *et al.*, 1992; Pereira; Porto; Mendes, 2000), distância entre a ponta polimerizadora e a resina (CORRER-SOBRINHO *et al.*, 2000). Uma polimerização inadequada favorece a sorção de água, acarretando efeitos danosos sobre as propriedades finais da restauração como cor, dureza e durabilidade. A intensidade de luz emitida pelos aparelhos fotoativadores pode ser significativamente reduzida por uma série de fatores como: degradação do bulbo da lâmpada, degeneração do refletor, manchamento dos filtros, resíduos de materiais restauradores aderidos à superfície da ponteira e fraturas na ponta fotoativadora (BLAZZIO *et al.*, 2003). O aumento no tempo de exposição à luz ativadora, não compensa a diminuição na intensidade de luz gerada por outros defeitos no aparelho (RUEGGERBERG; CAUGHMAN; CURTIS, 1994).

Existem, também, fatores inerentes aos compósitos que podem alterar o grau de polimerização, como a cor e a profundidade do incremento (MARTINS *et al.*, 2002). À medida que se aumenta a camada de compósito a ser polimerizada, há uma tendência de que a luz chegue com menor intensidade nas camadas mais profundas (MACHADO, 2003).

Em consequência da grande importância que os aparelhos fotopolimerizadores exercem sobre a qualidade final da restauração, o mercado odontológico oferece inúmeras opções de aparelhos. Quanto mais modernos, características são adicionadas com a finalidade de eliminar os motivos de

insucessos. Atualmente, podemos encontrar aparelhos que emitem altas intensidades de luz e variadas, que iniciam com uma intensidade de luz baixa e aumentam a intensidade gradualmente, e, ainda, aparelhos que utilizam o Laser de argônio e Arco de Plasma, que prometem polimerizar o compósito em 10 segundos ou menos (MACHADO, 2000). Ultimamente, encontram-se no mercado aparelhos fotoativadores que utilizam LEDs, que, além de ser uma luz fria, impedindo o aquecimento da estrutura dental, trabalha num comprimento de onda mais específico (em torno de 470 nm), quando comparados aos aparelhos de luz halógena. Outras vantagens dos LEDs são a maior vida útil da lâmpada e o menor consumo de energia (MEDEIROS, 2001).

Para avaliar a eficiência do grau de polimerização das resinas compostas, alguns métodos, diretos e indiretos, têm sido propostos. Os métodos diretos são aqueles que medem o grau de conversão, como espectroscopia de laser Raman e espectroscopia infravermelha. Os métodos indiretos incluem o teste de raspagem com espátula e o teste de microdureza. Dentre estes métodos, o de microdureza apresenta as vantagens de ser relativamente simples e de ter boa correlação com método de grau de conversão de espectroscopia infravermelha (RUEGGBERG; CAUGHMAN; CURTIS, 1994).

Devido à grande variedade de aparelhos fotoativadores com diferentes características encontrados no mercado, realizou-se esta pesquisa com o objetivo de analisar a eficácia de dois aparelhos à base de LED e um à base de luz halógena, com relação à microdureza de um compósito, considerando a espessura do incremento utilizado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Em 1971, Fraunhofer relacionou a resistência à abrasão e ao desgaste de um material à sua dureza superficial, usando duas resinas acrílicas (Sevriton e Orthofil) e duas resinas compostas (TD71 e Adaptic). Confeccionou, para cada uma delas, corpos-de-prova cilíndricos, com 8 mm de diâmetro e 5 mm de profundidade, e, após 15, 30, 60 minutos e 24 horas da sua confecção, foi realizado o teste de dureza Reichert com carga de 20 gramas por 10 segundos. A análise dos resultados mostrou maiores valores de dureza para as 2 resinas compostas, e, quanto maior era o intervalo entre a confecção e a leitura, maiores os valores de dureza.

Com o objetivo de comparar dois compósitos existentes no mercado, Bassiouny; Grant, em 1980, pesquisaram as propriedades físicas de dureza, resistência à compressão, resistência à tração diametral e resistência à flexão. As resinas testadas foram: Fotofil, fotoativada por luz ultravioleta e Adaptic, de polimerização química. Os resultados mostraram que as médias de dureza encontradas no topo das resinas compostas fotoativadas foram significativamente menores que as resinas compostas de sistema pasta-pasta, porém esta situação foi invertida num período de uma semana. Entretanto, a resina composta com polimerização química apresentou-se com maior resistência à compressão. Para ambos os materiais, a resistência à tração diametral e resistência à flexão foram similares.

Também no ano de 1980, Cook investigou os fatores que poderiam afetar a profundidade de cura de compósitos polimerizados através de luz ultravioleta. Para isto, foram confeccionados corpos-de-prova com 4 mm de diâmetro e 8 mm de profundidade utilizando seis compósitos diferentes: Kulzer Estilux microfill composite (cor Y), Kulzer Estilux microfill composite (cor GO), Kulzer Estilux UV-composite (I), Caulk Nuva-fil (cor L), Caulk Nuva-fil P.A. (cor LY), Espe Uvio-fil. Cada compósito foi fotoativado pelo tempo e aparelho pré-estabelecidos pelo fabricante. Cinco minutos após a confecção, os conjuntos matrizes + corpos-de-prova foram colocados em uma incubadora a $37 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa $95 \pm 5\%$ durante 24 horas. A

profundidade de polimerização era obtida diretamente, retirando-se o espécime da matriz e removendo-se delicadamente o material não polimerizado com uma espátula plástica. A espessura máxima do material polimerizado era medida com um micrômetro, oferecendo a profundidade de cura. Para detalhar mais a pesquisa, os corpos-de-prova foram recortados em seu longo eixo com um disco diamantado em baixa velocidade, e realizou-se a leitura da microdureza *Knoop* com carga de 4,9 N, medindo dureza em função da profundidade. De acordo com os resultados, o grau de polimerização por luz ultravioleta é razoavelmente constante até certa profundidade. Após este ponto, o grau de polimerização diminui bruscamente. A profundidade de cura é criticamente dependente do compósito, fonte de luz e tempo de exposição.

Em 1982, Ruyter; Oysaed atentos aos danos provocados por uma polimerização incompleta dos compósitos, compararam a profundidade de polimerização entre materiais fotopolimerizáveis por luz visível, ultravioleta e quimicamente ativados. Observaram que compósitos quimicamente ativados polimerizam em todo o volume da massa do material, independente da espessura, enquanto que em materiais fotoativados, a polimerização ocorre apenas até onde a luz alcança. O grau de polimerização é dependente da capacidade de penetração da luz, composição do compósito e tempo de exposição. O tamanho e concentração das partículas de carga inorgânica dos materiais influenciam nos índices de refração da luz, causando diferentes níveis de polimerização. Sendo assim, concluíram que compósitos com partículas convencionais apresentam melhores níveis de polimerização que os compósitos de micropartículas; a microdureza é aumentada quando se aumenta o tempo de exposição de 20 para 60 segundos e a luz halógena alcança maiores profundidades de polimerização que a luz ultravioleta.

Também no ano de 1982, Tirtha *et al.* realizaram um estudo *in vitro* para avaliar a profundidade de cura de seis compósitos fotopolimerizáveis. Para o teste, confeccionaram corpos-de-prova de 0,95, 1, 1,35, 1,5, e 3,5 mm de altura, sendo as duas últimas em incrementos de 0,5 mm. Os compósitos foram fotoativados dependendo da recomendação do fabricante, utilizando-se um aparelho de luz halógena (Durafill) ou luz ultravioleta (Nuva Fil), pelo tempo de 60 segundos. A diferença nos valores de dureza de topo e fundo foi mensurada através do teste de

dureza Barcol, força transversa e coeficientes de transmissão de luz. Os compósitos ativados através de luz halógena polimerizam em maiores profundidades que aqueles ativados por luz ultravioleta. Além disso, o tipo e a concentração do fotoiniciador no compósito e a intensidade de luz também são importantes no processo de polimerização. O coeficiente de transmissão é influenciado pelo comprimento de onda do aparelho e por índices de refração do compósito, assim como a forma, o tamanho e a quantidade de partículas de carga. Com base nos resultados obtidos, os autores concluíram que a aplicação do compósito em camadas e o ajuste do tempo de exposição ou da intensidade de luz podem ser necessários para uma adequada polimerização para os diferentes tipos e cores de compósitos.

Sob o conceito de que uma polimerização ótima e em maior profundidade pode ser alcançada através de um aparelho fotopolimerizador com intensidade elevada e com um comprimento de onda adequado, em 1983, Blankenau *et al.*, avaliaram o comprimento de onda e a intensidade de luz visível gerada por sete aparelhos fotoativadores (Visar Activator, Visar II, Heliomat, Kulzer Translux, Prisma-Lite, Elipar Visio, Command). Para isso, foi utilizado um aparelho monocromático de varredura que determina o espectro e os picos de comprimento de onda. Considerando que as unidades de luz apresentaram variações nos resultados e que estas variavam entre 480 nm e 568 nm, foi determinado que os aparelhos deveriam ser constantemente avaliados para assegurar uma polimerização adequada. Dessa forma, os autores concluíram que, caso a intensidade de luz se apresentasse baixa, não haveria energia suficiente para uma adequada polimerização e que, fatores como translucidez óptica e índice de refração do material restaurador determinam a quantidade de luz dispersa e o limite de profundidade de polimerização.

No ano de 1985, Kanca comparou a uniformidade de polimerização à microdureza de topo de sete compósitos para dentes posteriores. Para isto, os corpos-de-prova foram confeccionados em uma matriz e polimerizados por 2 tempos (20 e 40 segundos) sob as distâncias de 0 e 4 mm da fonte de luz. A leitura da dureza Barcol foi realizada no topo e no fundo. A menor diferença de dureza encontrada entre as duas superfícies, significa uma maior uniformidade na polimerização. A superfície voltada para a fonte de luz sofreu menor variação de dureza entre as duas variáveis, enquanto que a superfície oposta à luz sofreu

maiores variações. Quanto maior o tempo de polimerização, menor a variação de dureza entre as duas superfícies, enquanto que o aumento da distância é diretamente proporcional à variação. O autor recomendou o tempo de 40 segundos para uma polimerização efetiva.

Já em 1986, De Backer; Dermaut, avaliaram a profundidade de polimerização de oito fontes polimerizadoras de luz visível em seis diferentes compósitos. Para isto, corpos-de-prova foram confeccionados em matrizes metálicas bipartidas com profundidades variando de 1, 2, 3 e 4 mm, onde as resinas foram condensadas e polimerizadas por um tempo de 60 segundos. Após a polimerização, os espécimes foram submetidos ao teste de dureza *Knoop* em suas superfícies de topo e fundo, sob uma carga de 1,1 kg, e as indentações eram medidas com o auxílio de um microscópio. Os resultados mostraram que duas das resinas testadas apresentaram melhor profundidade de polimerização, evidenciando a importância da composição dos materiais na profundidade de polimerização. Desta forma, os autores concluíram que a composição e as propriedades físicas das resinas compostas são os fatores de maior importância que podem afetar na profundidade de polimerização, e não os aparelhos de luz, como frequentemente havia sido aceito.

Baharav *et al.*, em 1988, avaliaram o efeito do tempo de exposição na profundidade de cura de compósitos polimerizados por luz. Para isto, confeccionaram matrizes de alumínio contendo cavidades de 15 mm de profundidade e 3 mm de diâmetro, onde o compósito para dentes posteriores Occlusin foi inserido. Os corpos-de-prova foram polimerizados com o aparelho Translux pelos tempos de 10, 20, 30, 40, 60, 80 e 180 segundos. Após 24 horas desde a fotoativação, o teste de microdureza *Knoop* foi executado perpendicularmente ao longo eixo de todas as amostras, no 1º mm da área adjacente à superfície onde a fonte de luz havia sido posicionada. A profundidade de polimerização foi determinada pela mudança de cor na superfície da resina composta: o material mal polimerizado apareceu mais escuro que o material com polimerização satisfatória. Aumentando-se o tempo de exposição, foram alcançadas maiores profundidades de polimerização. Nas amostras de 60 e 80 segundos, o teste de dureza *Knoop* também foi realizado em toda a profundidade do corpo-de-prova. Um baixo tempo de exposição deixou o material sem dureza suficiente nas

profundidades maiores que 1 mm, impossibilitando as medidas de dureza, ou seja, quanto maior a profundidade de leitura, menor a dureza. Na profundidade de 1 mm, os valores de dureza máximos foram alcançados com o tempo de exposição de 80 segundos. Nenhum aumento adicional na dureza ocorreu, mesmo com o tempo de 180 segundos.

Em 1988, Lambert; Passon testaram a profundidade de cura gerada por cinco aparelhos fotoativadores. Para o experimento, confeccionaram matrizes a partir do sugador de saliva, o qual era seccionado de maneira a produzir moldes de aproximadamente 4 mm de espessura e 4 mm de diâmetro. As matrizes eram, então, preenchidas com um compósito fotopolimerizável universal. Cada um dos aparelhos fotoativadores era utilizado para fotoativar três corpos-de-prova pelo tempo de 20 segundos, mantendo a ponta do aparelho a uma distância de 2 mm da superfície do compósito. Após a cura, o material não-polimerizado era removido com o auxílio de uma faca e mensurado, seguido da estocagem por 24 horas. Os resultados mostraram que dois dos aparelhos testados obtiveram profundidades de polimerização semelhantes, ao passo que os outros três foram menos efetivos. O autor questiona o método da raspagem para determinação da profundidade de cura dos compósitos, pois, segundo o mesmo, este método produz resultados menos precisos que outros mais sofisticados (teste de microdureza) e maior probabilidade de obtenção de resultados exagerados.

No ano de 1992, Mandarino *et al.*, verificaram a capacidade de polimerização das resinas compostas fotopolimerizáveis, realizando o teste de microdureza. Os autores acreditavam que esta propriedade poderia representar indiretamente a capacidade de polimerização dos compósitos. Foram selecionadas três resinas compostas fotopolimerizáveis nas cores clara e escura: Durafil e Heliosit, ambas de micropartículas e Herculite, híbrida. Os aparelhos fotoativadores testados foram Translux, Heliosit e Primelite, com tempos de exposição de 20, 40 e 60 segundos. Os corpos-de-prova foram confeccionados utilizando-se uma matriz cilíndrica de aço inoxidável com 10 mm de profundidade e 5 mm de diâmetro. O material insuficientemente polimerizado foi removido e desprezado, e cada corpo-de-prova foi seccionado no sentido de seu longo eixo para que pudessem ser realizadas as medidas de microdureza *Vickers* a cada milímetro de profundidade. De acordo com

os resultados obtidos, pôde-se concluir que: os materiais com tonalidades de cor clara apresentaram maiores valores de dureza que os de tonalidade escura; para o primeiro milímetro adjacente à superfície irradiada, não houve diferença estatística para as duas tonalidades de cor; os melhores níveis de polimerização foram conseguidos no primeiro milímetro de profundidade, e, a partir daí, houve uma relação indireta entre dureza e profundidade; não houve diferença na capacidade de polimerização entre os aparelhos analisados, nos dois primeiros milímetros; e à medida que se aumenta o tempo de exposição à luz, melhora-se o nível de polimerização.

Com a finalidade de estudar a variação de dureza de oito compósitos (Silux, P-30, Heliosit, Estilux p, Durafill, Herculite XR, Prisma-Fil e Ful-Fil) em função do tempo de exposição (20 ou 40 segundos) e tempo de armazenamento, em 1992, Turbino *et al.* confeccionaram corpos-de-prova em matrizes de poliacetato, que apresentavam as dimensões: 3 mm x 4 mm x 3,5 mm. Para cada compósito, com suas variedades de cores (totalizando 39 diferentes compósitos), foram confeccionados 3 corpos-de-prova polimerizados por 20 segundos, e outros 3 corpos-de-prova, por 40 segundos. O teste de dureza *Vickers* foi realizado no 1º, 2º e 3º mm do compósito, logo após a confecção dos corpos-de-prova e após 24 horas de armazenamento. Pelos resultados, os autores puderam concluir que os valores de microdureza são maiores quando polimerizados por 40 segundos e após 24 horas de armazenamento, para todas as marcas de compósitos utilizadas.

Objetivando avaliar a confiabilidade de três radiômetros, Hansen; Asmussen, 1993, verificaram a intensidade de luz emitida por 80 aparelhos fotopolimerizadores de diversas marcas comerciais e tempos de uso. Os radiômetros utilizados foram CL-Tester, Demetron modelo 100 e Sure Cure. O registro de intensidade de luz foi realizado com todos os aparelhos, durante 5 segundos de exposição à luz, sendo a ponta ativa do aparelho fotoativador posicionada sobre a superfície fotossensível de cada radiômetro. Foi encontrado um alto grau de correlação entre os registros obtidos com os três radiômetros, porém, os coeficientes de correlação são confusos, pois, alguns aparelhos foram considerados bons para determinado radiômetro, enquanto que, para outro, era considerado de baixa intensidade. Também foi identificada uma diferença significativa no valor de intensidade de luz emitido pelo

mesmo aparelho fotopolimerizador, quando os três radiômetros foram testados. Baseados nos resultados obtidos, os autores concluem que os radiômetros são aparelhos pouco confiáveis, quando utilizados isoladamente. Porém, eles possuem grande capacidade de monitorar a intensidade de luz emitida pelos aparelhos fotoativadores, se ambos estiverem calibrados.

Com a finalidade de avaliar a intensidade de luz emitida por aparelhos fotopolimerizadores e avaliar o grau de conhecimento dos profissionais da Odontologia sobre a manutenção e importância do desempenho destes aparelhos, Barghi; Berry; Hatton, 1994, entrevistaram Cirurgiões-dentistas. As questões foram formuladas com relação ao tempo de aquisição, frequência de uso, periodicidade de troca da lâmpada e grau de satisfação com o desempenho do aparelho. As respostas foram relacionadas com as intensidades de luz emitidas pelos respectivos aparelhos, verificadas através de um radiômetro. Os autores concluíram que 30% das unidades de luz apresentaram intensidade inferior a 200 mW/cm^2 , considerada inadequada; a intensidade de luz se apresentou inversamente proporcional à idade do aparelho; e a maior parte dos entrevistados, desconhecendo a situação insatisfatória de seu aparelho, nunca havia trocado a lâmpada.

No ano de 1994, Bayne; Heymann; Swift Jr. listaram os principais fatores relacionados à polimerização insuficiente de restaurações de compósitos ativadas por luz visível. Os autores aconselham que seja utilizada a técnica de inserção incremental, nunca excedendo 2 mm de espessura. Relatam ainda, a dificuldade de a luz polimerizadora atravessar camadas espessas de resina composta, principalmente nas cores escuras. A emissão efetiva de luz para uma polimerização adequada depende da intensidade de luz, distância entre a ponta ativa do aparelho e a superfície do material e do grau de dispersão de luz provocado pelas partículas orgânicas. O tempo de exposição à luz deve ser maior do que o tempo preconizado pelos fabricantes, pois geralmente os aparelhos fotopolimerizadores não apresentam as condições ideais de funcionamento. Os autores recomendam a utilização periódica de radiômetro para verificar o funcionamento do aparelho.

A interdependência da intensidade de luz e do tempo de exposição na cura dos compósitos, foi alvo de estudo para Rueggeberg; Caughman; Curtis Jr. em

1994. A partir de um corpo-de-prova cilíndrico, foram obtidas pequenas camadas de compósito, sendo essas camadas referentes a 0, 1, 2 e 3 mm de distância da fonte de luz. Para isto, utilizaram os compósitos Silux Plus (micropartículas - cores U e G) e P50 (híbrido - cores U e G), que foram polimerizados por uma unidade de luz adaptada em laboratório contendo filtros de densidade neutra para reduzir a emissão de luz. A intensidade de luz foi padronizada nos valores: 800, 578, 400 ou 233 mW/cm², sendo empregada nos tempos de exposição de 20, 40, 60 ou 80 segundos. O grau de polimerização foi determinado através de espectroscopia infravermelha após 24 horas de armazenamento à prova de luz. Baseados nos resultados obtidos, os autores concluíram que o tempo de exposição de 60 segundos deve ser recomendado para promover adequada polimerização, e a intensidade de luz deve ser de, no mínimo, 400 mW/cm². A técnica de inserção incremental não deve ultrapassar 2 mm por camada, apesar de 1 mm ser considerado ideal. Aparelhos com valores de intensidade de luz próximos ou abaixo de 233 mW/cm² devem ter sua lâmpada trocada.

Em 1995, Caughman; Rueggberg; Curtis Jr. publicaram uma revisão de literatura com finalidade de estabelecer normas para a obtenção de condições adequadas à polimerização das resinas compostas. Os autores atentaram para os sinais de degradação do bulbo, refletor da lâmpada halógena, bem como o cabo de fibra óptica. O superaquecimento pode ser minimizado se o ventilador estiver em boas condições e funcionar durante todo o ciclo de polimerização, sem interrupções. Um radiômetro deve ser utilizado periodicamente para medir a intensidade de luz e determinar o momento de se realizar a troca do bulbo ou outros consertos. Estas medições devem ser agendadas (semanal ou mensalmente) de acordo com a frequência de uso do aparelho. Foi recomendado que se utilize um aparelho que apresente intensidade de luz de, no mínimo, 280 a 300 mW/cm², com tempo de exposição de 60 segundos. Os autores relataram, também, fatores não inerentes ao aparelho, como o tamanho das partículas de carga, a cor do compósito e a espessura do incremento a ser polimerizado. Foi recomendado que os incrementos não devem ultrapassar 2 mm de profundidade, e, ao usar compósitos de cores mais escuras, diminuir a espessura desse incremento para 1 mm, afim de alcançar uma polimerização adequada. Para finalizar, estabelecem que a distância da ponta fotopolimerizadora até a superfície da restauração deve ser menor que 6 mm.

Adabo; Cruz; Zanarotti, em 1997, avaliaram o efeito da polimerização complementar em resinas compostas fotopolimerizadas. Corpos-de-prova foram confeccionados utilizando uma matriz circunferencial de aço inoxidável com uma cavidade de 5 mm de diâmetro por 2 mm de profundidade. Dois compósitos foram utilizados (Charisma e Z100) sendo submetidos a três técnicas de polimerização: T1 – fotopolimerização em aparelho Translux VL (Kulzer), por 60 segundos (grupo controle); T2- fotopolimerização como descrito em T1, com complementação em “*Light-Box*” (Kulzer), acoplado ao aparelho Translux por 7 minutos; T3- fotopolimerização de acordo com a técnica T1, com complementação em estufa para esterilização (Olidex) a 120°C por 7 minutos. Seis grupos de estudo foram obtidos (n=5), e, após 24 horas de armazenagem em água destilada a 37°C, foram submetidos ao teste de dureza *Vickers*, sob a carga de 100 gramas, durante 30 segundos. Os resultados mostram que a resina Z100 apresentou maior dureza superficial, quando comparada à resina Charisma e que a complementação da polimerização aumentou a dureza das resinas, independente da técnica (*light-box* ou estufa) utilizada, se mostrando mais efetiva na resina Charisma.

Com o objetivo de comparar a polimerização de compósitos, sendo uma híbrida (TPH - A2) e a outra de micropartículas (Silux Plus – cor universal) pelo teste de microdureza *Knoop*, em diferentes profundidades, Vargas; Cobb; Schmit, em 1998, realizaram um estudo *in vitro*, utilizando duas fontes de luz: laser argônio e lâmpada halógena convencional. Cinco corpos-de-prova de 3 mm de espessura, 3 mm de diâmetro e 8 mm profundidade foram confeccionados por grupo em matrizes retangulares de teflon. Os corpos-de-prova foram fotoativados por 40 segundos com a luz halógena ou por 10, 20 e 30 segundos com o laser argônio, sendo em seguida armazenados à prova de luz, a 37°C. Os valores de dureza foram medidos após 24 horas, nas profundidades de 0, 1, 2, 3 e 4 mm. A resina híbrida polimerizou mais efetivamente e numa maior profundidade que a microparticulada, com qualquer das fontes luminosas. A luz convencional, com o tempo de exposição de 40 segundos, produziu efeito comparável ao do laser argônio em 30 segundos, para resinas microparticuladas, e 20 segundos, para híbridas. Isto representa uma economia de tempo de 30-50% na fotoativação em uma profundidade de 2 mm. Porém, a uma profundidade de 4 mm, a lâmpada convencional, a 40 segundos, resultou em valores

mais altos que o laser argônio, a 20 segundos. Quando o tempo de exposição com o laser foi de 10 segundos, o compósito estava sem dureza suficiente para a leitura no microdurômetro.

Vieira *et al.*, em 1998, avaliaram cinco diferentes aparelhos fotopolimerizadores, com a intenção de analisar a irradiação por eles emitida. Utilizando um método composto por espectrofotômetro, monocromador e uma óptica adequada, analisaram a transmitância dos filtros, as características da fonte de radiação de luz (lâmpada) e o desempenho das ponteiros. Concluíram que os aparelhos emitem energia na faixa de comprimento de onda adequada - 350 a 530 nm, e que a concentração maior de energia ocorre na faixa de 430 a 470 nm. Por ordem decrescente de intensidade de luz, os aparelhos testados foram: Optilight, Ultralux, Optilux, XL1500 e Translux.

Correr Sobrinho *et al.*, no ano de 2000, realizaram um estudo para verificar a influência da distância da ponta polimerizadora sobre a dureza *Knoop*, em diferentes profundidades, de duas resinas compostas: Z100 e Silux Plus. Os corpos-de-prova, medindo 5 mm de diâmetro por 2,5 mm de profundidade, foram preparados em matriz metálica, cobertos com tira de celulose, com a ponta polimerizadora colocada nas seguintes distâncias da superfície das amostras: 0, 6 e 12 mm. Foi utilizado o aparelho XL3000, com intensidade de luz de 750 mW/cm^2 , por 40 segundos de exposição. Após confecção dos corpos-de-prova, estes foram seccionados em seu eixo vertical e as medidas de dureza avaliadas em vários pontos ao longo da amostra. A partir da análise estatística dos resultados, observou-se que: na resina composta Z100, quanto maior a distância da ponta fotoativadora, menores os valores de dureza *Knoop*; para a resina composta Silux Plus, o aumento da distância da ponta fotopolimerizadora não alterou significativamente os valores de dureza *Knoop*, entretanto, nas distâncias de 6 e 12 mm as porções mais profundas mostraram menores durezas quando comparadas àquelas da superfície; a resina composta Z100 foi estatisticamente superior ao Silux Plus nas três distâncias da ponta fotoativadora, em todas as profundidades avaliadas.

Com o objetivo de avaliar a microdureza do compósito Charisma na cor A3 em função de três fontes de luz e diferentes profundidades, Machado, em 2000,

confeccionou 15 corpos-de-prova, utilizando uma matriz metálica cilíndrica, contendo uma cavidade de 4 mm de diâmetro por 5 mm de profundidade. O compósito foi inserido na cavidade em um único incremento, sendo, cada grupo de 15 corpos-de-prova fotoativado por uma das fontes em estudo: o aparelho Curing Light 2500, com intensidade de luz entre 700 e 800 mW/cm² e tempo de exposição de 40 segundos; o aparelho Kreative Curing Light, com intensidade de luz entre 800 e 1000 mW/cm² e tempo de exposição de 10 segundos; o aparelho Apollo 95E, com intensidade de luz superior a 1000 mW/cm² e tempo de exposição de 6 segundos. Os corpos-de-prova foram armazenados num recipiente a prova de luz, sob uma temperatura de 37°C, durante 24 horas. Após este período, foram submetidos ao teste de microdureza *Vickers*. Baseada nos resultados obtidos, a autora concluiu que os aparelhos levaram a diferentes valores na dureza do compósito, sendo o aparelho Curing Light 2500 o responsável pelos maiores valores, e o aparelho Apollo 95E, pelos menores. Com relação à profundidade, o 3º mm apresentou os menores valores de dureza *Vickers*, enquanto o 1º mm obteve os maiores resultados. Pôde ainda concluir que, quanto maior for a espessura do material utilizado, menores são os valores de microdureza encontrados, e, por conseqüente, a capacidade de polimerização.

O objetivo do estudo de Pereira; Porto; Mendes, em 2000, foi analisar a relação da dureza superficial de uma resina composta híbrida com relação à intensidade de luz, cor, tempo de exposição e profundidade do material, com o propósito de investigar um ponto de estabilização da dureza em função da variação da intensidade de luz. Matrizes de poliacetato contendo uma cavidade padronizada foram preenchidas com o compósito selecionado (Charisma A1 e C4), totalizando 144 corpos-de-prova. O aparelho fotopolimerizador CU-100R foi conectado ao autotransformador variável Auje Ltda., com a finalidade de produzir 12 valores de intensidade de luz, variando entre 300 e 700 mW/cm². Os tempos de exposição de 40 e 60 segundos foram utilizados no processo de fotopolimerização com cada cor do material e cada valor de intensidade de luz. Após o período de armazenamento, os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de dureza *Vickers* a cada milímetro do material, até a profundidade padronizada de 4 mm. De acordo com os resultados obtidos, concluíram que a intensidade de luz influenciou a dureza superficial da resina composta, pois os maiores valores de dureza foram obtidos pelas

intensidades mais elevadas. Sugeriram, portanto, que os aparelhos fotopolimerizadores apresentem intensidade de luz mínima de 400 mW/cm^2 para serem capazes de promover adequada polimerização de incrementos de 2 mm de resina composta, associada ao tempo de exposição de 40 segundos.

Realizando uma comparação entre dois aparelhos de alta intensidade do tipo pistola (Optilight e XL1500), e um aparelho de baixa intensidade a cabo (Fibralux), Santos *et al.*, em 2000, avaliaram o grau de polimerização do compósito Z100, na cor A2. Os corpos-de-prova foram confeccionados numa matriz de poliacetato com 6 mm de profundidade, 4 mm de largura e 3 mm de altura, e fotoativados pelos tempos de 20 e 40 segundos. Para os testes foi utilizado o penetrador de *Knoop* com 50 gramas de carga, pelo tempo de 45 segundos, realizando a medida nos 4 primeiros milímetros de profundidade. Com base nos resultados obtidos, os autores concluíram que: para o tempo de 40 segundos de fotoativação, a microdureza obtida foi maior para os três aparelhos do que a fotoativação por 20 segundos; os aparelhos tipo pistola promoveram maiores valores de dureza que o tipo cabo, sendo que o aparelho XL1500 no tempo de 40 segundos induziu maiores valores de microdureza que o Optilight II; as profundidades de 1, 2, 3 e 4 diferiram estatisticamente entre si, sendo a microdureza maior nas menores profundidades.

Em 2000, Seabra realizou um trabalho com o objetivo de avaliar a profundidade de polimerização de resinas condensáveis. As resinas testadas foram Alert, Solitaire e Surefil, e a resina Z100, que é uma resina híbrida, foi utilizada como controle. Uma matriz cilíndrica de teflon branco com 1 mm de espessura por 0,5 cm de diâmetro foi empregada na obtenção dos corpos-de-prova. Uma lamínula de 0,2 milímetro de espessura foi interposta entre a matriz e a fonte de luz (XL 2500), sendo, em seguida, realizada a polimerização por 40 ou 80 segundos, com ou sem uma faceta de esmalte de 1,6 milímetro de espessura. Cinco corpos-de-prova foram confeccionados para cada condição. Imediatamente após a fotoativação, a porção do corpo-de-prova que não sofreu polimerização foi raspada com um instrumento cortante manual. Um dispositivo especial com adaptação de um instrumento rotatório/broca de aço esférica nº 8, foi utilizado para determinar a extensão da polimerização. A superfície oposta à fonte de luz foi considerada polimerizada quando a penetração da broca alcançava resistência semelhante àquela da

superfície voltada para a fonte de luz correspondendo a, aproximadamente, 75 unidades de dureza *Barcol*. O seguimento entre as duas superfícies foi medido com um espessímetro, obtendo-se a profundidade de polimerização para os diferentes materiais. Os resultados mostraram que a interposição do esmalte e o tempo de exposição à luz interferem na profundidade de polimerização, podendo afetar o grau de polimerização mínimo estabelecido pelos fabricantes.

Preocupados com a possível indução que as matrizes experimentais poderiam exercer sobre os resultados de microdureza em testes *in vitro*, Turbino; Santos; Matson, em 2000, avaliaram o efeito de duas matrizes (uma branca e outra preta) de polipropileno, utilizadas para testes com resinas compostas. Foram confeccionados corpos-de-prova de 3 mm de profundidade com o compósito Z100, na cor A2, sendo polimerizados com o aparelho XL1500 por 40 segundos, pela técnica incremental, de 1 em 1 mm, ou em incremento único, de 3 mm. As medidas de microdureza *Knoop* eram obtidas com carga de 25 gramas por 45 segundos. Utilizando a matriz preta, os valores de microdureza foram menores que os obtidos com a matriz branca. Entre as técnicas de inserção e polimerização, a técnica do incremento único induziu a menores graus de polimerização para as duas cores de matriz.

Sabendo que a profundidade da cavidade e o tempo de exposição a diferentes fontes de luz podem alterar as propriedades dos compósitos, Yap, 2000, observou que compósitos não devem ser colocados em incrementos maiores que 2 mm, para que se obtenha uma polimerização máxima e uniforme. Para isso, utilizaram as resinas Ariston pHc e Surefil na cor A2, que foram colocadas em matrizes translúcidas contendo cavidades cilíndricas de 2 a 4 mm de profundidade por 5 mm de diâmetro. Os corpos-de-prova foram, então, polimerizados por 40 segundos, com o aparelho Spectrum Curing Light. A intensidade de luz foi conferida antes de cada sessão experimental, atingindo o valor médio de $421,33 \pm 1,5$ mW/cm². Imediatamente após esta etapa, o teste de dureza *Knoop* foi realizado no topo e fundo, sob a carga de 500 gramas e tempo de 15 segundos. Novos corpos-de-prova foram, então, polimerizados pelo tempo de 20 segundos por incremento, até que se chegasse a 120 segundos no topo do compósito. As leituras das durezas de topo e fundo foram feitas a cada incremento. Os autores concluíram que, para os

compósitos avaliados, os incrementos não devem ultrapassar 2 mm de espessura, para se obter uma polimerização completa e uniforme; o aumento da profundidade da cavidade foi inversamente proporcional à efetividade da polimerização para todos os tempos de exposição; e o aumento no tempo de exposição resultou em maiores valores de dureza nas cavidades de 3 e 4 mm.

O objetivo do estudo de Cunha *et al.*, em 2001, foi verificar a influência de quatro métodos de fotoativação sobre a dureza *Knoop* de cinco compósitos: Z100, Solitaire, TPH, Alert e Wave. Para isto, corpos-de-prova cilíndricos (n=5) foram preparados em uma matriz bipartida (3 mm de diâmetro e 5 mm de profundidade) e fotoativados por quatro diferentes métodos: luz contínua (520 mW/cm² por 40 segundos); dupla intensidade de luz (150 mW/cm² por 10 segundos, seguido por 520 mW/cm² por 30 segundos); luz pulsátil (520 mW/cm² por 60 segundos) e arco de plasma de xenônio (2300 mW/cm² por 3 segundos). Após 24 horas de armazenamento a 37°C, foi realizada a leitura da dureza *Knoop*, num microdurômetro Tester FM, com carga de 50 gramas por 30 segundos. Os resultados mostraram que a dureza na região de superfície foi maior que a dureza nas profundidades de 1,5 mm, 2,5 mm, 4 mm e região de fundo, independente do tipo de compósito e método de fotoativação. Os métodos de ativação por luz contínua e dupla intensidade de luz não diferiram entre si, porém, foram superiores aos métodos de fotoativação por luz pulsátil e por arco de plasma de Xenônio, independente da profundidade e do compósito. O compósito Z100 obteve o mais alto valor de dureza, seguido pelos compósitos Alert, TPH, Solitaire e Wave.

Medeiros, em 2001, verificou a viabilidade de um dispositivo à base de LEDs azuis, executando-se uma análise comparativa com o aparelho de polimerização convencional e o laser de argônio. Foram executados testes de microdureza *Vickers* em espécimes de resina composta de diferentes espessuras, expostos a diferentes tempos de irradiação. Também foi executado o teste de análise térmica, com resolução temporal, durante o processo de exposição à luz para polimerização com finalidade de verificar a variação térmica pulpar em terceiros molares recém-extraídos. Em seguida, determinou-se a variação das propriedades de microdureza e resistência à tração diametral, após armazenagem em alguns agentes químicos encontrados na cavidade oral. Os resultados mostraram que o dispositivo à base de

LEDs apresentava-se viável para polimerização de compósitos dentais com algumas vantagens em relação a outras fontes de luz utilizadas para esta finalidade.

Ainda no ano de 2001, Pereira; Porto; Mendes investigaram a influência de diferentes condições de polimerização sobre a dureza superficial de uma resina composta híbrida fotopolimerizável. As condições estudadas foram: três sistemas fotopolimerizadores associados a diferentes tempos de exposição à luz, duas cores da resina composta Charisma e quatro profundidades do material. Os aparelhos CU-100R e KM-200R foram acionados por períodos de 40 e 60 segundos de exposição à luz, enquanto que o aparelho Kuring Light foi ativado por 10 segundos em três estágios: normal (800 mW/cm^2), *boost* (920 mW/cm^2) e *ramp* (0 a 700 mW/cm^2). Os valores de intensidade de luz foram registrados pelo radiômetro digital Cure Rite. Matrizes de teflon, contendo uma cavidade interna de 7 mm de profundidade, 4 mm de comprimento e 3 mm de largura, foram preenchidas com a resina composta selecionada nas cores A1 e C4. Após o procedimento de fotopolimerização, os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de dureza *Vickers* com três impressões em cada milímetro de profundidade do material, totalizando 4 mm. De acordo com os resultados, os autores concluíram que o tempo de exposição à luz de 10 segundos, mesmo associado à alta intensidade de luz, não foi suficiente para promover a completa polimerização do compósito.

Para avaliar a influência da técnica de ativação e de inserção da resina composta sobre a infiltração marginal e microdureza em restaurações de classe II, Amaral *et al.*, 2002, prepararam 180 cavidades, que foram divididas em 6 grupos ($n=30$): G1 – incremento único + ativação convencional; G2 – incrementos vestibulo-linguais + ativação convencional; G3- incremento único + ativação *soft start*; G4- incrementos vestibulo-linguais + ativação *soft start*; G5- incremento único + ativação progressiva; e G6- incrementos vestibulo-linguais + ativação progressiva. Todas as cavidades foram restauradas com o sistema Z100 + Single Bond. Após termociclagem, os espécimes foram imersos em solução aquosa de azul de metileno a 2%, por 4 horas e a microinfiltração foi avaliada. Metade dos espécimes foi incluída em resina de poliestireno e a microdureza *Knoop* foi avaliada sob carga de 25 gramas durante 20 segundos. Foi concluído que as técnicas de ativação e inserção

da resina composta não afetaram a microinfiltração, mas ocorreu uma redução na microdureza do material quando a ativação progressiva foi utilizada.

A dureza superficial, a contração de polimerização e a rugosidade de 29 resinas compostas foram o objeto de estudo de Carvalho Jr., em 2002. Foi utilizado o aparelho XL1500. Para o teste de dureza, foram confeccionados três corpos-de-prova para cada material, com tempo de polimerização total de 80 segundos, sendo a leitura de dureza de topo Rockwell 30T, com carga de 30 gramas, realizada logo após 5 minutos; os espécimes foram então armazenados em água deionizada a 37°C por 168 horas (uma semana), quando, então, uma nova leitura foi realizada. Para a avaliação de contração de polimerização, cinco corpos-de-prova foram confeccionados para cada material, com fotopolimerização por 40 segundos. Após 10 minutos, removia-se o corpo-de-prova da matriz, e era realizada a medida inicial de contração. Em seguida armazenava-se por 168 horas até que nova medida fosse realizada, para determinar a contração final da resina. Os mesmos corpos-de-prova utilizados nos testes de dureza, após desgaste com lixas de papel até a de nº 1500, foram levados ao rugosímetro. Concluiu-se que todas as resinas mostraram aumento de dureza após as 168 horas. No geral, as que apresentaram melhores resultados foram a P60 e Z100, enquanto que as de pior desempenho foram a Solitaire e a Helioprogess.

Martins *et al.*, em 2002, avaliaram a influência da intensidade de luz e cor de uma resina composta no grau de dureza *Knoop*. Para isto, corpos-de-prova foram confeccionados em matrizes de poliéster envoltas por um anel de cobre, contendo uma cavidade de 6 mm de diâmetro por 2 mm de profundidade. As cavidades foram preenchidas pelo compósito Fill Magic, com as cores A3, B3, C3, D3 e I, e fotopolimerizadas através do aparelho Elipar Trilight, calibrado para emitir três intensidades de luz diferentes: 450 mW/cm², 800 mW/cm² e uma intensidade de luz crescente de 100 a 800 mW/cm². Após a fotopolimerização por 40 segundos, os corpos-de-prova foram acondicionados em tubos de ensaio contendo água destilada e separados segundo a cor e intensidade de luz (n=6), sendo armazenados na estufa a 37°C por 24 horas. O teste de microdureza foi realizado nas regiões de topo e fundo, sob uma carga de 100 gramas durante 10 segundos, perfazendo 10 indentações em cada amostra (cinco na superfície de incidência da luz e cinco na

região oposta). Os resultados mostraram que houve diferença estatística em relação à intensidade de luz, entretanto, em relação à cor, não houve diferença. A intensidade progressiva promoveu os melhores resultados de microdureza *Knoop*.

Para avaliar a profundidade de polimerização de três fontes de luz (Halógena, Laser de Argônio e LEDs) sobre uma resina composta, pela técnica transdental, Rastelli, em 2002, confeccionou corpos-de-prova cilíndricos de 2 mm de profundidade e 4 mm de diâmetro. Com a resina Charisma (A2), foram preparados cinco corpos-de-prova para cada situação diferente, sendo: I – Fonte de luz halógena utilizada pelos tempos de exposição de 20 e 40 segundos, para as espessuras de 0 (grupo controle); 1,2 mm; 1,5 mm e 2,0 mm de faceta de estrutura dental, II – Fonte de luz de Laser Argônio utilizada pelos tempos de 20 e 40 segundos, para as espessuras de 0 (grupo controle); 1,2 mm; 1,5 mm e 2,0 mm de faceta de estrutura dental e III – Fonte de luz à base de LEDs utilizada pelos tempos de exposição de 20, 40 e 60 segundos, para as espessuras de 0 (grupo controle); 1,2 mm; 1,5 mm e 2,0 mm de faceta de estrutura dental. Após 24 horas de armazenagem, procedeu-se ao teste de microdureza *Vickers*, no topo e fundo. Concluiu-se que: quanto maior a espessura da faceta dental, menor a dureza do compósito, independente da fonte de luz utilizada; quanto maior o tempo de exposição, e mais próximo da fonte de luz, maiores os valores de dureza; a fonte de luz halógena promoveu profundidade de polimerização mais adequada, enquanto que a fonte à base de LEDs ocasionou os menores valores de microdureza.

Em 2003, Blazzio *et al.* realizaram uma pesquisa e observaram que vários fatores podem alterar a intensidade de luz emitida pelo aparelho fotopolimerizador. Para que isto fosse possível, os autores avaliaram, através de um radiômetro (CL 150), 170 aparelhos fotoativadores utilizados em meio acadêmico e em clínicas particulares. Em cada aparelho, foram feitas duas leituras de 20 segundos cada, sendo o valor registrado 10 segundos após o início da irradiação da luz. Todos os entrevistados responderam a um questionário onde foram anotados a marca e tipo de aparelho, ano de aquisição, frequência de uso, realização de manutenções, assim como a intensidade de luz considerada ideal para polimerização e o tempo de polimerização utilizado. Foi, também, pesquisada a influência da distância entre o fotopolimerizador e o radiômetro em relação à intensidade de luz. Para isso, foi

utilizada uma régua milimetrada a fim de padronizar o distanciamento. Verificou-se a intensidade de luz com as distâncias de 0, 1 e 2 cm entre a ponteira do fotopolimerizador e o receptor do radiômetro. Os autores concluíram que é importante a presença de um radiômetro no consultório odontológico, e análise periódica das lâmpadas, filtros e fibras ópticas do aparelho fotoativador. O tempo de polimerização indicado pelo fabricante é o tempo mínimo, assumindo-se que todas as outras variáveis não interfiram, assim, não há prejuízo para a restauração em aumentar o tempo de polimerização, pelo contrário, é garantia de maior fidelidade de cura. A distância da ponteira óptica ao material polimerizado deve ser a mais curta possível. Quanto maior a distância, mais luz dissipada, devendo, assim, aumentar o tempo de polimerização. Para finalizar, os autores relatam que os Cirurgiões-dentistas não têm conhecimento da intensidade de luz gerada através dos aparelhos de fotopolimerização.

O objetivo do estudo de Campregher, em 2003, foi avaliar a eficácia de três aparelhos fotopolimerizadores comerciais que utilizam o LED como fonte de luz (Elipar FreeLight, UltraLume-LED2 e Single V) na polimerização do compósito Z250, cor A3, através das propriedades: microdureza *Knoop*, profundidade de polimerização e resistência flexural. Um aparelho fotopolimerizador convencional de lâmpada halógena XL2500 foi utilizado como controle. O tempo de polimerização adotado foi de 20 segundos. Para o ensaio de microdureza foram confeccionados 10 corpos-de-prova cilíndricos com 8 mm de diâmetro e 2 mm de profundidade para cada aparelho fotopolimerizador. A microdureza foi medida 24 horas após a confecção dos corpos-de-prova, que ficaram armazenados em ambiente seco e protegidos da luz. Para o ensaio de profundidade de polimerização foram confeccionados três corpos-de-prova cilíndricos com 4 mm de diâmetro e 6 mm de profundidade para cada aparelho fotopolimerizador. O ensaio foi realizado imediatamente após a polimerização do compósito. Para o ensaio de resistência flexural foram confeccionados 5 corpos-de-prova com 25 mm de comprimento, 2 mm de profundidade e 2 mm de largura para cada aparelho fotopolimerizador. A resistência flexural foi medida 24 horas após a polimerização do compósito e armazenagem dos corpos-de-prova em água destilada a 37°C. Os valores de microdureza obtidos com os três fotopolimerizadores com LED não mostraram diferença entre si e foram superiores aos obtidos com o aparelho convencional. Para

o ensaio de profundidade de polimerização, os valores obtidos com o aparelho Single V foram superiores aos do aparelho convencional, enquanto os obtidos pelos outros dois aparelhos não apresentaram diferenças significativas entre si e o convencional. Para o ensaio de resistência flexural, não houve diferença entre os valores obtidos pelos três aparelhos com LED e o aparelho convencional.

Em 2003, Delgado *et al.* compararam o efeito de três aparelhos fotoativadores sobre a microdureza *Vickers* da resina composta Z250 na cor B0,5. Os aparelhos testados foram: Curing Light 2500 (775 mW/cm²), Elipar Freelight 2 (609 mW/cm²) e Ultra Lume LED 2 (818 mW/cm²). Para a confecção dos corpos-de-prova (n=5) foram utilizadas matrizes metálicas contendo uma cavidade interna com 5 mm de diâmetro e 2 mm de profundidade. Após a polimerização dos corpos-de-prova por 40 segundos, estes foram armazenados em recipiente escuro, pelo tempo de 24 horas. Decorrido este tempo, procedeu-se ao teste de dureza *Vickers* no microdurômetro MMT-3, com carga de 50 gramas durante 30 segundos, para cada impressão. Para cada superfície do corpo-de-prova, realizaram-se quatro impressões no topo e quatro no fundo. De acordo com os resultados obtidos, concluíram que o compósito testado apresentou maiores valores de dureza no topo quando ativado pelo Curing Light 2500, enquanto que os maiores valores de dureza de fundo foram encontrados tanto no grupo do Curing Light 2500, quanto no LED Elipar FreeLight 2.

Faria realizou um estudo em 2003 avaliando a microdureza de topo e fundo de três resinas compostas - FillMagic, Esthet X e a Z250 - utilizando um único aparelho fotopolimerizador - Ultralux. Foram utilizados 3 tempos de polimerização: o preconizado pelo fabricante de cada resina e dois outros tempos, sendo 50% maior do que o tempo de exposição preconizado pelo fabricante e 50% menor. Na confecção dos corpos-de-prova, foram utilizadas duas matrizes de teflon, compostas de uma cavidade com 3 mm de diâmetro por 2 mm de profundidade, e 3 mm de diâmetro por 3 mm de profundidade. Foram confeccionados 90 corpos-de-prova, sendo 30 para cada resina, 15 para a espessura de 2 mm e 15 para a espessura de 3 mm. Cada grupo de 15 corpos-de-prova foi subdividido em 3 grupos de 5, e polimerizados com os tempos de exposição diferentes, pré-estabelecidos. Após polimerizados, foram envoltos em papel alumínio e armazenados em recipiente escuro, para evitar exposição à luz, e posteriormente, foram armazenados por 24

horas em estufa a $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Logo após, foram levados ao aparelho de dureza Shimadzu Micro Hardness Testers, equipado com diamante *Vickers* e carga de 300 gramas durante um tempo de 15 segundos. Foram obtidas três leituras no topo e três no fundo de cada corpo-de-prova, num total de seis leituras para cada corpo-de-prova, obtendo-se, através da média aritmética, a dureza de cada superfície. Baseado nos resultados obtidos, o autor concluiu que o tempo de exposição preconizado pelo fabricante de todas as resinas testadas não é o que apresenta o melhor valor de dureza; o aumento do tempo de exposição melhora a dureza das resinas e uma diminuição no tempo reduz a dureza, sendo que a Esthet X e a Z250 não apresentaram diferença estatística entre si; a dureza de topo de todas as resinas se mostrou maior do que a dureza de fundo, e o tamanho do incremento interferiu na dureza das resinas, obtendo-se melhores resultados com 2 mm de espessura.

Para avaliar o desempenho de diferentes aparelhos fotopolimerizadores, Machado, em 2003, utilizou três tipos de aparelhos: um de luz halógena (XL3000) e dois à base de LEDs (Ultraled e Elipar Freelight), para polimerizar uma única resina composta (Charisma A3). Foram confeccionados cinco corpos-de-prova para todos os aparelhos, com o tempo de exposição de 40 segundos e com tempo de exposição de 20 segundos apenas para os aparelhos XL3000 e Elipar Freelight. Todos os corpos-de-prova foram confeccionados em uma matriz metálica cilíndrica contendo uma cavidade com 4 mm de diâmetro e 5 mm de profundidade, preenchidas com incremento único de resina, e polimerizadas com os tempos estabelecidos. As amostras foram, então, envoltas com papel alumínio e armazenadas por 24 horas à temperatura de $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, em um recipiente à prova de luz, e logo após, submetidas ao teste de dureza. Com auxílio de uma régua milimetrada e uma lamina de bisturi nº 15, foi traçada uma linha no sentido do longo eixo do corpo-de-prova, e em seguida, o mesmo foi dividido a cada milímetro e levado ao aparelho de dureza. A leitura da dureza *Vickers* foi realizada com uma carga de 300 gramas durante o tempo de 15 segundos, sendo realizadas seis impressões por milímetro, até a profundidade padronizada de 3 mm. De acordo com os resultados, a autora conclui que: o XL3000 apresentou melhor desempenho clínico com 40 segundos de exposição; os aparelhos XL3000 e Elipar Freelight não apresentaram diferença significativa no grau de polimerização para as profundidades

de 1, 2 e 3 mm com 20 segundos de exposição; com relação à profundidade, para todos os aparelhos e tempos de exposição testados, a de 3 mm apresentou menor valor de dureza, enquanto a profundidade de 1 mm apresentou maior valor, ficando a de 2 mm em posição intermediária a essas médias.

Ainda em 2003, Obici realizou um estudo objetivando avaliar técnicas de fotopolimerização, empregando-se: I- luz contínua (800 mW/cm^2 – 40 segundos); II- luz exponencial ($0\text{-}800 \text{ mW/cm}^2$ – 40 segundos); III- dupla intensidade de luz (150 mW/cm^2 - 10 segundos e 650 mW/cm^2 - 30 segundos); IV- luz intermitente (600 mW/cm^2 - 2 segundos; 2 segundos sem luz - 80 segundos); V- Arco de Plasma de Xenônio - PAC (1320 mW/cm^2 – 3 segundos); VI- Luz Emitida por Diodo - LED 1 (100 mW/cm^2 – 40 segundos), e; VII- LED 2 (350 mW/cm^2 – 40 segundos). Visando o melhor entendimento dos métodos de fotoativação sobre as propriedades finais dos compósitos restauradores odontológicos a pesquisa foi dividida em cinco trabalhos. O primeiro trabalho avaliou a profundidade de polimerização e a dureza *Knoop* do compósito P60, cor A3, quando fotoativado pelos métodos I, II, IV e VI. A maior profundidade de polimerização foi obtida com o método de luz intermitente, seguido pela luz contínua, luz exponencial, PAC e LED1. Até a profundidade de 2 mm todas as técnicas mostraram valores de dureza similar, porém, nas outras profundidades houve diferenças, sendo que o LED1 apresentou os menores valores, seguido pelo PAC. O segundo trabalho investigou o grau de conversão do compósito Z250, cor A3, fotoativado pelos métodos I – VI, dois períodos de armazenagem (24 horas e 20 dias) e duas técnicas de preparo dos corpos-de-prova para FTIR (filme fino de compósito e pastilha com brometo de potássio). O grau de conversão não foi estatisticamente afetado pelos diferentes métodos de fotoativação ou períodos analisados, porém a técnica de preparação do corpo-de-prova alterou significativamente os valores do grau de conversão. O terceiro trabalho investigou o grau de conversão, através da espectroscopia FTIR, do compósito Z250 (cor A3) em diferentes profundidades, usando seis métodos de fotoativação (I – V e VII). Os resultados mostraram que não houve diferenças entre os métodos para a superfície e nas profundidades de 1 e 2 mm. Para as regiões mais profundas, o PAC obteve os piores resultados e o LED2 os melhores. O quarto trabalho avaliou o grau de conversão e a dureza *Knoop* do compósito Z250 (cor A3), utilizando todos os sete métodos de fotoativação anteriormente mencionados. Não houve diferença no grau

de conversão entre os métodos considerados. Contudo, para a dureza *Knoop*, os maiores valores foram obtidos para a luz contínua, luz intermitente, luz exponencial e LED2, seguido pelo PAC e, com os menores valores, o LED1. Finalmente, o quinto trabalho avaliou as propriedades mecânicas de resistência à compressão, tração diametral, flexão e o módulo de elasticidade do compósito Z250, cor A3, fotoativado por seis métodos (I – V e VII). Os maiores valores para resistência à compressão foram obtidos com luz contínua, luz exponencial, luz intermitente e dupla intensidade de luz, seguidos pelo PAC e LED2. Para a resistência à tração diametral, LED2, dupla intensidade de luz, PAC, luz exponencial e luz contínua mostraram os maiores valores, enquanto o menor foi encontrado para a luz intermitente, que diferiu apenas do LED2. Os valores para a resistência à flexão não foram diferentes entre si para os métodos considerados. Os maiores valores para o módulo de elasticidade foram obtidos para LED2, luz exponencial, luz contínua e luz intermitente, enquanto PAC e dupla intensidade de luz alcançaram os menores valores. A partir deste trabalho foi possível concluir que a profundidade de polimerização e as propriedades mecânicas, exceto a resistência à flexão, são significativamente afetadas pelo método de fotoativação empregado. Por outro lado, o grau de conversão, em profundidade de até 2 mm e a resistência à flexão não são significativamente afetados pela técnica de fotoativação.

O objetivo do estudo de Peris, 2003, foi avaliar a influência das técnicas de fotoativação - Convencional, Soft-start, Pulso atrasado e Turbo com arco de plasma de Xenônio - na microdureza *Knoop* de duas resinas compostas. Para a confecção dos corpos-de-prova foram utilizadas as resinas compostas microhíbrida Z250 e de alta viscosidade, Surefil, inseridas em incremento único em matrizes cilíndricas de acrílico com profundidades de 2, 4 e 6 mm. Foram obtidos 24 grupos experimentais, com 10 amostras cada. Os corpos-de-prova foram fotoativados com as seguintes técnicas: Convencional - 839 mW/cm² por 40 segundos; Soft Start - 65 mW/cm² por 10 segundos + 500 mW/cm² por 30 segundos; Pulso atrasado - 262 mW/cm² por 3 segundos + 5 minutos de espera + 500 mW/cm² por 30 segundos e arco de plasma de Xenônio - 1485 mW/cm² por 3 segundos (Z250) e 6 segundos (Surefil). Vinte e quatro horas após a fotoativação, foi realizado o teste de microdureza *Knoop* no topo e fundo de cada corpo-de-prova. As médias de dureza demonstraram diferença estatística significativa entre as técnicas de fotoativação. A técnica convencional

proporcionou a maior dureza, quando comparada às demais, independente da resina composta utilizada, da altura e da superfície avaliada. Contrariamente, a técnica arco de plasma de Xenônio, por sua vez, apresentou os menores valores de dureza. Quando as duas resinas compostas foram comparadas, observou-se que a microhíbrida apresentou dureza estatisticamente maior. Notou-se, também, que as médias de dureza reduziram significativamente, à medida que a altura dos corpos-de-prova aumentava. Logo, foi possível concluir que: a técnica convencional mostrou-se mais eficiente na polimerização das resinas compostas avaliadas; não se deve utilizar incrementos acima de 2 mm para não comprometer a profundidade de polimerização.

Para avaliar, por meio de espectroscopia de fluorescência, a difusão de um corante orgânico em resinas compostas em função dos fatores: tipo de resina, fonte de luz, tempo de polimerização e tempo de imersão no corante, em 2004, Andrade utilizou uma fonte de luz Halógena – Optilight Digital – e uma fonte à base de LEDs – LEC 470 II – nos tempos de exposição de 40 e 60 segundos. Os compósitos selecionados para o experimento foram Filtek A110, Z100 e P60, e tiveram três tempos de imersão em Rodamina 6G a 0,1% em etilenoglicol: 0, 24 e 48 horas. Cada subgrupo possuía cinco amostras de 4 mm de diâmetro por 4 mm de profundidade. A difusão de corante orgânico aumenta progressivamente em direção às regiões menos polimerizadas da resina. Os resultados mostraram que a resina Z100 obteve menores valores de difusão do corante que as demais, assim como a polimerização com lâmpada halógena, e também quanto maior o tempo de imersão.

Mazur *et al.*, também em 2004, avaliaram 153 aparelhos fotopolimerizadores da Clínica Odontológica da PUC-PR, sendo eles: Optilight 600 e Ultralux Eletronic. Para medir a intensidade de luz emitida pelos aparelhos, utilizou-se um radiômetro analógico da marca Gnatus. Foram realizadas duas leituras de 20 segundos, com um intervalo de 10 segundos entre as aferições, para cada aparelho. Foi considerada a média entre os dois valores de intensidade de luz. Foram encontrados valores variando entre 100 mW/cm² e 1000 mW/cm². Os autores concluíram que existem diferenças significantes na intensidade de luz gerada pelos diversos aparelhos, sendo que 50,7% desses aparelhos se apresentaram fora do índice

considerado ideal, demonstrando a necessidade de aferições mais constantes, buscando restaurações de resinas compostas mais eficientes.

O estudo de Tsai; Meyers; Walsh em 2004, examinou a profundidade de polimerização e a microdureza de superfície de um único compósito - Z250 - nas cores A3, B1 e C4, quando fotopolimerizado por três aparelhos à base de LEDs. Para isto, utilizaram os aparelhos E-light, Elipar Freelight e 475H, comparando-os a um aparelho halógeno convencional (Sirona S1 dental unit) e a um aparelho halógeno de alta intensidade (Kerr Demetron Optilux 501). O compósito foi inserido em uma matriz cilíndrica de alumínio, com diâmetro de 2,5 mm e 10 mm de profundidade. Os corpos-de-prova eram, então, confeccionados para cada fonte luminosa, pelo tempo padrão de 40 segundos, com a ponta do aparelho distando 0,5 mm da superfície da resina composta. Imediatamente após a irradiação, o material não polimerizado era removido com o auxílio de uma espátula e a altura do cilindro de resina era mensurada através de um micrômetro eletrônico. Esta mensuração foi realizada três vezes em cada corpo-de-prova, para todas as cores, e a média dos três valores era registrada como a profundidade de cura. Para o teste de microdureza, apenas a cor A3 (n=10) foi utilizada. A leitura da dureza *Vickers* foi realizada em cada milímetro de profundidade. Como resultado, os autores encontraram que os compósitos fotoativados pelos dois aparelhos à base de luz halógena alcançaram maiores profundidades de cura, enquanto que os LEDs propiciaram resultados semelhantes entre si. Em termos de cores, os LEDs, obtiveram melhor profundidade de cura com a cor A3, do que as demais testadas, enquanto que para os aparelhos halógenos, a cor C4 obteve maior profundidade de polimerização. A microdureza de topo não diferiu estatisticamente para os dois grupos de aparelhos testados, porém, à medida que se aprofundava, a microdureza decresceu bastante para os LEDs, especialmente em profundidades a partir de 3 mm.

Uhl *et al.*, em 2004, avaliaram o processo pós polimerização, para verificar se este poderia compensar as propriedades mecânicas inferiores ocasionadas quando do uso de LEDs. Para isto, os autores utilizaram uma lâmpada halógena (Elipar Trilight) e outra à base de LED (protótipo LED63) para polimerizar os corpos-de-prova. Os compósitos utilizados foram Z100, Spectrum TPH, Definite e Solitaire2. Os

dois primeiros compósitos contêm em sua composição apenas canforoquinona como fotoiniciador, enquanto que os dois últimos, em adição à canforoquinona, contêm co-iniciadores. Foram confeccionados vinte corpos-de-prova com 4 mm de diâmetro e 2 mm de profundidade para cada combinação de compósito e unidade fotoativadora, que, posteriormente, foram irradiados por 40 segundos. Em metade dos corpos-de-prova realizou-se o teste de dureza *Knoop* imediatamente após a fotopolimerização, sendo a outra metade efetuada apenas após 5 dias de estocagem em local seco e escuro. A dureza foi mensurada sob as cargas de 200 e 400 gramas, no topo e no fundo. A dureza aumentou após os 5 dias de armazenamento para os 2 tipos de fotopolimerização, porém este aumento não compensa os valores baixos obtidos em compósitos com co-iniciadores quando ativados por LEDs ao invés de luz halógena. A carga de indentação de 400 gramas aumentou significativamente os valores de dureza para todos os compósitos após 5 dias, o que demonstra que o valor de carga tem uma influência significativa, podendo falsificar resultados se não escolhida cuidadosamente.

Também em 2004, Uhl; Sigusch; Jandt compararam a capacidade de fotopolimerização de um protótipo de LED de segunda geração (901 mW/cm^2) à de uma fonte halógena convencional (Polofil – 860 mW/cm^2). Os compósitos testados foram Z100, Admira e Revolcin Flow, em uma cor clara (A2) e uma escura (A3,5 ou A4). Oito corpos-de-prova de 4 mm de diâmetro por 8 mm de profundidade foram confeccionados para cada compósito, cor e unidade fotoativadora, sendo polimerizados por 40 segundos cada. Após serem estocadas por 24 horas a 37°C , as performances das unidades ativadoras foram mensuradas através do teste de dureza *Knoop*. Ambos compósitos têm como fotoiniciador a canforoquinona, enquanto a Revolcin Flow adicionalmente apresenta co-iniciadores. O protótipo de LED alcançou uma profundidade de cura superior àquela alcançada pela luz halógena, em todas as resinas testadas. Não houve diferença significativa entre a dureza *Knoop* encontrada no topo e no fundo, do corpo-de-prova de 2 mm de profundidade, para os compósitos Z100 e Admira (ambas com o fotoiniciador canforoquinona), quando polimerizados com ambas unidades fotoativadoras. O compósito Revolcin Flow, que tem co-iniciadores que absorvem luz no comprimento de onda menor que 410 nm, no entanto, apresentou valores mais baixos quando polimerizada com o protótipo de LED. Os autores concluem que os LEDs de

segunda geração têm o potencial para substituir a luz halógena se os compósitos forem escolhidos cuidadosamente.

Tendo o conhecimento de que a cor do compósito e a polimerização realizada com a ponta do aparelho fotoativador distante da superfície do compósito podem afetar a efetividade de cura, Aguiar *et al.*, em 2005, desenvolveram um estudo para avaliar a influência desses fatores sobre a microdureza de um compósito. Nove grupos experimentais foram preparados ($n = 5$) com o compósito Z250 em três cores (A1, A3,5 e C2), e três distâncias de fotoativação (2, 4 e 8 mm). As amostras foram fotopolimerizadas com o aparelho XL3000, ajustado com intensidade contínua de 550 mW/cm^2 . Após 24 horas, 10 medidas de dureza *Knoop* foram obtidas no topo e fundo de cada amostra, com carga de 25 gramas por um tempo de 10 segundos. Resultados mostraram que, para o fundo, os grupos com fotoativação realizada com as distâncias de 2 e 4 mm apresentaram maiores médias que os grupos com distância de 8 mm, e os grupos de cor A1 apresentaram maiores médias estatisticamente que os grupos de cor C2, sendo que o grupo A3,5 não apresentou diferenças estatísticas quando comparado aos dois anteriores. Para o topo, não houve diferença estatística para nenhum dos fatores estudados. Em todas as condições experimentais, o fundo apresentou valores de dureza significativamente menores que os da superfície. Os autores concluem que a cor do compósito e a distância de polimerização são importantes fatores a serem considerados para a obtenção de adequada polimerização.

Aguiar *et al.*, também em 2005, avaliaram a microdureza do compósito Z250, polimerizada por quatro diferentes métodos de exposição à luz e imersos em dois meios. Para isto, confeccionaram corpos-de-prova com 5 mm de diâmetro e 3 mm de profundidade, de acordo com os grupos experimentais: convencional (550 mW/cm^2 por 30 segundos), *soft-start* (300 mW/cm^2 por 10 segundos seguidos de 550 mW/cm^2 por 20 segundos), alta intensidade (1060 mW/cm^2 por 10 segundos) e pulso atrasado (550 mW/cm^2 por 1 segundo – 1 minuto de espera – 550 mW/cm^2 por 20 segundos). Após polimerizados, os corpos-de-prova eram imersos em um dos dois meios: água destilada ou etanol absoluto, durante 24 horas. Decorrido este tempo, as amostras foram submetidas ao teste de microdureza *Knoop*, com a carga de 50 gramas, pelo tempo de 30 segundos. Foram realizadas cinco indentações no

topo e cinco no fundo de cada corpo-de-prova. Os resultados mostraram que: os grupos imersos em etanol apresentaram valores mais baixos de microdureza para quase todos os métodos de fotoativação; o método convencional apresentou maior valor de microdureza quando imersos em meio aquoso; no grupo imerso em etanol, os maiores valores foram encontrados com os métodos convencional e pulso atrasado; e, para todos os grupos experimentais, as superfícies dos corpos-de-prova apresentaram dureza superior que as superfícies de fundo.

Para comparar a efetividade de aparelhos fotopolimerizadores à base de luz halógena e LEDs, Bala; Olmez; Kalayci, 2005, utilizaram sete compósitos resinosos (Esthet-X, Z250, P60, Prodigy, Surefil, Solitaire e Admira). Corpos-de-prova foram preparados em matrizes de teflon, medindo 6 mm de diâmetro por 2 mm de altura, sendo fotoativados por 40 segundos pelos aparelhos Hilux Ultra Plus (halógeno) e Elipar Freelight (LED), medindo 450 a 520 mW/cm² e 400 mW/cm², respectivamente. O grau de conversão dos compósitos variou de 55,6 ± 0,7 a 47,4 ± 0,5% para o aparelho à base de luz halógena, enquanto para o aparelho à base de LED variou entre 61,2 ± 0,4 a 50,6 ± 0,6%. Foram encontrados valores do grau de conversão significativamente maiores para todos os compósitos, quando polimerizados com o aparelho Elipar Freelight, exceto para Surefil e Z250, nas quais os valores não diferiram estatisticamente para os dois aparelhos. Os autores concluem que os aparelhos à base de LEDs possuem intensidade de luz suficiente para polimerizar compósitos resinosos numa profundidade de 2 mm, sob o tempo de exposição de 40 segundos.

Para investigar se os LEDs possuem eficiência tal qual a luz halógena na polimerização de materiais resinosos, Cefaly *et al.*, em 2005, realizaram um estudo utilizando três materiais: Z100, Definite e Dyract. Espécimes de 3 mm de diâmetro por 2 mm de profundidade foram preparados e polimerizados utilizando duas fontes fotoativadoras: Ultraled e Curing Light 2500, com tempos de 40 e 60 segundos. As medidas de dureza *Vickers* foram realizadas no topo e no fundo de cada espécime, com uma carga de 50 gramas pelo tempo de 15 segundos. De acordo com os resultados obtidos, não houve diferença significativa na dureza da face superior entre as unidades LED e halógena para a Z100 e o Dyract. Porém, a dureza foi menor quando a Definite foi polimerizada com LED. No fundo, a dureza de todos os

materiais foi menor com LED que com a luz halógena. A Z100 apresentou maior dureza entre os materiais, independente do aparelho fotoativador. Não houve diferença significativa para os dois tempos no topo do corpo-de-prova, enquanto que, no fundo, maiores resultados de dureza foram encontrados quando os materiais foram fotoativados pelo tempo de 60 segundos. Os autores concluíram que o LED não foi capaz de produzir a mesma dureza que a unidade halógena nos materiais resinosos testados.

Para avaliar o efeito do aumento da densidade de energia na dureza *Knoop* dos compósitos Z250 e Esthet-X, Correr *et al.*, em 2005, utilizaram dentes bovinos com cavidades cilíndricas de 3 mm de diâmetro por 3 mm de profundidade. Estas cavidades foram preenchidas em incremento único e polimerizadas com diferentes fontes e tempos de polimerização: luz halógena convencional – XL2500 (700 mW/cm² por 20, 30 e 40 segundos), LED – Ultrablue Is (440mW/cm² por 20, 30 e 40 segundos), Arco de plasma de Xenônio – Apollo 95E (1700 mW/cm² por 3, 4,5 e 6 segundos). Após armazenamento durante 24 horas a 37°C, procedeu-se à leitura de dureza *Knoop*, com carga de 50 gramas, pelo tempo de 15 segundos. Para cada corpo-de-prova, foram realizadas três leituras em cada profundidade: superfície, 1 e 2 mm. Os resultados mostraram que a dureza do compósito Z250 foi superior àquela encontrada no Esthet-X, para qualquer dos aparelhos. O arco de plasma promoveu dureza estatisticamente inferior quando comparado ao aparelho de luz halógena e ao LED, sendo que, estes dois últimos não diferiram entre si, independente da profundidade. O aumento do tempo de exposição não influenciou a dureza do compósito fotoativado pela luz halógena, enquanto que o LED e arco de plasma apresentaram maiores valores de dureza. Quanto maior a profundidade, menores os valores de dureza *Knoop*.

O estudo de Hyppolito *et al.*, 2005, teve como objetivo avaliar a profundidade de polimerização em função do tipo de unidade de luz e tempo de exposição. Amostras foram preparadas usando um compósito microhíbrido (Charisma – A3) em matrizes cilíndricas de teflon com 3 mm de profundidade. Duas unidades de luz foram usadas: o LED Radian (1400 mW/cm², SDI) e uma luz halógena, Ultralux (400 mW/cm², Dabiatlante). Para cada unidade de luz, cinco amostras foram fotoativadas por 40 e 65 segundos. As amostras foram armazenadas em recipiente isento de luz

por 24 horas. O teste de dureza *Vickers* foi realizado usando uma carga de 300 gramas por 15 segundos. Três impressões foram feitas no topo e no fundo de cada amostra. Para as duas unidades testadas, o tempo de 65 segundos obteve maior valor de dureza do que o tempo de 40 segundos. Independente do tempo de exposição, a polimerização com luz halógena Ultralux obteve maior valor de dureza do que o LED Radian no topo, enquanto que, no fundo, o LED Radian obteve maior valor de dureza do que o Ultralux.

Em 2005, Nitta investigou a influência do diâmetro da ponta do aparelho fotoativador à base de LEDs na polimerização de compósitos. Para isto, utilizou o aparelho Lux-o-Max, com três pontas de diferentes diâmetros: 4, 8 e 10 mm. As variações de intensidades de luz foram medidas em cada situação. Dois compósitos (Clearfil AP-X e Tetric Ceram) na cor A2 foram utilizados na confecção dos corpos-de-prova de 4 mm de diâmetro por 10 mm de profundidade. Cada compósito foi fotoativado pelos tempos de 10, 20, 30 e 40 segundos, com cada um dos diâmetros de ponta. Três corpos-de-prova foram confeccionados para cada condição. Após 3 minutos, a profundidade de polimerização foi medida através do método da raspagem, sendo o material não polimerizado removido com o auxílio de uma espátula plástica, e o remanescente levado ao micrômetro para a mensuração. Posteriormente, os espécimes foram seccionados no sentido perpendicular ao da superfície irradiada, e os valores de dureza *Knoop* foram obtidos a cada intervalo de 5 mm, utilizando-se uma carga de 10 gramas, pelo tempo de 30 segundos. Os resultados mostram que a intensidade de luz relativa para as pontas de 8 e 10 mm foi 45% e 32% menor do que aquela obtida com a ponta de 4 mm de diâmetro. A profundidade de polimerização para a ponta de 4 mm de diâmetro foi significativamente maior do que as demais. A profundidade de cura para o tempo de 10 segundos, utilizando a ponta de 4 mm de diâmetro, foi equivalente àquela dos compósitos irradiados por 20 segundos com a ponta de 8 mm, e para o tempo de 30 segundos, utilizando a ponta de 10 mm de diâmetro. Assim, quando o tempo de polimerização era estendido, a microdureza promovida através da ponta de 4 mm não era superior que as demais pontas.

Em 2006, F. e Silva *et al.*, avaliaram o efeito do modo de fotoativação na força de adesão e microdureza dos compósitos. Para isto, cavidades padrão classe I (3 x

4 x 3 mm) em terceiros molares foram restauradas utilizando-se dois sistemas de adesivos: Single Bond (frasco único) e Clearfil SE Bond (adesivo auto-condicionante) e um único compósito microhíbrido na cor A3,5 (TPH). A fotoativação da resina composta foi realizada através de três métodos: convencional (400 mW/cm^2 por 40 segundos), *soft-start* (100 mW/cm^2 por 10 segundos seguido de 600 mW/cm^2 por 30 segundos) e pulso atrasado (100 mW/cm^2 por 3 segundos + espera de 3 minutos + 600 mW/cm^2 por 37 segundos). O tempo de exposição se manteve constante em todos os modos de ativação: 40 segundos. Um total de seis grupos experimentais foi analisado ($n=10$). Após estocagem por 24 horas a 37°C , os testes foram realizados. Para o teste de microdureza, cinco espécimes por grupo foram seccionados no sentido méso-distal e as indentações foram feitas em cada metade, em três profundidades diferentes. Através dos resultados obtidos, verificou-se que o modo pulso atrasado apresentou os maiores valores, diferindo estatisticamente do modo *soft-start*. O método convencional apresentou valores intermediários, não diferindo estatisticamente dos demais. A interação entre o sistema adesivo Clearfil SE Bond e o modo *soft-start* apresentou os mais baixos valores de microdureza, com diferenças estatísticas dos outros grupos experimentais.

3 PROPOSIÇÃO

Este estudo se propõe a avaliar, através do teste de microdureza, a influência de três diferentes aparelhos fotoativadores, no topo e no fundo de cilindros de uma única resina composta microhíbrida, de acordo com um tempo de exposição pré-estabelecido e nas profundidades 2 mm e 3 mm.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Local do Estudo

A etapa de confecção dos corpos-de-prova foi realizada na Clínica de Odontologia da Universidade Potiguar.

Os testes de microdureza foram realizados no Departamento de Engenharia de Materiais, do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

4.2 Materiais

4.2.1 Matrizes

Matrizes cilíndricas de teflon com 2 mm de diâmetro interno, 2,5 cm de diâmetro externo e profundidades de 2 mm e 3 mm (Figura 1).



FIGURA 1. Matrizes de teflon de 2 e 3 mm de profundidade.

4.2.2 Paquímetro

Para certificar-se de que as profundidades das matrizes estavam corretas, foi utilizado um paquímetro* (Figura 2).

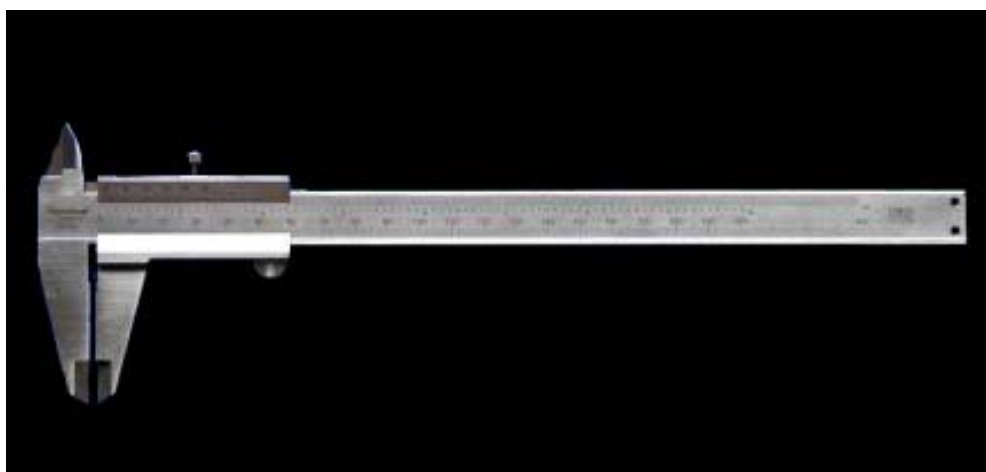


FIGURA 2. Paquímetro utilizado para medir as profundidades das matrizes de teflon.

* marca Starrett, modelo nº125MEA.

4.2.3 Compósito

Para o desenvolvimento desta metodologia, utilizamos uma única resina composta fotopolimerizável microhíbrida, Z250* (Figura 3), contendo partículas de tamanho médio de 0,19 a 3,3 μm , de carga inorgânica composta por vidro de zircônia sinterizado à sílica coloidal (60% em volume), na cor A3.

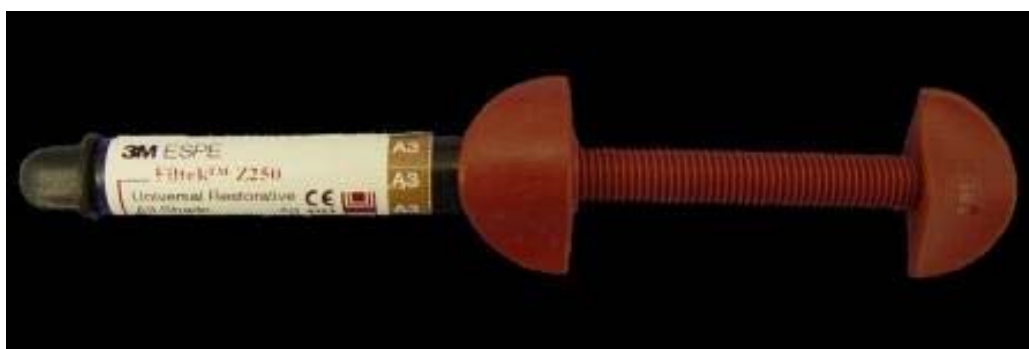


FIGURA 3. Compósito Z250 (cor A3).

* Z250 – Resina composta fotopolimerizável (3M ESPE do Brasil), lote 4MG, validade 10/2007, registro Anvisa 10002070090.

4.2.4 Aparelhos fotoativadores

Para a polimerização do compósito foram utilizados três aparelhos fotopolimerizadores de diferentes marcas, sendo

4.2.4.1 Fonte de luz halógena

4.2.4.1.1 Aparelho Ultralux – Dabiatlante (Figura 4), intensidade de luz em torno de 400 mW/cm^2 e comprimento de onda de 400 a 500 nm.



FIGURA 4. Aparelho Ultralux.

4.2.4.2 Fontes de luz à base de LEDs

4.2.4.2.1 Aparelho Radii – SDI (Figura 5), intensidade de luz em torno de 1700 mW/cm² e comprimento de onda de 470 nm.



FIGURA 5. Aparelho Radii.

4.2.4.2.2 Aparelho Optilight CL – Gnatus (Figura 6), intensidade de luz variando entre 400 e 450 mW/cm² e comprimento de onda de 470 nm.



FIGURA 6. Aparelho Optilight CL.

4.2.5 Radiômetro

Para a verificação dos valores de intensidades de luz dos aparelhos fotoativadores, foi utilizado o radiômetro digital Hilux Ledmax* (Figura 7), que realiza leituras instantâneas de 0 a 1999 mW/cm². Esta verificação foi realizada antes e após a confecção de cada corpo-de-prova, por 10 segundos.

Inicialmente, posicionava-se a ponta ativa da ponta condutora de luz sobre a superfície fotossensível do radiômetro, para, então, acionar o aparelho fotoativador. O valor de intensidade, que variou conforme o aparelho utilizado, foi registrado.



FIGURA 7. Radiômetro digital Hilux Ledmax, aferindo a intensidade de luz do Rádi.

* Hilux Ledmax Curing Light Meter – número de ordem 950-750; número de série 4063022.

Dental Benlioglu Inc., Binnaz SK-1-6 Kavaklıdere, Ankara, Turkey.

As leituras de microdureza foram realizadas utilizando-se o microdurômetro Shimadzu Microhardness Tester HMV-2 (Figura 8), equipado com diamante *Vickers*.



FIGURA 8. Microdurômetro Simadzu HMV-2.

4.3 Metodologia

4.3.1 Confeção dos corpos-de-prova

Foram confeccionados 30 corpos-de-prova, através da utilização de matrizes cilíndricas de teflon (Figura 9-A), com as seguintes dimensões: 2 mm de diâmetro interno, 2,5 cm de diâmetro externo e profundidades de 2 mm e 3 mm.

Com o objetivo de certificar-se de que as espessuras das matrizes de teflon estavam corretas, foi utilizado um paquímetro.

A matriz foi colocada sobre uma placa de vidro de 2 cm de espessura e preenchida com o compósito Z250 na cor A3 (Figura 9-B). O preenchimento da cavidade interna com compósito, foi realizado em incremento único com uma espátula de Thompson. Para padronizar as superfícies de topo e de fundo do cilindro de resina composta, foi colocada uma tira de poliéster entre a placa de vidro e a matriz, sendo posteriormente dobrada de forma a recobrir a superfície superior da matriz. Este procedimento ocasionou superfícies planas, para a posterior leitura no aparelho de dureza. Previamente à polimerização, a face superior da matriz foi identificada com caneta pilot de cor preta (Figura 9-C). Em seguida, uma lamínula de vidro de 1 mm foi posicionada sobre a tira de poliéster e pressionada de maneira a promover o escoamento do excesso e acomodação da resina composta com a obtenção de superfícies planas, o que facilitaria, posteriormente, a leitura das medidas de dureza (Figura 9-D).

Para a polimerização, a ponta do condutor de luz do aparelho fotopolimerizador foi colocada sobre a tira de poliéster, perpendicularmente ao longo eixo da matriz. Finalizada a fotoativação, a tira de poliéster foi removida e os corpos-de-prova foram embalados em papel alumínio e armazenados em frascos plásticos pretos (embalagem de filme fotográfico) devidamente identificados (Figura 9-E), durante 24 horas, estando, portanto, livre de incidência de luz até a realização do teste de microdureza *Vickers*. É válido salientar que foi confeccionado um corpo-de-prova por vez, seguindo uma aleatorização dos grupos.

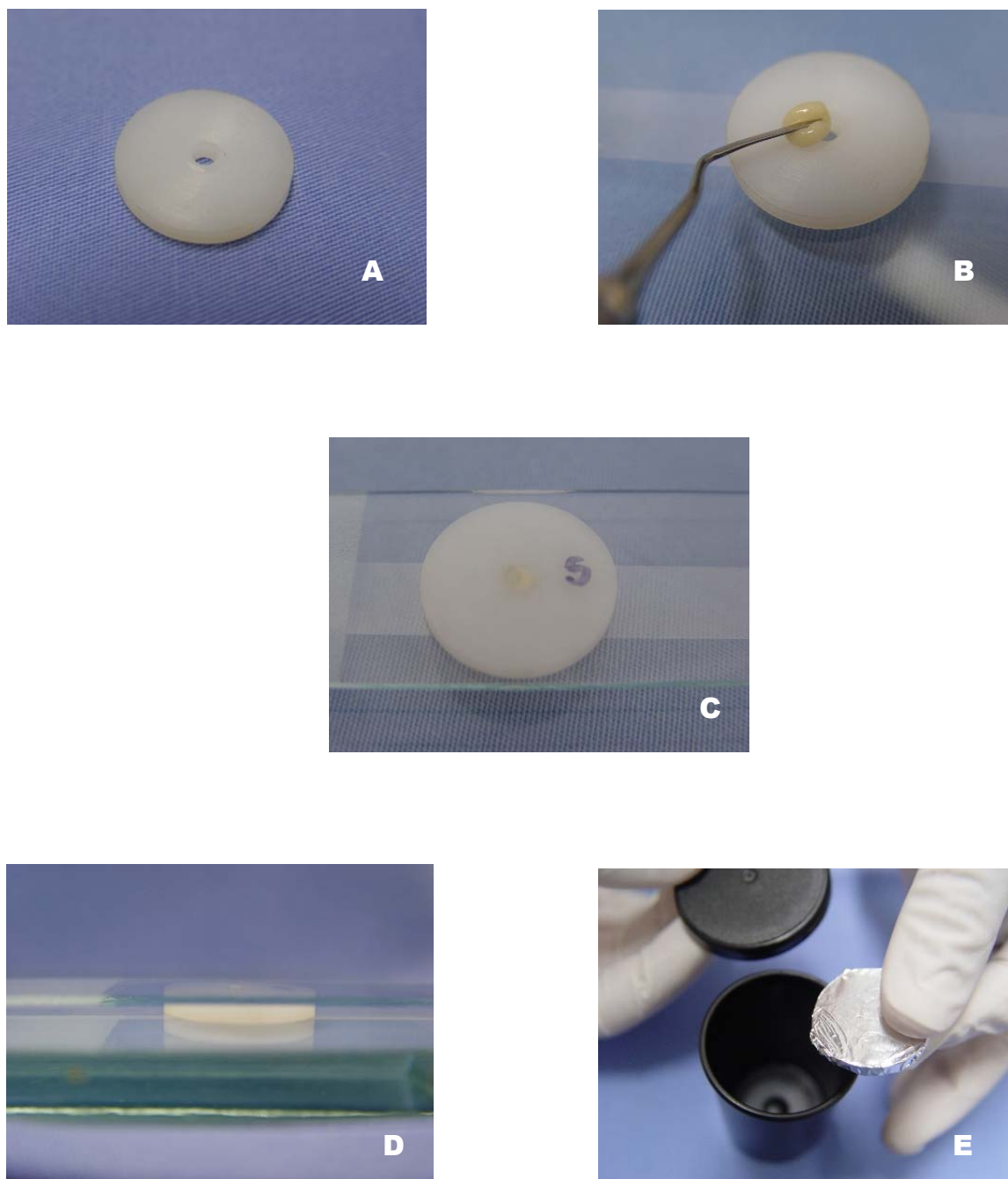


FIGURA 9. Representação do preparo do corpo-de-prova para avaliação da dureza. A – Matriz de teflon; B – Inserção do compósito com auxílio da espátula de Thompson, já com a tira de poliéster posicionada abaixo da matriz; C – Marcação da superfície da matriz com caneta pilot; D – Lâmina de vidro posicionada sobre o conjunto matriz + compósito; E – Armazenamento do corpo-de-prova envolto em papel alumínio, em recipiente à prova de luz.

4.3.2 Grupos experimentais

Foram confeccionados 30 corpos-de-prova, divididos em 6 grupos, cada um contendo 5 corpos-de-prova (Figura 10), variando-se a altura do corpo-de-prova (2 e 3 mm), em função do aparelho empregado, sendo dois grupos para cada aparelho. Não houve variação no compósito e no tempo de fotoativação (40 segundos).

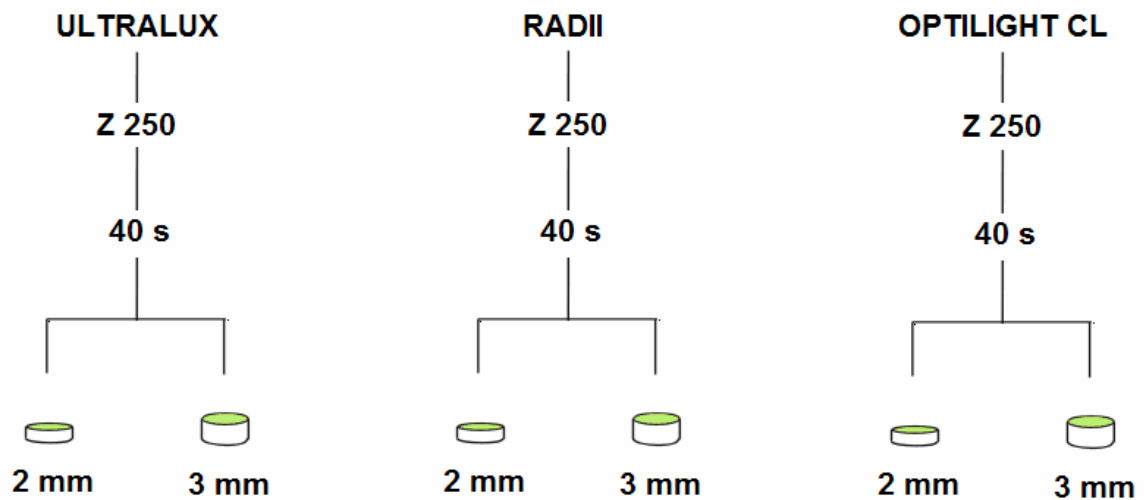


FIGURA 10 - Organograma representativo dos grupos obtidos: aparelho fotoativador utilizado, compósito, tempo e altura dos corpos-de-prova (2 mm e 3 mm).

4.3.3 Obtenção das medidas de dureza

As medidas de dureza foram realizadas após 24 horas, contadas a partir da obtenção dos corpos-de-prova no Shimadzu Microhardness Tester HMT-2 (Japan), equipado com diamante *Vickers*, onde se utilizou carga de 300 gramas pelo tempo de 15 segundos.

Em cada região de topo e fundo, foram obtidas três leituras (indentações), perfazendo seis leituras em cada corpo-de-prova (Figura 11). Um total de 180 indentações foi realizado.

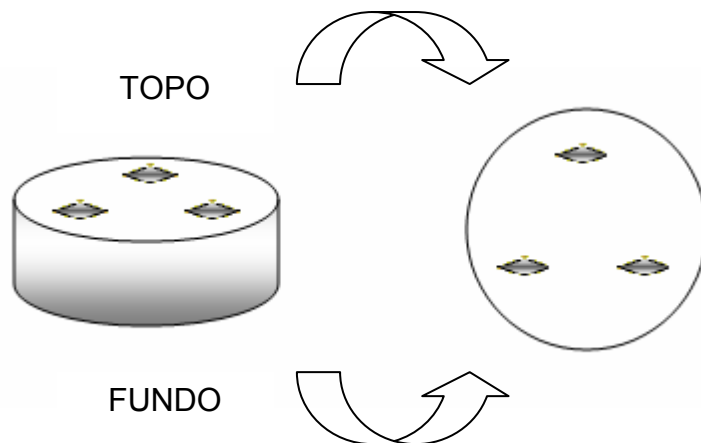


FIGURA 11. Representação das indentações no topo e fundo dos corpos-de-prova.

4.3.4 Análise estatística

Com o objetivo de comparar quantitativamente as medidas de dureza *Vickers* em função do aparelho utilizado e profundidade do material, procedeu-se à análise estatística dos resultados obtidos.

Os dados foram inicialmente verificados com relação à existência ou não de distribuição normal, por intermédio do teste de Kolmogorov-Smirnov.

Considerando a distribuição gaussiana, e pelo fato da variável ser do tipo quantitativa contínua, foi realizada uma análise paramétrica para os resultados de dureza *Vickers* segundo os fatores referentes ao aparelho e profundidade.

Quadro 1: Variáveis de dureza estudadas com relação à classificação e categorias.

Variável	Tipo	Classificação	Categorias/ Unidade de medida
Microdureza	Dependente	Quantitativa Contínua Racional	Dureza Vickers
Aparelho fotopolimerizador	Independente	Categórica Nominal Mutuamente Exclusiva	LED (baixa potência) LED (alta potência) Halógeno
Profundidade	Independente	Categórica Nominal Mutuamente Exclusiva	2 mm 3 mm
Localização da medida	Independente	Categórica Nominal Mutuamente Exclusiva	Topo Fundo

Relacionando a microdureza (variável dependente) com o tipo de aparelho fotopolimerizador para os corpos-de-prova de 2 e 3 mm no topo e no fundo dos mesmos, os testes estatísticos utilizados foram a análise de variância (ANOVA) com pós teste de Tukey-Kramer, utilizado quando foi encontrada diferença significativa na análise de variância.

Para todos os testes estatísticos utilizados nesse estudo, o nível de significância adotado foi de 5%.

5 RESULTADOS

Tabela 1. Tamanho da amostra, médias, desvios-padrão e intervalos de confiança da microdureza de topo de corpos-de-prova com 2 mm de profundidade de acordo com o aparelho testado. Natal/RN, 2005.

	n	Média $\pm$ DP	IC(95%)	p*
Ultralux ^a	5	91,82 $\pm$ 1,84	89,52 - 94,11	<0.0001
Radii ^b	5	83,24 $\pm$ 4,25	80,47 - 86,00	
Optilight ^b	5	84,16 $\pm$ 1,92	81,76 - 86,55	

*ANOVA

Letras diferentes denotam diferença significativa, segundo o pós-teste de Tukey-Kramer.

Para a relação entre a microdureza e as medidas de microdureza de topo dos corpos-de-prova com 2 mm de profundidade foi observada diferença significativa entre os três aparelhos. Tal diferença residiu entre o aparelho Ultralux e os demais aparelhos. Entre os aparelhos Optilight e Radii, para a microdureza de topo nos corpos-de prova-de 2 mm, nenhuma diferença significativa foi observada (Tabela 1 e Gráfico 1).

Tabela 2. Tamanho da amostra, médias, desvios-padrão e intervalos de confiança da microdureza de topo de corpos-de-prova com 3 mm de profundidade de acordo com o aparelho testado. Natal/RN, 2005.

	n	Média $\pm$ DP	IC (95%)	p*
Ultralux ^a	5	91,76 $\pm$ 2,43	88,73 - 94,78	<0.0001
Radii ^b	5	82,42 $\pm$ 2,58	79,21 - 85,62	
Optilight ^b	5	81,66 $\pm$ 3,46	77,35 - 85,96	

*ANOVA

Letras diferentes denotam diferença significativa entre os aparelhos, segundo o pós-teste de Tukey-Kramer.

Para a relação entre os aparelhos e as medidas de microdureza de topo dos corpos-de-prova com 3 mm de profundidade foi observada diferença significativa. Foi verificado que entre o Optilight e o Radii não houve diferença significativa ($p > 0,05$). Ao se comparar os aparelhos Ultralux e Optilight e Ultralux e Radii, o valor de p encontrado foi menor que 0,05, indicando que a diferença estatisticamente significativa apontada na Análise de Variância (ANOVA) residia entre o aparelho Ultralux e os demais (Tabela 2 e Gráfico 1).

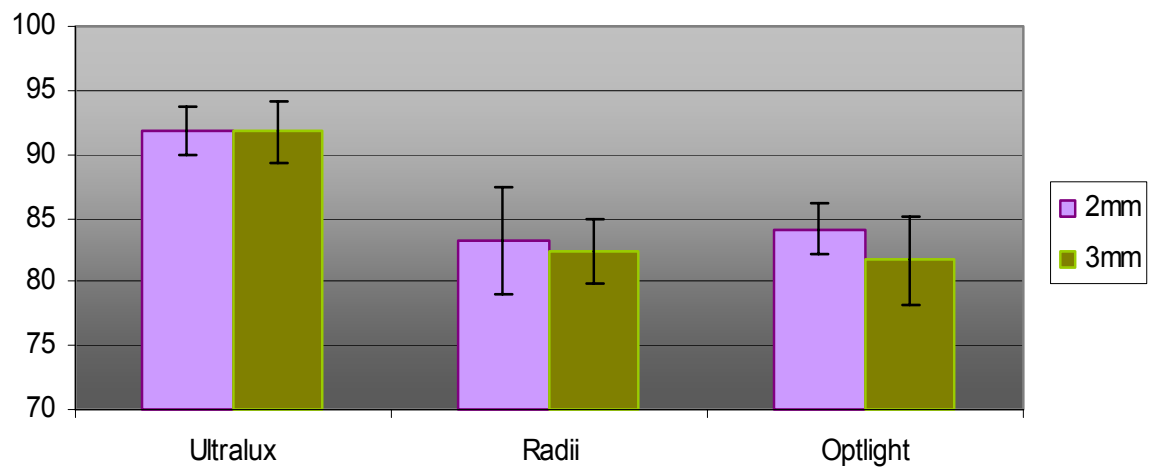


Gráfico 1. Médias e desvios-padrão da microdureza de topo de corpos-de-prova com 2 e 3 mm de profundidade de acordo com o aparelho testado. Natal/RN, 2005.

Tabela 3. Tamanho da amostra, médias, desvios-padrão e intervalos de confiança da microdureza de fundo de corpos-de-prova com 2 mm de profundidade de acordo com o aparelho testado. Natal/RN, 2005.

	n	Média $\pm$ DP	IC (95%)	p*
Ultralux ^a	5	85,02 $\pm$ 3,22	81,02 - 89,02	0,004
Radii ^b	5	77,42 $\pm$ 3,18	73,47 - 81,37	
Optilight ^b	5	79,34 $\pm$ 2,11	76,72 - 81,96	

*ANOVA

Letras diferentes denotam diferença significativa entre os aparelhos, segundo o pós-teste de Tukey-Kramer.

Para a relação entre aparelho e as medidas de microdureza de fundo dos corpos-de-prova com 2 mm de profundidade, foi observada diferença significativa entre os aparelhos. De acordo com o pós-teste de Tukey-Kramer tal diferença residiu entre o aparelho Ultralux e os demais aparelhos testados. Entre os aparelhos Optilight e Radii, nenhuma diferença significativa foi observada (Tabela 3 e Gráfico 2).

Tabela 4. Tamanho da amostra, médias, desvios-padrão e intervalos de confiança da microdureza de fundo de corpos-de-prova com 3 mm de profundidade de acordo com o aparelho testado. Natal/RN, 2005.

	n	Média $\pm$ dp	IC (95%)	p*
Ultralux ^a	5	85,84 $\pm$ 1,68	83,75 - 87,92	<0.0001
Radii ^b	5	77,34 $\pm$ 1,66	75,28 - 79,40	
Optilight ^b	5	78,26 $\pm$ 1,96	75,58 - 80,42	

*ANOVA

Letras diferentes denotam diferença significativa entre os aparelhos, segundo o pós-teste de Tukey-Kramer.

Para a relação entre aparelho e as medidas de microdureza de fundo dos corpos-de-prova com 3 mm de profundidade, também foi observada diferença significativa entre os aparelhos. A diferença, tal qual a observada para os corpos-de-prova de 2 mm, residiu entre os aparelhos Ultralux e os demais testados (Tabela 4 e Gráfico 2).

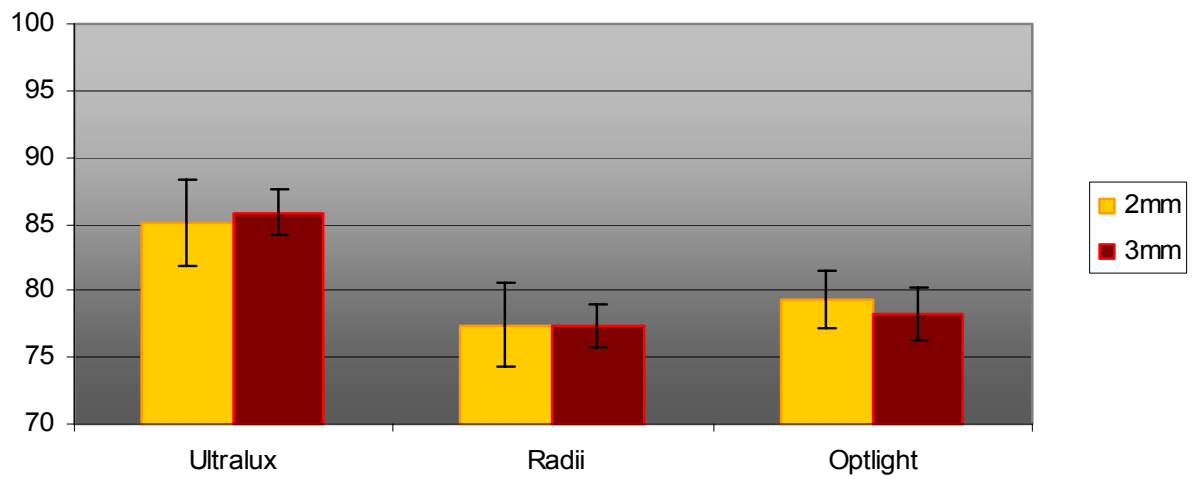


Gráfico 2. Médias e desvios-padrão da microdureza de fundo de corpos de prova com 2 e 3 mm de profundidade de acordo com o tipo de aparelho testado. Natal/RN, 2005.

Outra avaliação realizada nesse estudo foi aquela que comparou a microdureza da resina composta nas diferentes profundidades estudadas (2 e 3 mm) para cada aparelho fotoativador testado.

Tabela 5. Tamanho da amostra, médias, desvios-padrão e intervalos de confiança da microdureza de topo e de fundo de acordo com a profundidade dos corpos-de-prova utilizando o aparelho Ultralux. Natal/RN, 2005.

Microdureza de topo				
Amostras	n	Média ± DP	IC(95%)	p*
2 mm	5	91,82 ± 1,84	89,52 – 94,11	0,966
3 mm	5	91,76 ± 2,43	88,73 – 94,78	
Microdureza de fundo				
Amostras	n	Média ± DP	IC(95%)	p*
2 mm	5	85,02 ± 3,22	81,02 – 89,01	0,628
3 mm	5	85,84 ± 1,68	83,75 – 87,92	

* Teste t não emparelhado de Student.

Para o aparelho Ultralux não foi verificada diferença significativa na microdureza da resina entre as medidas de 2 e 3 mm no topo, do mesmo modo que quando analisada a microdureza da resina entre as medidas de 2 e 3 mm no fundo (Tabela 5).

Tabela 6. Tamanho da amostra, médias, desvios-padrão e intervalos de confiança da microdureza de topo e de fundo de acordo com a profundidade dos corpos-de-prova utilizando o aparelho Radii. Natal/RN, 2005.

Microdureza de topo				
Amostras	n	Média ± DP	IC (95%)	p*
2 mm	5	83,24 ± 2,23	80,47 – 86,00	0,606
3 mm	5	82,42 ± 2,58	79,21 – 85,63	
Microdureza de fundo				
Amostras	n	Média ± DP	IC (95%)	p*
2 mm	5	77,42 ± 3,18	73,47 – 81,37	0,961
3 mm	5	77,34 ± 1,66	75,28 – 79,40	

* Teste t não emparelhado de Student.

Para o aparelho Radii, não foi verificada diferença significativa na microdureza da resina entre as medidas de 2 e 3 mm no topo, bem como no fundo (Tabela 6).

Tabela 7. Tamanho da amostra, médias, desvios-padrão e intervalos de confiança da microdureza de topo e de fundo de acordo com a profundidade dos corpos-de-prova utilizando o aparelho Optilight. Natal/RN, 2005.

Microdureza de topo				
Amostras	n	Média ± DP	IC (95%)	p*
2 mm	5	84,16 ± 1,92	81,76 – 86,55	0,196
3 mm	5	81,66 ± 3,47	77,36 – 85,96	
Microdureza de fundo				
Amostras	n	Média ± DP	IC (95%)	p*
2 mm	5	79,34 ± 2,11	76,71 – 81,96	0,427
3 mm	5	78,26 ± 1,96	75,81 – 80,70	

*Teste t não emparelhado de Student.

Para o aparelho Optilight não foi verificada diferença significativa na microdureza da resina entre as medidas de 2 e 3 mm no topo, o mesmo acontecendo para a microdureza da resina entre as medidas de fundo nas profundidades de 2 e 3 mm para o mesmo aparelho (Tabela 7).

Uma outra comparação feita nesse estudo foi entre as microdurezas de topo e fundo em cada uma das profundidades, isto é, 2 e 3 mm.

Tabela 8. Tamanho da amostra, médias, desvios-padrão e intervalos de confiança da microdureza de topo e de fundo de acordo com a espessura dos corpos-de-prova utilizando o aparelho Ultralux. Natal/RN, 2005.

Corpo-de-prova de 2 mm				
	n	Média ± DP	IC(95%)	p*
Topo	5	91,82 ± 1,84	89,52 – 94,11	0,003
Fundo	5	85,02 ± 3,22	81,02 – 89,01	
Corpo-de-prova de 3 mm				
	n	Média ± DP	IC(95%)	p*
Topo	5	91,76 ± 2,43	88,73 – 94,78	0,002
Fundo	5	85,84 ± 1,68	83,75 – 87,92	

* Teste t emparelhado de Student.

Para o aparelho Ultralux foi verificada diferença significativa na microdureza de topo e fundo da resina para os corpos-de-prova de 2 e 3 mm, cujos valores de microdureza *Vickers* foram sempre maiores para a camada de topo (Tabela 8).

Tabela 9. Tamanho da amostra, médias, desvios-padrão e intervalos de confiança da microdureza de topo e de fundo de acordo com a espessura dos corpos-de-prova utilizando o aparelho Radii. Natal/RN, 2005.

Corpo-de-prova de 2 mm				
	n	Média ± DP	IC (95%)	p*
Topo	5	83,24 ± 2,23	80,47 – 86,00	0,010
Fundo	5	77,42 ± 3,18	73,47 – 81,37	
Corpo-de-prova de 3 mm				
	n	Média ± DP	IC (95%)	p*
Topo	5	82,42 ± 2,58	79,21 – 85,63	0,006
Fundo	5	77,34 ± 1,66	75,28 – 79,40	

*Teste t emparelhado de Student.

Do mesmo modo que o aparelho Ultralux, para o aparelho Radii foi verificada diferença significativa na microdureza de topo e fundo da resina para os corpos-de-prova de 2 e 3 mm, cujos valores de microdureza *Vickers* foram sempre maiores para a camada de topo (Tabela 9).

Tabela 10. Tamanho da amostra, médias, desvios-padrão e intervalos de confiança da microdureza de topo e de fundo de acordo com a espessura dos corpos-de-prova utilizando o aparelho Optilight. Natal/RN, 2005.

Corpo-de-prova de 2 mm				
	n	Média ± dp	IC (95%)	p*
Topo	5	84,16 ± 1,92	81,76 – 86,55	0,005
Fundo	5	79,34 ± 2,11	76,71 – 81,96	
Corpo-de-prova de 3 mm				
	n	Média ± dp	IC (95%)	p*
Topo	5	81,66 ± 3,46	77,35 – 85,96	0,093
Fundo	5	78,26 ± 1,96	75,81 – 80,70	

* Teste t emparelhado de Student.

Para o aparelho Optilight não foi verificada diferença significativa na microdureza de topo e fundo da resina para os corpos-de-prova de 3 mm. Contrariamente, quando comparada às microdurezas de topo e fundo da resina para os corpos-de-prova de 2 mm, foi encontrada diferença significativa, sendo maiores os valores de microdureza *Vickers* para a camada de topo (Tabela 10).

6 DISCUSSÃO

A longevidade e o sucesso alcançados em restaurações de resinas compostas dependem diretamente do grau de polimerização (Fraunhofer, 1971; Bassiouny; Grant, 1980) e, conseqüentemente, da capacidade de polimerização dos diversos aparelhos utilizados para fotoativar esses materiais (VARGAS *et al.*, 1998; MACHADO, 2000; PEREIRA *et al.*, 2000; MEDEIROS, 2001; RASTELLI, 2002; MACHADO, 2003). São muitos os fatores relacionados aos aparelhos disponíveis no mercado que podem influenciar o grau e a profundidade de polimerização dos compósitos, como a intensidade de luz, comprimento de onda e tempo de exposição (COOK, 1980; TIRTHA *et al.*, 1982; BLANKENAU *et al.*, 1983; BAHARAV *et al.*, 1988; LAMBERT; PASSON, 1988; RUEGGEBERG *et al.*, 1994; PEREIRA *et al.*, 2000; MARTINS *et al.*, 2002). Existem ainda fatores inerentes às resinas como: índice de refração das partículas de carga, bem como da matriz orgânica, opacidade e cor do compósito, que podem influenciar o processo de polimerização da resina composta (COOK, 1980; RUYTER *et al.*, 1982; TIRTHA *et al.*, 1982; BLANKENAU *et al.*, 1983; DE BACKER; DERMAUT, 1986; MANDARINO *et al.*, 1992; TURBINO *et al.*, 1992; BAYNE; HEYMAN; SWIFT JR., 1994; CAUGHMAN *et al.*, 1995; VARGAS *et al.*, 1998; PEREIRA *et al.*, 2000; AMARAL *et al.*, 2002; AGUIAR *et al.*, 2005). Além disso, a presença de estrutura dental se interpondo entre a fonte de luz e a restauração pode dificultar o processo de fotoativação (SEABRA, 2000; RASTELLI, 2002).

O processo de desinfecção das pontas fotoativadoras e a incorreta manutenção dos aparelhos de luz halógena podem promover uma polimerização inadequada dos compósitos. Desta maneira, vários autores têm alertado para a necessidade de manutenção periódica dos aparelhos convencionais (HANSEN; ASMUSSEN, 1993; BARGHI; BERRY; HATTON, 1994; VIEIRA *et al.*, 1998; BLAZZIO *et al.*, 2003).

Um dos métodos utilizados para verificar o funcionamento dos aparelhos fotoativadores utilizados na clínica diária consiste no uso de um aparelho

denominado radiômetro, o qual é utilizado para medir a intensidade de radiação eletromagnética sobre uma faixa de comprimento de onda (HANSEN; ASMUSSEN, 1993; BLAZZIO *et al.*, 2003; MAZUR *et al.*, 2004). Inúmeros são os estudos que apresentam opiniões concordantes sobre a eficiência do radiômetro em determinar a intensidade de luz produzida pelos aparelhos e em auxiliar na manutenção dos mesmos (HANSEN; ASMUSSEN, 1993; PEREIRA; PORTO; MENDES, 2001; BALA *et al.*, 2005). Baseado nesse fato, o radiômetro foi utilizado durante a realização da metodologia desta pesquisa, sendo fundamental para verificar se a intensidade de luz gerada pelos aparelhos, estava condizente àquelas especificadas pelos fabricantes dos mesmos.

Para o ensaio de dureza não existe norma que determine quais devem ser os valores mínimos para que um compósito seja considerado adequadamente polimerizado. Devido a este fato, no presente estudo, os valores tidos como referência para comparação com os aparelhos à base de LEDs, foram os alcançados com o aparelho Ultralux, por ser o aparelho halógeno, com o desempenho clínico já bastante estudado.

De acordo com os achados de Blankenau *et al.*, 1983, o aumento da intensidade de luz emitida pelos aparelhos fotoativadores tende a aumentar a profundidade de polimerização dos compósitos, manifestando-se discordantes com os resultados encontrados nesta pesquisa. Tal fator, provavelmente se deve ao fato de que dois dos aparelhos utilizados neste estudo, possuem LEDs como fonte emissora de luz. Estes aparelhos possuem luz fria, ao contrario da luz halógena, que emite calor. Assim, mesmo a uma intensidade de 1700 mW/cm^2 , o aparelho Rádii obteve resultados inferiores aos alcançados com o aparelho Ultralux, cuja média de intensidade era de 400 mW/cm^2 .

A polimerização das resinas compostas pode também sofrer influência de outros fatores, além das técnicas de fotoativação, como a espessura do incremento. No presente estudo, quando se comparou os valores de dureza *Vickers* da resina composta microhíbrida em diferentes profundidades, observou-se que o grau de polimerização não se alterou à medida que se aumentou a profundidade, onde a dureza do fundo, para altura de 2 mm não diferiu estatisticamente da microdureza de

3 mm, independente da fonte de luz utilizada. Cabe ressaltar que, para cada aparelho, os valores de dureza no topo foram semelhantes para todas as alturas. Estes resultados discordam de outros estudos (Ruyter; Oysaed, 1982; Baharav *et al.*, 1988; Rueggberg; Caughman; Curtis, 1994; Santos *et al.*, 2000; Cunha *et al.*, 2001; Peris, 2003; Andrade, 2004; Aguiar *et al.*, 2005; Correr *et al.*, 2005), os quais relatam que à medida que a superfície da resina composta se afasta da fonte de luz ocorre uma redução na eficiência de polimerização, pois parte da luz que atravessa o material é absorvida e parte refletida, atenuando a sua efetividade conforme o aumento da profundidade (RUYTER; OYSAED, 1982; CORRER SOBRINHO, *et al.*, 2000).

De acordo com os achados de Yap, em 2000, avaliando a relação de dureza de topo/fundo, encontrou, para duas resinas compostas, valores ideais somente para os corpos-de-prova com 2 mm de profundidade, quando expostas a 420 mW/cm² por 40 segundos com luz halógena. Uhl *et al.*, 2004, também não encontraram diferença significativa entre as durezas de topo e fundo, em corpos-de-prova de 2 mm, discordando dos achados desta pesquisa onde foi encontrada diferença significativa entre a relação de microdureza de topo/fundo para os corpos-de-prova de 2 e 3 mm, demonstrando que a polimerização não se deu uniformemente ao longo do corpo-de-prova.

São inúmeros os estudos que concluem que não se deve utilizar incrementos acima de 2 mm para não comprometer a profundidade de polimerização (BAYNE; HEYMANN; SWIFT JR., 1994; CAUGHMAN; CURTIS, 1994; RUEGGEBERG; CAUGHMAN; CURTIS JR., 1994; SANTOS *et al.*, 2000; YAP, 2000; PERIS, 2003; UHL; SIGUSCH; JANDT, 2004).

O tempo de exposição de 40 segundos foi pré-estabelecido de acordo com diversos autores (Kanca, 1985; Turbino, 1992; Vargas; Cobb; Schmit, 1998; Turbino; Santos; Matson, 2000; Carvalho Jr., 2002) que concordam ser efetivo no processo de polimerização. Os fabricantes dos aparelhos Ultralux (DabiAtlante) e Optilight (Gnatus), preconizam o tempo de 40 segundos de exposição, enquanto que para o aparelho Radium (SDI), o tempo recomendado é de 65 segundos. No presente trabalho, optou-se pelo uso de 40 segundos de exposição para todos os aparelhos,

para que os tempos fossem padronizados. Considerando também, que o fabricante do compósito Filtek Z250, relata que este material necessita de um período de somente 20 segundos para fotoativação, representando metade do tempo preconizado para este estudo.

Segundo Yap, em 2000, a densidade de energia, expressa em J/cm^2 , influencia no grau de polimerização das resinas compostas, pois uma alta densidade pode resultar em alto grau de conversão. Por sua vez, esse alto grau de conversão pode conferir adequada dureza ao material restaurador. Dessa maneira, é necessário que se tenha uma intensidade de luz e tempo de exposição suficientes para promover a excitação da canforoquinona e conseqüente formação de radicais livres, bem como para a formação das ligações químicas entre os monômeros resinosos durante o processo de polimerização (PERIS, 2003). Logo, o grau de conversão de monômeros em polímeros também está diretamente relacionado à quantidade de energia a qual a resina composta é submetida.

Esta densidade expressa em J/cm^2 refere-se à quantidade total de energia a qual foi exposta a resina composta, e pode ser calculada através da seguinte fórmula:

$$\text{Densidade de energia (J/cm}^2\text{)} = \frac{P \times T}{1000}$$

P – potência da fonte de luz em mW/cm^2
T – tempo de exposição em segundos

Neste estudo, as densidades de energia apresentadas pelos aparelhos de fotoativação foram: Ultralux – $16 \text{ J}/\text{cm}^2$; Rádi – $68 \text{ J}/\text{cm}^2$; Optilight - $16 \text{ a } 18 \text{ J}/\text{cm}^2$. Portanto, o aparelho Rádi forneceu a maior densidade de energia. Apesar disso, o aparelho Ultralux foi quem obteve os maiores valores de dureza em ambas as superfícies (topo e fundo). Essa ocorrência pode ser explicado pelo fato de que o aparelho halógeno emite calor durante a fotoativação, o que favoreceria a ativação do fotoiniciador, enquanto que os LEDs são luzes frias.

Yap, 2000 ainda relata que embora a microdureza seja um parâmetro para se indicar o grau de polimerização das resinas compostas, uma elevada dureza de topo não assegura a adequada polimerização em todo corpo da restauração. Logo, fez-se necessária a avaliação da dureza na superfície mais profunda do corpo-de-prova, ou seja, no fundo. No presente estudo, quando se comparou a dureza de topo dos corpos-de-prova com a de fundo, observou-se uma semelhança entre os valores, onde independentemente do aparelho, e das alturas avaliadas, a microdureza de topo não diferiu estatisticamente da de fundo. Como o topo encontra-se em contato com a ponta fotoativadora do aparelho, é de se esperar que nenhuma interferência ocorra na transmissão de luz, a qual atinge o topo com a maior intensidade possível. Entretanto, para o fundo, a luz primeiramente atravessa todo o corpo da resina composta, sendo, então, parte absorvida ou refletida, atenuando a intensidade e reduzindo a efetividade de polimerização nas porções mais profundas (RUYTER; OYSAED, 1982). Vários autores encontraram diferenças estatísticas entre o topo e o fundo dos corpos-de-prova, concordando com os achados deste estudo (TIRTHA, 1982; HYPOLITO *et al.*, 2005).

Existe ainda um método para se verificar a eficiência da polimerização nas superfícies mais profundas comparadas àquelas mais próximas da fonte de luz. Teoricamente, a polimerização da resina composta no fundo é considerada adequada quando apresentar, no mínimo, 80% (0,80) da dureza de topo (Yap, 2000). No presente estudo, ao se avaliar a relação de microdureza entre topo/fundo, pôde-se observar os seguintes resultados: Ultralux – 0,92 (2 mm) 0,93 (3 mm); Radii – 0,93 (2 mm) 0,94 (3 mm); Optilight 0,94 (2 mm) 0,96 (3 mm). Observa-se que, para todos os aparelhos fotoativadores associados à resina composta microhíbrida Z250, obteve-se uma relação de dureza fundo/topo maior que 0,80, em todas profundidades avaliadas. Ou seja, independente do aparelho utilizado, a relação entre as microdurezas foram consideradas adequadas.

De acordo com os resultados obtidos, o aparelho Ultralux (halógeno) apresentou melhores resultados quando comparado aos demais. Este fato concorda com os estudos de Obici, 2003; Andrade, 2004; Cefaly *et al.*, 2005, os quais relatam que o aparelho a base de luz halógena proporcionou maior microdureza. Já outros autores, encontraram resultados melhores quando foram utilizados aparelhos à base

de LEDs, como Campregher, em 2003. Este autor, atribui o melhor desempenho dos LEDs, em seu estudo, à intensidade de luz dos fotoativadores testados, que, se apresentavam semelhantes entre os aparelhos; enquanto que os estudos anteriores a esse, apresentavam intensidade de luz dos LEDs bastante inferior à dos aparelhos de luz halógena. Existem ainda estudos onde não foi encontrada diferença de desempenho entre aparelhos halógenos e a base de LEDs, como o de Correr *et al.*, 2005.

Por se tratar de um estudo *in vitro*, estando, portanto pouco suscetível a grandes variações, este estudo utilizou cinco corpos de prova para cada grupo de estudo de acordo com Adabo; Cruz; Zanarotti, 1997; Seabra, 2000; Delgado *et al.*, 2003; Faria, 2003; Tsai *et al.*, 2004; Silva *et al.*, 2006). Existem até pesquisas onde são utilizados apenas três espécimes por grupo de estudo, para testes de microdureza (Carvalho Jr., 2002; Nitta, 2005).

Os aparelhos fotoativadores a base de LEDs parecem ser uma boa alternativa aos aparelhos convencionais de lâmpada halógena, porém ainda são necessários estudos devido à controvérsias encontradas em diferentes estudos realizados utilizando essa tecnologia.

Considerando os fatores discutidos e dentro das condições experimentais do presente estudo, observou-se que para a microdureza das resinas compostas, o aparelho fotopolimerizador halógeno apresentou os melhores resultados quando comparado aos demais. Com isso, pode-se notar que, com um aparelho fotoativador convencional é possível obter-se adequada polimerização das resinas compostas, sem a necessidade da utilização de um equipamento com alta tecnologia e custo elevado. Porém, apesar de terem sido encontrados valores inferiores para os LEDs, a eficiência de polimerização também mostrou valores aceitáveis para a microdureza da Z250, o que não descarta a utilização destes aparelhos. Entretanto, quando se avalia a eficiência de polimerização das técnicas de fotoativação, outros aspectos devem ser avaliados, como sua influência no vedamento marginal das restaurações, nas tensões geradas durante a contração de polimerização, além de outras características físicas e mecânicas das resinas compostas utilizadas.

7 CONCLUSÕES

Com base na metodologia empregada e de acordo com os resultados obtidos, pôde-se concluir que:

1. Dentre os aparelhos testados, o que proporcionou maiores valores de microdureza, foi o Ultralux-Dabiatlante, independente da espessura do corpo-de-prova;
2. Dentro de cada aparelho testado, não foi encontrada diferença significativa na microdureza do compósito nas profundidades de 2 e 3 mm, tanto no topo quanto no fundo;
3. Para os aparelhos Ultralux e Rarii foi verificada diferença significativa entre a microdureza de topo e de fundo, tanto para as amostras de 2 quanto de 3 mm, sendo os maiores valores de dureza *Vickers* encontrados no topo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADABO, G. L.; CRUZ, C. A. S.; ZANAROTTI, E. Estudo da influência de diferentes métodos de polimerização complementar sobre a dureza de resinas compostas fototivadas. **Odonto 2000 – Odontologia do Século XXI**. [s.l.], v. 1, n. 1, p. 38-42, 1997.

AGUIAR, F. H. B. *et al.* Hardness and diametral tensile strength of a hybrid composite resin polymerized with different modes and immersed in ethanol or distilled water media. **Dental Materials**, Copenhagen. v. 21, n. 12, p. 1098-103, dec. 2005.

AGUIAR, F. H. B. *et al.* Effect of light curing tip distance and resin shade on microhardness of a hybrid resin composite. **Brazilian Oral Research**. São Paulo, v. 19, n. 4, p. 302-6, 2005.

AMARAL, C. M. *et al.* Efeito das técnicas de inserção e ativação da resina composta sobre a microinfiltração e microdureza. **Pesquisa Odontológica Brasileira**. São Paulo, v. 16, n. 3, p. 257-62, 2002.

ANDRADE, L. E. H. **Estudo da difusão de um corante orgânico em resinas compostas polimerizadas por duas fontes de luz**. Avaliação através de espectroscopia de fluorescência. 2004. 116 f. Tese (Doutorado em Dentística Restauradora)–Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2004.

BAHARAV, H. *et al.* Effect of exposure time on the depth of polymerization of a visible light-cured composite resin. **Journal of Oral Rehabilitation**. Oxford, v. 15, n. 2, p. 167-72, 1988.

BALA, O.; ÖLMEZ, A.; KALAYCI, S. Effect of LED and halogen light curing on polymerization of resin-based composites. **Journal of Oral Rehabilitation**. Oxford, v. 32, n. 2, p. 134-40, 2005.

BARGHI, N.; BERRY, T.; HATTON, C. Evaluating intensity output of curing lights in private dental offices. **The Journal of the American Dental Association**. Chicago, v. 125, n. 7, p. 992-6, Jul. 1994.

* Referências Bibliográficas elaboradas de acordo com a norma NBR-6023, ed. set. 2002 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

BASSIOUNY, M. A.; GRANT, A. A. Physical properties of a visible-light-cured composite resin. **Journal of Prosthetic Dentistry**. St. Louis, v. 43, n. 5, p. 536-41, May 1980.

BAYNE, S. C.; HEYMANN, H. O.; SWIFT Jr., E. J. Update on dental composite restorations. **The Journal of the American Dental Association**. Chicago, v. 125, n. 6, p. 687-701, Jun. 1994.

BLANKENAU, R. J. *et al.* Wavelength and intensity of seven systems for visible light-curing composite resins: a comparison study. **The Journal of the American Dental Association**. Chicago, v. 106, n. 4, p. 471-4, Apr. 1983.

BLAZZIO, M. D. *et al.* Descobrindo seu fotopolimerizador. **Revista da Associação Paulista de Cirurgiões-Dentistas**. São Paulo, v. 57, n. 1, p. 66-71, jan./fev. 2003.

CAMPREGHER, U. B. **Eficácia do LED como fonte de polimerização de um compósito**. 2003. 61 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia – Clínica Odontológica – Materiais Dentários)–Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

CARVALHO JUNIOR, O. B. **Avaliação “*in vitro*” da dureza superficial, da contração de polimerização e da rugosidade de 29 resinas compostas**. 2002. 226 f. Dissertação (Doutorado em Odontologia – Dentística – Materiais Dentários)–Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, Bauru, 2002.

CAUGHMAN, W. F.; RUEGGEBERG, F. A.; CURTIS Jr, J. W. Clinical guidelines for photocuring restorative resins. **The Journal of the American Dental Association**. Chicago, v. 16, n. 9, p. 1280-6, Sep. 1995.

CEFALY, D. F. G. *et al.* Microhardness of resin-based materials polymerized with LED and halogen curing units. **Brazilian Dental Journal**. Ribeirão Preto, v. 16, n. 2, p. 98-102, 2005.

COOK, W. D. Factors affecting the depth of cure of UV-polymerized composites. **Journal of Dental Research**. Chicago, v. 59, n. 5, p. 800-08, May 1980.

CORRER, A. B. *et al.* Effect of the increase of energy density on Knoop hardness of dental composites light-cured by conventional QTH, LED and Xenon plasma arc. **Dental Materials**. Copenhagen, v. 16, n. 3, p. 218-24, 2005.

CORRER SOBRINHO, L. *et al.* Influence of curing tip distance on composite Knoop hardness values. **Brazilian Dental Journal**. Ribeirão Preto, v. 11, n. 1, p. 11-17, 2000.

CUNHA, L. G. *et al.* Efeito dos métodos de fotoativação sobre a dureza *Knoop* de compósitos odontológicos. **Revista da Faculdade de Odontologia de São José dos Campos** [s.l.], v. 4, n. 3, p. 36-42, set./dez. 2001.

DE BACKER, J.; DERMAUT, L. Visible light sources and posterior visible light cured resins: a practical mixture. **Quintessence International**. Berlim, v. 17, n. 10, p. 635-41, 1986.

DELGADO, L. A. C. *et al.* Efeito de diferentes sistemas de fotopolimerização na microdureza de uma resina composta *Bleach Shade*. **Revista Ibero-americana de Odontologia Estética & Dentística**. Curitiba, v. 2, n. 8, p. 348-57, 2003.

F. e SILVA, A. L. *et al.* Effect of the composite photoactivation mode on microtensile bond strength and Knoop microhardness. **Dental Materials**. Copenhagen, v. 22, n. 3, p. 203-10, 2006.

FARIA, G. B. **Avaliação *in vitro* da microdureza superficial e profunda de resinas compostas fotoativadas com o tempo de exposição preconizados pelos fabricantes e outros tempos**. 2003. 132 f. Dissertação (Mestrado em Clínicas Odontológicas - Dentística)–Faculdade de Odontologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

FRAUNHOFER, J. A. V. The surface hardness of polymeric restorative materials. **British Dental Journal**. London, v. 130, n. 16, p. 243-5, Mar. 1971.

HANSEN, E. K.; ASMUSSEN, E. Reliability of three dental radiometers. **Scandinavian Journal of Dental Research**. Copenhagen, v. 101, n. 2, p. 115-9, 1993.

HYPOLITO, M. P. *et al.* Avaliação da microdureza Vickers de uma resina composta: Efeito do tempo de exposição a unidades de luz Led e halógena. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA ODONTOLÓGICA, 22., 2005, Águas de Lindóia. **Anais...Águas de Lindóia**, 2005. p.186.

KANCA, J. III. Visible light-activated posterior composite resins – comparison of surface hardness and uniformity of cure. **Quintessence International**. Berlim, v. 16, n. 5, p. 345-7, 1985.

LAMBERT, R. L.; PASSON, J. C. Inconsistent depth of cure produced by identical visible light generators. **General Dentistry**. Chicago, v. 36, n. 2, p. 124-5, Mar./Apr. 1988.

MACHADO, C. T. **Avaliação da microdureza de uma marca comercial de resina composta híbrida submetida a três tipos de aparelhos fotopolimerizadores**. 2000. 168 f. Dissertação (Mestrado em Dentística Restauradora)–Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2000.

_____. **Avaliação do desempenho clínico de aparelhos fotopolimerizadores utilizando teste de dureza variando tempo de exposição e profundidade de polimerização**. 2003. 139 f. Tese (Doutorado em Odontologia –Área de Dentística Restauradora)-Faculdade de Odontologia de Pernambuco, Universidade de Pernambuco, Camaragibe, 2003.

MANDARINO, F. *et al.* Efeito da tonalidade de cor sobre a profundidade de polimerização das resinas compostas fotopolimerizáveis. **Revista Brasileira de Odontologia**. Rio de Janeiro, v. 49, n. 5, p. 38-41, set./out. 1992.

MARTINS, F. *et al.* Microdureza de resinas função da cor e luz halógena. **Pesquisa Odontológica Brasileira**. São Paulo, v. 16, n. 3, p. 246-50, jul./set. 2002.

MAZUR, R. F. *et al.* Avaliação da qualidade dos aparelhos fotopolimerizadores da clínica odontológica da PUC-PR. **Revista Ibero-americana de Odontologia Estética e Dentística**. Curitiba, v. 3, n. 10, p. 160-8, 2004.

MEDEIROS, I. S. **Dispositivo LED para polimerização de resinas compostas dentais: comparação com outras fontes de luz**. 2001. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais)–Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

NITTA, K. Effect of light guide tip diameter of LED-light curing unit on polymerization of light-cured composites. **Dental Materials**, Copenhagen, v. 21, n. 3, p. 217-23, 2005.

OBICI, A. C. **Avaliação de propriedades físicas e mecânicas de compósitos restauradores odontológicos fotoativados por diferentes métodos**. 2003. 138 f. Tese (Doutorado em Materiais Dentários)-Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas, Piracicaba, 2003.

Perfil técnico do produto Filtek Z250 – 3M ESPE, 2000.

PEREIRA, S. K.; PORTO, C. L. A.; MENDES, A. J. D. Avaliação da dureza superficial de uma resina composta híbrida em função de cor, tempo de exposição, intensidade de luz e profundidade do material. **Jornal Brasileiro de Clínica Estética Odontológica**. Curitiba, v. 4, n. 23, p. 63-7, set./out. 2000.

_____. Efeitos de diferentes sistemas de fotopolimerização na dureza superficial da resina composta. **Jornal Brasileiro de Clínica Odontológica Integrada**. Curitiba, v. 5, n. 26, p. 156-61, 2001.

PERIS, A. R. **Avaliação da microdureza de resinas compostas submetidas a quatro técnicas de fotoativação**. 2003. 126 f. Dissertação (Mestrado em Clínica Odontológica – Área de Dentística)-Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas, 2003.

RASTELLI, A. N. S. **Avaliação da profundidade de polimerização de uma resina composta, pela técnica transdental, utilizando-se três diferentes fontes de luz: halógena, Laser de Argônio e Leds**. 2002. 185 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia – Área de Dentística Restauradora)-Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2002.

RUEGGERBERG, F. A.; CAUGHMAN, W. F.; CURTIS Jr., J. W. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. **Operative Dentistry**. Seattle, v. 19, n. 1, p. 26-32, 1994.

RUYTER, I. E.; OYSAED, H. Conversion in different depths of ultraviolet and visible light activated composite materials. **Acta Odontologica Escandinavica**. Oslo, v. 40, n. 3, p. 179-92, 1982.

SANTOS, L. A. *et al.* Microdureza de resina composta: efeito de aparelhos e tempos de polimerização em diferentes profundidades. **Pesquisa Odontológica Brasileira**. São Paulo, v. 14, n. 1, p. 65-70, jan./mar. 2000.

SEABRA, B. G. M. **Avaliação da profundidade de polimerização de resinas compostas “condensáveis” em função do tempo de exposição à luz e da interferência do esmalte dentário.** 2000. 132 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia - Dentística)–Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, Bauru, 2000.

TIRTHA, R. *et al.* In vitro depth of cure of photo-activated composites. **Journal of Dental Research.** Chicago, v. 61, n. 10, p. 1184-7, Oct. 1982.

TSAI, P. C. L.; MEYERS, I. A.; WALSH, L. J. Depth of cure and surface microhardness of composite resin cured with blue LED curing lights. **Dental Materials.** Copenhagen, v. 20, n. 4, p. 364-9, 2004.

TURBINO, M. L. *et al.* Photopolymerized resins: surface hardness variation in relation to time of polymerization and setting. **Brazilian Dental Journal.** Ribeirão Preto, v. 3, n. 2, p. 87-94, 1992.

TURBINO, M. L.; SANTOS, L. A.; MATSON, E. Microdureza de resina composta fotopolimerizável: a cor da matriz experimental pode alterar os resultados dos testes? **Pesquisa Odontológica Brasileira.** São Paulo, v. 14, n. 3, p. 232-6, jul./set. 2000.

UHL, A. *et al.* The influence of storage and indenter load on the Knoop hardness of dental composites polymerized with LED and halogen technologies. **Dental Materials.** Copenhagen, v. 20, n. 1, p. 21-8, Jan. 2004.

UHL, A.; SIGUSCH, B. W.; JANDT, K. D. Second generation LEDs for the polymerization of oral biomaterials. **Dental Materials.** Copenhagen, v. 20, n. 1, p. 80-7, Jan. 2004.

VARGAS, M. A.; COBB, D. S.; SCHMIT, J. L. Polymerization of composite resins: argon laser vs conventional light. **Operative Dentistry.** Seattle, v. 23, n. 2, p. 87-93, 1998.

VIEIRA, G. F. *et al.* Análise da irradiação de diversos aparelhos fotopolimerizadores. **Revista de Odontologia da Universidade de São Paulo.** São Paulo, v. 12, n. 4, p. 395-9, out./dez. 1998.

YAP, A. U. J. Effectiveness of polymerization in composite restoratives claiming bulk placement: impact of cavity depth and exposure time. **Operative Dentistry.** Seattle, v. 25, n. 2, p. 113-20, 2000.

ANEXOS

Aparelho fotopolimerizador **Ultralux** – Dabiatlante

Comprimento de Onda- 400 a 500 nm

Tempo de Exposição: 40 segundos

Compósito: Z250 A3

Leitura: 24 horas

Dureza Shimadzu 300 gramas por 15 segundos

Matriz 2 mm

Corpo-de-prova 1

Intensidade de Luz Inicial: 419 mW/cm² - Final: 429 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	79,7	95	91,7	88,8
Fundo	92	74,4	77,3	81,3

Corpo-de-prova 2

Intensidade de Luz Inicial: 442 mW/cm² - Final: 435 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	91,5	95,2	92,7	93,1
Fundo	87,2	82,9	83,8	84,6

Corpo-de-prova 3

Intensidade de Luz Inicial: 382 mW/cm² - Final: 422 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	84,7	93,8	95,3	91,3
Fundo	84	83,1	82,1	83,1

Corpo-de-prova 4

Intensidade de Luz Inicial: 376 mW/cm² - Final: 408 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	97,1	91,8	90,5	93,1
Fundo	93,6	88,5	86,9	89,7

Corpo-de-prova 5

Intensidade de Luz Inicial: 420 mW/cm² - Final: 397 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	91,3	96,1	91,1	92,8
Fundo	87,4	82,5	89,4	86,4

Aparelho fotopolimerizador **Ultralux** – Dabiatlante

Comprimento de Onda- 400 a 500 nm

Tempo de Exposição: 40 segundos

Compósito: Z250 A3

Leitura: 24 horas

Dureza Shimadzu 300 gramas por 15 segundos

Matriz 3 mm

Corpo-de-prova 1

Intensidade de Luz Inicial: 416 mW/cm² - Final: 390 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	92	91	89,3	90,8
Fundo	87,6	84,6	88	86,7

Corpo-de-prova 2

Intensidade de Luz Inicial: 417 mW/cm² - Final: 409 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	93,7	89,9	92,5	92
Fundo	89,5	83,1	80,5	84,4

Corpo-de-prova 3

Intensidade de Luz Inicial: 408 mW/cm² - Final: 418 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	97,7	93,8	95,9	95,8
Fundo	86,6	81	90,4	86

Corpo-de-prova 4

Intensidade de Luz Inicial: 396 mW/cm² - Final: 402 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	94,7	90,7	82,7	89,4
Fundo	77,3	87	87,8	84

Corpo-de-prova 5

Intensidade de Luz Inicial: 421 mW/cm² - Final: 390 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	90,7	86,1	95,7	90,8
Fundo	87,2	88,2	89	88,1

Aparelho fotopolimerizador **Radii** - SDI

Comprimento de Onda- 470 nm

Tempo de Exposição: 40 segundos

Compósito: Z250 A3

Leitura: 24 horas

Dureza Shimadzu 300 gramas por 15 segundos

Matriz 2 mm

Corpo-de-prova 1

Intensidade de Luz Inicial: 1742 mW/cm² - Final: 1755 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	83,0	78,5	80,1	80,5
Fundo	83,0	79,3	80,0	80,8

Corpo-de-prova 2

Intensidade de Luz Inicial: 1760 mW/cm² - Final: 1547 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	80,4	81,2	84,1	81,9
Fundo	79,1	79,4	72,6	77,0

Corpo-de-prova 3

Intensidade de Luz Inicial: 1776 mW/cm² - Final: 1751 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	83,7	87,5	84,4	85,2
Fundo	81,2	78,7	76,7	78,9

Corpo-de-prova 4

Intensidade de Luz Inicial: 1767 mW/cm² - Final: 1620 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	85,5	83,8	79,2	82,8
Fundo	72,6	69,6	74,6	72,3

Corpo-de-prova 5

Intensidade de Luz Inicial: 1715 mW/cm² - Final: 1755 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	88,6	84,6	84,3	85,8
Fundo	76,8	79,0	78,4	78,1

Aparelho fotopolimerizador **Radii** - SDI

Comprimento de Onda- 470 nm

Tempo de Exposição: 40 segundos

Compósito: Z250 A3

Leitura: 24 horas

Dureza Shimadzu 300 gramas por 15 segundos

Matriz 3 mm

Corpo-de-prova 1

Intensidade de Luz Inicial: 1721 mW/cm² - Final: 1742 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	81,8	82,3	80,6	81,6
Fundo	80,1	80,9	76,7	79,2

Corpo-de-prova 2

Intensidade de Luz Inicial: 1765 mW/cm² - Final: 1757 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	77,6	81,5	81,5	80,2
Fundo	76,1	74,6	76,2	75,6

Corpo-de-prova 3

Intensidade de Luz Inicial: 1737 mW/cm² - Final: 1745 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	89,0	83,5	87,5	86,7
Fundo	77,5	76,2	77,5	77,1

Corpo-de-prova 4

Intensidade de Luz Inicial: 1726 mW/cm² - Final: 1727 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	84,3	78,0	80,1	80,8
Fundo	76,0	76,1	75,5	75,9

Corpo-de-prova 5

Intensidade de Luz Inicial: 1744 mW/cm² - Final: 1721 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	80,9	84,6	83,0	82,8
Fundo	77,2	75,4	84,0	78,9

Aparelho fotopolimerizador **Optilight CL** – Gnatus

Comprimento de Onda- 470 nm

Tempo de Exposição: 40 segundos

Compósito: Z250 A3

Leitura: 24 horas

Dureza Shimadzu 300 gramas por 15 segundos

Matriz 2 mm

Corpo-de-prova 1

Intensidade de Luz Inicial: 451 mW/cm² - Final: 405 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	84,8	84,3	85,8	85,6
Fundo	82,8	79,1	84,5	82,1

Corpo-de-prova 2

Intensidade de Luz Inicial: 441 mW/cm² - Final: 412 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	82,7	80,8	84,7	82,7
Fundo	80,6	81,8	78,0	80,1

Corpo-de-prova 3

Intensidade de Luz Inicial: 445 mW/cm² - Final: 391 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	88,0	90,1	81,8	86,6
Fundo	76,0	78,3	81,7	78,7

Corpo-de-prova 4

Intensidade de Luz Inicial: 444 mW/cm² - Final: 422 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	87,4	82,0	82,2	83,9
Fundo	78,0	80,6	79,8	79,5

Corpo-de-prova 5

Intensidade de Luz Inicial: 455 mW/cm² - Final: 439 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	81,0	82,6	82,5	82,0
Fundo	77,7	74,9	76,3	76,3

Aparelho fotopolimerizador **Optilight CL** – Gnatus

Comprimento de Onda- 470 nm

Tempo de Exposição: 40 segundos

Compósito: Z250 A3

Leitura: 24 horas

Dureza Shimadzu 300 gramas por 15 segundos

Matriz 3 mm

Corpo-de-prova 1

Intensidade de Luz Inicial: 459 mW/cm² - Final: 443 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	83,4	86,2	80,8	83,5
Fundo	74,5	76,6	76,1	75,7

Corpo-de-prova 2

Intensidade de Luz Inicial: 438 mW/cm² - Final: 389 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	83,1	82,2	87,0	84,1
Fundo	79,0	73,3	80,4	78,9

Corpo-de-prova 3

Intensidade de Luz Inicial: 410 mW/cm² - Final: 402 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	78,9	81,0	83,8	81,2
Fundo	82,6	78,9	78,1	79,9

Corpo-de-Prova 4

Intensidade de Luz Inicial: 424 mW/cm² - Final: 413 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	81,7	86,1	83,3	83,7
Fundo	78,2	79,7	82,3	80,1

Corpo-de-Prova 5

Intensidade de Luz Inicial: 458 mW/cm² - Final: 417 mW/cm²

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Média
Topo	74,7	74,5	78,1	75,8
Fundo	78,2	74,9	77,0	76,7

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)