

**Ana Luiza Vilas Boas Strang**

**AVALIAÇÃO DA MICRODUREZA DE UMA RESINA  
COMPOSTA NANOPARTICULADA VARIANDO-SE O  
MATIZ, O SISTEMA DE FOTOATIVACÃO E O TEMPO  
DE APLICAÇÃO**

Dissertação apresentada para obtenção do Título de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação do Departamento de Odontologia da Universidade de Taubaté.

Subárea de Concentração: Dentística

Orientador: Prof. Dr. José Benedicto de Mello

**Taubaté – SP  
2005**

ANA LUIZA VILAS BOAS STRANG

AVALIAÇÃO DA MICRODUREZA DE UMA RESINA COMPOSTA  
NANOPARTICULADA VARIANDO-SE O MATIZ, O SISTEMA DE  
FOTOATIVAÇÃO E O TEMPO DE APLICAÇÃO

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ, TAUBATÉ, SP

Data: \_\_\_\_\_

Resultado: \_\_\_\_\_

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. José Benedicto de Mello \_\_\_\_\_ INSTITUIÇÃO: UNITAU

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Clovis Pagani \_\_\_\_\_ INSTITUIÇÃO: UNESP

Assinatura: \_\_\_\_\_

Prof. Dra. Priscila Christiane Suzy Liporoni \_\_\_\_\_ INSTITUIÇÃO: UNITAU

Assinatura: \_\_\_\_\_

“Nunca é tarde para você ser o que poderia ter sido”.

Winston Churchill

**A DEUS**, pela minha vida. Obrigada.

**Aos meus pais, ANTONIO AMARAL e GIOCONDA**, por toda sua dedicação e exemplo de vida. Os valores que me transmitiram norteiam o meu caminho. Muito obrigada.

**A minha filha, MARIETTA**, razão da minha existência.

**Ao LUIZ NELSON, meu companheiro**, grande amor, amigo, que esteve ao meu lado em toda essa caminhada, me dando força para superar os desafios, sempre apoiando, incentivando e colaborando com a realização desse sonho.

## **AGRADECIMENTO ESPECIAL**

Ao **PROF. DR. LUIZ NARCISO BARATIERI**, meu eterno mestre, que me tomou pelas mãos e me ensinou os primeiros passos.

Compartilhar do seu conhecimento, profissionalismo e objetividade foi um grande aprendizado.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao **Prof. Dr. José Benedicto de Mello**, meu orientador, pelo seu ensinamento, dedicação, incentivo e especialmente pelo carinho que sempre demonstrou ao esclarecer e direcionar este projeto, possibilitando a sua execução.

Aos colegas de turma de Mestrado, especialmente Marcos Vinicius de Castro, Paulo Henrique Marçal e Juliano Garcia Fernandes companheiros que viabilizaram a realização deste mestrado. Obrigada pela agradável convivência e trocas de experiências e expectativas.

Aos colegas Marcelo Henrique Costa, Paulo César Tavares, Amilton Santos e Ligia Castro Alves pela colaboração, companheirismo e amizade constantes.

Ao engenheiro Dr. Dalci Roberto dos Santos chefe do depto da subdivisão de ensaios da Aeronáutica Materiais Raros (AMR) e engenheiro Dr. Olivério Moreira de M. Silva pela autorização e ensinamentos para utilização do laboratório do Centro Técnico AeroEspacial (CTA).

Ao técnico João Batista Rodrigues, do Laboratório de Metalografia-Aeronáutica Materiais Raros, pela atenção dispensada e enorme boa vontade durante a realização das leituras da microdureza.

Às empresas que gentilmente cederam os aparelhos para realização deste trabalho: Dental OTHOSCOPE especialmente seu proprietário João Luiz Meirelles, DMC e 3M/ESPE.

À Sonia Marise de Souza Campos, amiga de todas as horas, pelo carinho e boa vontade na revisão gramatical deste texto.

Ao meu querido primo e amigo, Leonardo Vieira, pela enorme colaboração na realização do abstract deste trabalho.

Ao professor Dr. Paulo Quinteiros pela eficiência na realização da Análise Estatística.

A Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Priscila Christiane Suzy Liporoni por ter possibilitado a execução deste trabalho no laboratório do ITA por meio de seus contatos.

A todos aqueles que de alguma forma, direta ou indiretamente, tornaram possível a realização deste trabalho. Meu sincero agradecimento.

STRANG, A.L.V.B. **Avaliação da microdureza de uma resina composta nanoparticulada variando-se o matiz, o sistema de fotoativação e o tempo de aplicação.** 2005. 74f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Departamento de Odontologia, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2005.

## **Resumo**

A reação de polimerização das resinas compostas, o efeito da luz utilizada e a cor do compósito podem interferir no resultado final da restauração. O objetivo desta pesquisa foi avaliar, “*in vitro*”, a microdureza obtida no compósito nanométrico utilizando diferentes cores e submetido à polimerização por luz halógena e LED variando o tempo de exposição de 20s para 40s. Foram confeccionados dez corpos-de-prova para cada grupo, divididos em oito grupos (n=80), em matriz de sílica, contendo uma cavidade interna de 4mm de profundidade e 6mm de diâmetro. Os aparelhos utilizados foram: Ultrablue IS - 600 mW (DMC) e Optilux 500 (Demetron). Após a fotoativação, os corpos-de-prova foram armazenados em frascos escuros com umidade relativa por 24h. Foram incluídos em resina poliéster orto cristal 2120. Para polimento utilizou-se lixa abrasiva de óxido de alumínio de granulação crescente de 180 até 1000, utilizou-se em seguida pasta de diamante de 6 microns, durante 3 a 5s. O polimento final foi com uma suspensão de sílica coloidal sobre um disco de feltro. Foram submetidos ao teste de microdureza Vickers no aparelho de microdureza DIGITAL MICROHARDNESS TESTER com três indentações na superfície do material usando uma carga estática de 100gramas durante 7s. As leituras da amostra foram determinadas pela média de valores destas indentações. Os dados foram tabulados e submetidos à análise de variância estabelecida com nível de significância de 5% e com análise estatística por meio do teste de TUKEY. Concluiu-se que os valores de microdureza não apresentaram diferença estatística significativa entre os grupos, quanto à cor e o tipo de fotoativação, havendo diferença apenas quanto ao tempo de fotoativação, onde os grupos com 40s apresentaram maior microdureza em relação aos de 20s.

**Palavras-chave:** LED, aparelhos fotoativadores, luz halógena, microdureza, tempo de fotoativação, resina composta.

STRANG, A.L.V.B. **Evaluation of microhardness of a nanoparticle composite resin of different colours light-cured by halogen light and LED activation in different time.** 2005. 74f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Departamento de Odontologia, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2005.

### **Abstract**

The composite resin light-cured reaction, the effect of the light used and the composite color can interfere in the restoration final outcome. This research aimed to evaluate “*in vitro*” the obtained microhardness on the nanometer resin composite using different colors and submitting to the light curing by a halogen light set and LED in different time exposition varying from 20 to 40s. Ten sample tests were created for each group, divided into eight groups (n=80), in silicone matrixes, with a 4mm deep and 6mm diameter internal cavity. The equipments used were: Ultrablue IS - 600 mW (DMC) and Optilux 500 (Demetron). After the light activation procedure, the sample tests were preserved for 24 hours in dark bottles with relative humidity. The samples were included in Orto crystal 2120 polyester resin. Aluminum oxide abrasive sandpaper was used the polishing with a crescent granulation from 180 to 1000. After that, a 6 microns diamond paste was used during 3 to 5 seconds. The final polishing was obtained with a colloidal silicon suspension over a felt disc. The samples were submitted to the Vickers’ microhardness test with the DIGITAL MICROHARDNESS TESTER with three indentations in the material surface using a static charge of 100gr during 7 seconds. The samples readings were determined by the values mean of three indentations. The data was tabulated and statistically analyzed under the Tukey’s test and then submitted to the variance analysis under a 5% significance level. It was concluded that the microhardness values did not present a significant statistical difference among the groups regarding the colors and the light activation type. The only perceived difference was related to the time activation where the groups with 40s presented a higher micro hardness then the groups with a 20s activation.

**Key words:** LED, light-curing activation, halogen light, microhardness, and composite resin.



## SUMÁRIO

Resumo	7
Abstract	8
Lista de Tabelas	10
Lista de Figuras	11
Lista de Abreviaturas e de Siglas	12
1 Introdução	13
2 Revisão de Literatura	14
3 Proposição	39
4 Material e Método	40
4.1 Materiais e Equipamentos	40
4.2 Delineamento Experimental	42
4.3 Confeção e Armazenamento dos Corpos-de-prova	43
4.4 Análise da Microdureza	44
4.5 Organograma	48
5 Resultados	49
6 Discussão	53
7 Conclusões	60
Referências	61
Apêndice	69

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Variáveis avaliadas em cada grupo	43
Tabela 2 – Resultados obtidos da deformação no microdurômetro	49
Tabela 3 – Médias obtidas e desvio padrão	49
Tabela 4 – Resultados obtidos da microdureza no microdurômetro	51
Tabela 5 – Médias obtidas da microdureza	52

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Material utilizado	40
Figura 2 – Resina composta FILTEK SUPREME (3M)	40
Figura 3 – Aparelho OPTILUX 500 (Demetron)	41
Figura 4 – Aparelho ULTRABLUE IS (DMC)	41
Figura 5 – Número de amostras estudadas	42
Figura 6 – Matriz de silicona utilizada para confecção do corpo-de-prova	44
Figura 7 – Espátulas utilizadas para confecção do corpo-de-prova	45
Figura 8 – Armazenamento do corpo-de-prova	45
Figura 9 – Inclusão do corpo-de-prova para medição da microdureza	45
Figura 10 – Politriz (Knuth Rotor-Struers)	46
Figura 11 – Politriz elétrica rotativa (Praziz APL-4)	46
Figura 12 – Politriz elétrica rotativa de sílica coloidal	47
Figura 13 – Microdurômetro Vickers (Future Tech Digital Microhardness Test FM)	47
Figura 14 – Indentação na superfície do material	47
Figura 15 – Gráfico 1-Coeficiente de variação para deformação	50
Figura 16 – Gráfico 2- Variação para cada um dos grupos	50
Figura 17 – Gráfico 3 -Valores médios de deformação	50
Figura 18 – Gráfico 4-Valores médios de microdureza	52

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASTM – American Standart for Testing Materials

°C – grau Celsius

cm<sup>2</sup> – centímetro quadrado

gf – grama força

HV – hardness Vickers

h – horas

kgf – kilograma força

LED – Light Emitting Diode ou Luz Emitida por Diodo

µm – micrometro

min - minutos

mg – miligrama

mm – milímetro

mW – miliWatts

mW/cm<sup>2</sup> - miliWatts por centímetro quadrado

n<sup>o</sup> - número

nm – nanômetro

QTH – halógeno quartzo tungstênio

rpm – rotações por minuto

s – segundos

V – volts

VA – volt ampère

Vs - versus

W - Watts

## 1 Introdução

A resina composta passou a ser ativada fisicamente pela luz visível no início da década de 1970 e foi um importante marco na história da dentística restauradora moderna e o aperfeiçoamento da fotoativação de resina composta para procedimentos diretos tem sido alvo de vários estudos.

A polimerização adequada é necessária para alcançar as propriedades físicas e mecânicas do material (TARLE et al., 1998).

Para haver o sucesso clínico tornou-se imprescindível o conhecimento do avanço tecnológico dos materiais restauradores, bem como utilização adequada do aparelho fotoativador. As propriedades mecânicas da resina composta e o dispositivo de fotoativação a cada dia mais têm permitido com o seu uso nos dentes posteriores uma melhor reabilitação estética do que foi alguns anos atrás. Nos últimos anos, o uso difundido da fonte de luz tem aumentado a produção comercial de algumas variedades de unidade de luz, como por exemplo, alta intensidade de halógeno quartzo tungstênio (QTH) e emissão de luz de diodo (LED) que foram introduzidos no mercado como uma opção para polimerização (CORRER SOBRINHO et al., 2000).

Fontes de luz têm sido utilizadas, dentre elas luz halógena, laser de argônio e lâmpadas de xenônio (arco de plasma). O sistema de fotoativação com diodo emissor de luz ou simplesmente LED foi lançado no mercado odontológico e é considerado uma tecnologia de grande futuro na fotoativação. O uso do LED está sendo estudado em Odontologia Restauradora desde 1990 (ANDRADE et al., 2001).

Os clínicos ainda não dispunham no mercado de um compósito que apresentasse características satisfatórias tanto em propriedades mecânicas (dos compósitos híbridos) como de polimento final (das microparticuladas). Surgiram então no mercado as nanopartículas e os nanoaglomerados que usaram tecnologia avançada das resinas de metacrilato e da polimerização (MITRA; WU; HOLMES, 2003).

A resina composta nanoparticulada foi introduzida no mercado recentemente e possui na sua composição partículas nanométricas, diferentemente das resinas compostas existentes e por isso o presente estudo avaliou indiretamente o grau de polimerização ou de conversão da resina composta nanoparticulada, por meio da resistência à penetração, através do teste de microdureza o efeito da luz halógena e do LED nesta resina composta com tempos e cores diferentes.

## 2 Revisão da literatura

O grau de polimerização das resinas compostas fotoativadas foi avaliado por Killian em 1979 quando observou a relação entre profundidade de polimerização e intensidade de luz por meio do teste de microdureza Rockwell, para isso utilizou corpos-de-prova de 3,0mm de profundidade e analisou a superfície superior e inferior, após 1 e 24h de fotoativados. Os corpos-de-prova ficaram armazenados em temperatura de 37°C para análise de 24h. Houve uma correlação positiva entre microdureza Rockwell e intensidade de luz e observou-se que o aumento da intensidade de luz provoca aumento nos valores de microdureza, e que esses são sempre maiores na superfície superior em relação à inferior. O autor também afirmou que o aumento da microdureza com o tempo indica que a reação de polimerização da resina composta fotoativada não apresenta uma terminação efetiva, ocorrendo mesmo após a fonte de luz ter sido removida.

De Wald e Ferracane (1987) realizaram uma comparação de quatro métodos para avaliação da profundidade de polimerização da resina composta fotoativada que são microscopia ótica, espectroscopia do infravermelho, microdureza Knoop e raspagem. Este estudo foi composto de duas partes e em ambas avaliaram o matiz de três resinas compostas diferentes. Os corpos-de-prova da primeira parte foram confeccionados em matrizes cilíndricas metálicas, com 5mm de diâmetro e com 1mm, 2mm, 3mm, 4mm, e 5mm de profundidade. Cada amostra foi colocada sobre uma tira de matriz de poliéster e outra tira cobriu o topo da amostra que foi fotoativada por 40s numa distância de 1mm e reservada no escuro a 37°C por 48h. Na segunda parte deste estudo os testes de microdureza foram realizados em corpos-de-prova de 5mm de diâmetro e 5mm de altura fotoativados por 40s e reservadas na luz por 24h a 37°C. A profundidade de polimerização do material tem sido constantemente avaliada por medidas de microdureza em profundidades específicas e definida como o nível no qual o valor da microdureza equivale pelo menos 90% da obtida na superfície de topo do corpo-de-prova. Após realização dos testes, foi observado que não havia diferença significativa entre os valores de microdureza obtidos no topo do cilindro e na profundidade de 1mm. Os autores concluíram que a microscopia ótica e o método de raspagem superestimaram a profundidade de polimerização quando comparados aos valores obtidos com microdureza Knoop e o grau de conversão.

Mandarino e Porto (1989) pesquisaram microdureza de três marcas comerciais de resina composta fotoativada, por três aparelhos, verificando o comprimento de onda e intensidade luminosa dos sistemas ópticos destes aparelhos. Para isso utilizaram as resinas compostas Durafill (cor U), Heliosit (cor 20) e Herculite (cor L) e as unidades de luz Translux, Heliomat e Primelite. Matrizes de aço inoxidável com 10mm de comprimento e 5mm de diâmetro foram preenchidas com cada uma das resinas compostas e fotoativadas durante o período de 40s para confecção dos corpos-de-prova. Após a polimerização realizada com cada uma das unidades de luz, a resina composta que não havia polimerizado era desprezada e os corpos-de-prova removidos do interior da matriz e seccionados no sentido de seu longo eixo para análise da microdureza Vickers. Três impressões, a cada milímetro de profundidade do material, sendo uma marca central e duas laterais eqüidistantes foram realizadas. Os autores concluíram que os materiais em estudo apresentaram valores de microdureza diferentes entre si, sendo que resina composta Herculite apresentou maiores valores. Até a profundidade de 3mm, a microdureza não foi alterada e, a partir deste ponto, houve relação inversa entre microdureza e espessura do material. Os três aparelhos utilizados proporcionaram o mesmo nível de microdureza para todos os materiais.

Posteriormente Atmadja e Bryant em 1990, com finalidade de verificar influência de alguns fatores na profundidade de polimerização das resinas compostas avaliaram microdureza Knoop de quatro resinas compostas. Confeccionaram corpos-de-prova com 4mm de diâmetro e espessuras de 1 a 6mm. O fotopolimerizador utilizado (Heliomat) foi acionado em diferentes tempos de exposição (20s, 40s e 60s). As medidas de microdureza Knoop foram feitas cinco minutos pós-polimerização nas superfícies de topo e base dos corpos-de-prova. Após 24h e uma semana, foram tomadas novas medidas de microdureza. Os autores concluíram pelos resultados que, para cada tipo de resina composta avaliada, os valores de microdureza diminuíram com o aumento da profundidade do material; as resinas compostas microparticuladas apresentaram menor profundidade de polimerização, devido à dispersão de luz sobre suas partículas inorgânicas. O tempo de exposição mais efetivo foi de 40s, quando comparado com o de 20s; a relação na espessura do incremento é o meio mais correto para se conseguir adequada polimerização, sendo melhor do que aumentar o tempo de exposição; as resinas compostas fotoativadas continuam reação de polimerização mesmo após remoção da fonte de luz e desta forma confirmaram que reação de polimerização das

resinas compostas fotoativadas não apresenta uma terminação efetiva, ou seja, ela continua ocorrendo mesmo após a fonte de luz ter sido removida.

Sakaguchi, Douglas e Peters (1992) estudando o desempenho da luz e polimerização de materiais restauradores de resina composta prepararam amostras entre 0,9mm e 3,0mm de espessura com as seguintes resinas: P-50, Silux Plus e Herculite XR e foram polimerizadas por 60s. Em seguida foi avaliada intensidade da fonte de luz para polimerização, elevação de temperatura gerada pela fonte de luz, a exotermia de polimerização dessas resinas compostas e o efeito da cor da resina e da espessura da amostra sobre contração de polimerização. Ficou evidenciado que transmissão da luz através do matiz de resina composta escura é diminuída por causa da opacidade.

Em 1994, Rueggeberg, Caughman e Curtis Junior avaliaram o efeito da variação do tempo de exposição e intensidade de luz sobre profundidade de polimerização da resina composta com uma unidade de luz adaptada em laboratório, contendo filtros de densidade neutra para reduzir emissão de luz. Os valores de intensidade de luz foram padronizados em 800, 578, 400 e 233mW/cm<sup>2</sup> e tempos de exposição de 20s, 40s, 60s e 80s foram utilizados sobre as resinas compostas analisadas. Foi realizado o teste de espectroscopia infravermelha em diferentes profundidades das amostras de resina composta que estavam armazenadas por 24h em recipientes à prova de luz. Concluíram que a conversão dos monômeros das resinas compostas analisadas não foi afetada pela variação da intensidade de luz na superfície dos materiais, porém o tempo de exposição foi considerado fator importante para o processo de polimerização. Na profundidade de 1mm, tanto intensidade de luz, quanto tempo de exposição foram significativos para determinar o grau de conversão. Nas profundidades de 2 e 3mm das resinas compostas, polimerização é muito susceptível às alterações na intensidade de luz e duração da exposição. O tempo de 60s com intensidade de luz de 400mW/cm<sup>2</sup> é ideal para que ocorra adequada polimerização do material. Valores de intensidade abaixo de 233mW/cm<sup>2</sup> não devem ser usados devido às suas características de polimerização incompleta.

Feilzer et al. (1995) avaliaram influência da intensidade de luz sobre contração de polimerização e integridade marginal de restaurações de resinas compostas e para isso utilizaram 24 dentes humanos extraídos (pré-molares e caninos). Nesses dentes confeccionaram cavidades de classe V, nas superfícies vestibular e lingual, com margem cervical situada aproximadamente 1mm abaixo da junção cimento-esmalte e divididos em três grupos. As cavidades foram restauradas com agente intermediário



(Protect Liner) mais resina composta (Clearfil Lustre), apenas resina composta, e apenas agente intermediário. Para cada grupo, metade das amostras foi polimerizada com aparelho fotopolimerizador Translux CL (Kulzer), com intensidade de  $250 \text{ mW/cm}^2$  e a outra metade com aparelho Elipar II (Espe), com intensidade de  $650 \text{ mW/cm}^2$ . Após termociclagem, os dentes foram seccionados e observados em microscopia eletrônica de varredura utilizando técnica da réplica. Os resultados mostraram que o uso de unidade de luz de alta intensidade afeta negativamente a integridade da interface dente-restauração, melhor preservada utilizando aparelho de baixa intensidade de luz. Quanto à contração de polimerização, os resultados foram iguais para ambas condições, o que sugere que ocorreu o mesmo grau de conversão e propriedades finais do material semelhantes.

Caughman, Rueggeberg e Curtis Junior (1995) revisaram a literatura para determinar algumas diretrizes clínicas para se obter uma polimerização adequada da resina composta. Os autores recomendaram utilização de aparelhos fotoativadores que apresentassem intensidade de luz de no mínimo  $280$  a  $300 \text{ mW/cm}^2$  com tempo de exposição de 60s, incrementos com espessura máxima de 2mm de material e, quando utilizadas cores escuras, o incremento deve ser reduzido para 1mm. Fatores como os sinais de degradação do bulbo, do refletor da lâmpada halógena, bem como ao cabo da fibra ótica devem ser observados e o superaquecimento da lâmpada pode ser evitado aguardando-se o ciclo completo de refrigeração. A escolha do material restaurador também exerce influência sobre a profundidade de polimerização. Por exemplo, partícula inorgânica, com tamanho de  $0,01$  a  $1\mu\text{m}$ , reduz a penetração da luz através da resina composta, devido à dispersão da luz. Esses autores relatam que na revisão estudos indicam necessidade do tempo de exposição ser de 60s sempre que forem utilizados aparelhos fotoativadores, com  $280 \text{ mW/cm}^2$  de intensidade de luz, associados a incrementos de 2mm de material e à distância de até 6mm entre a ponta ativa e a superfície da resina composta a ser ativada.

A tecnologia de transmissão de luz à base de diodo foi desenvolvida para polimerizar materiais resinosos, na tentativa de solucionar os problemas inerentes aos aparelhos de luz halógena. O primeiro diodo emissor de luz azul superbrilhante foi desenvolvido por Nakamura, em 1993 (MILLS, 1995). No lugar de bulbos halógenos, com filamentos aquecidos, os LEDS usam junções semicondutoras que convertem energia elétrica diretamente em luz. Esses aparelhos não necessitam de filtros e demonstram uma liberação de calor de apenas  $0,3^\circ\text{C}$  (luz fria). Em 1995, foi sugerido

por Mills o uso do LED para fins odontológicos, tendo desenvolvido um dispositivo com 25 LEDs azuis para essa finalidade. Os aparelhos que utilizam o diodo emissor emitem luz visível azul, no comprimento da onda ao redor de 470 nm, com variação de mais ou menos 20 nm, sendo desta forma eficientes na fotoativação das resinas compostas (NOMOTO, 1997).

Na faixa de luz conhecida como luz visível, pode-se perceber mudança de cor à medida que o comprimento de onda vai diminuindo. Esta energia se inicia na cor vermelha (700 nm), seguindo para o laranja, amarelo, verde, azul e violeta (400 nm). A faixa de interesse para fotoativação está entre 400 e 500 nm (azul). A cura por uma unidade de alta intensidade de luz ocorre muito rapidamente podendo polimerizar resina composta em um tempo menor, porque é compensada pela intensidade. Entretanto, altas intensidades de luz não permitem escoamento suficiente para redução do estresse interno, contribuindo para uma alta contração na polimerização (MEHL; HICKEL; KUNZELMANN, 1997; ALTHOFF; HARTUNG, 2000).

O LED apresenta, como vantagens, maior tempo de vida útil, em torno de dez mil horas (enquanto a lâmpada halógena possui durabilidade estimada em 50h), menor consumo de energia, além da não indução de alteração térmica às estruturas dentais e à resina composta (FUJIBAYASHI et al., 1998).

O uso de LED para fotoativação da resina composta apresenta boas perspectivas para uso clínico, sendo vantajoso tanto para o profissional quanto para o paciente (KURACHI; LIZARELLI; BAGNATO, 1999).

Mills, Jandt e Ashworth (1999) estudaram a hipótese da unidade de fotoativação LED poder produzir uma profundidade de polimerização equivalente à unidade de luz halógena. Para confeccionar os corpos-de-prova utilizaram três resinas compostas (Silux Plus U, P-50 U e Z-100 A3,5) e uma matriz metálica medindo 4mm de diâmetro e 6mm de profundidade. Os fotoativadores Coltolux 4 LCU e LED LCU foram utilizados para fotoativar as resinas compostas por 40s, 60s e 40s, respectivamente, de acordo com orientação do fabricante, com luz halógena ou LED em cada uma das três resinas. Foram confeccionados seis corpos-de-prova por grupo. A profundidade de polimerização foi medida pelo uso de uma ponta penetradora. O teste t de Student's foi utilizado para medir os resultados e os autores concluíram que o LED LCU, com irradiação de 64% da unidade halógena, mostrou uma profundidade de polimerização significativamente mais alta. O espectro da luz emitido foi considerado, juntamente com irradiação, como um indicador de sua efetividade. Estes

autores concluíram que o uso da unidade de LED pode apresentar potencial vantajoso para o uso na clínica, devido à efetividade não ser reduzida com o tempo, como acontece com a unidade de luz halógena convencional.

A energia emitida por uma luz se baseia em um comprimento de onda, o qual se define na distância física percorrida por esta energia durante um período cíclico. O que muda o valor do comprimento de onda de uma determinada energia é sua frequência, uma vez que toda energia do espectro eletromagnético se encontra na velocidade da luz. O espectro de absorção de luz pelo fotoiniciador canforoquinona encontra-se no intervalo de comprimento de onda entre 450 e 500 nm, com absorção máxima em 468 nm, razão pela qual, que os aparelhos fotoativadores devem apresentar filtros que permitam apenas passagem da luz, com comprimento de onda entre 460 e 480 nm (RUEGGERBERG, 1999).

Prati et al. (1999) estudaram o efeito do ar, dentina e espessura da base de resina composta na redução da intensidade da luz e para isto utilizaram duas diferentes unidades de luz medindo num radiômetro. O resultado obtido evidenciou uma diminuição exponencial na intensidade de luz com a distância. Tanto o compósito como dentina com 2mm reduziram intensidade de luz em 6% do valor inicial.

Whitters, Girkin e Carey (1999) descreveram uma potencial aplicação clínica do LED InGaN (Índio Galio Nitrogênio) de emissão de luz azul como fonte de polimerização de compósitos. Compararam o esquema de seis LEDs com luz halógena convencional, visando determinar os parâmetros de polimerização e os efeitos do processo de cura nas propriedades físicas dos materiais, por meio de testes de microdureza Knoop, e utilizaram técnica de transmissão de sons para medir o tempo de polimerização para os três materiais testados, quando expostos às duas fontes de luz. Os achados indicaram uma contração de polimerização e uma mudança de temperatura que ocorreu na superfície dos materiais testados, durante fotoativação, com ambas as fontes de luz usadas. Neste estudo observaram vantagens do LED InGaN azul sobre luz halógena, tais como: o estreito espectro de emissão de luz ( $460 \pm 20$  nm), que por coincidir com o pico máximo de absorção da canforoquinona, pode produzir reação de polimerização mais eficiente e com menor geração de calor; vida útil do LED que pode chegar dez mil horas, sem apresentar grande variação de intensidade durante esse tempo; um alto brilho espectral que requer pequena quantidade de LEDs e ainda o baixo custo de cada LED. No que diz respeito a microdureza e contração de polimerização, encontrou-se resultados similares para as

duas fontes de polimerização, porém a mudança de temperatura dos materiais, durante o processo de polimerização, demonstrou-se mais baixa pela utilização do aparelho de LEDs. Seis aparelhos LED foram configurados num conjunto simples e comparados com um aparelho convencional (Aristolite) com testes “*in vitro*” sobre três resinas compostas (Tetric A3, Compoglass-F A3 e Z100 A3,5) variou-se a entrada da corrente do LED testando duas energias ópticas, com os aparelhos situados 10mm acima da superfície da amostra e por meio de uma técnica de transmissão de som mediu-se o tempo de presa das resinas compostas expostas ao LED e luz halógena. A microdureza foi medida pelo método Knoop e apesar da menor energia do LED ter produzido superfície ligeiramente menos dura houve pouca diferença estatística entre o LED e a luz halógena. Com base nestes achados, os autores relataram que, com mais LEDs, provavelmente haveria redução no tempo de endurecimento da resina composta, e concluíram que o LED é uma alternativa promissora aos sistemas de polimerização atuais.

Pereira (1999) realizou um estudo com o objetivo de analisar a relação da microdureza superficial da resina composta com intensidade de luz, cor, o tempo de exposição e profundidade do material com o propósito de investigar um ponto de estabilização da microdureza em função da variação da intensidade de luz. A confecção dos 144 corpos-de-prova com resina composta Charisma (Heraeus-Kulzer), foram nas cores A1 e C4, em matrizes de poliacetato contendo uma cavidade com 7mm de profundidade, 4mm de comprimento e 3mm de largura. O aparelho CU-100 R (K&M Ltda) estava conectado a um transformador, com o objetivo de produzir alterações na emissão da intensidade de luz, que variou entre 300 e 700 mW/cm<sup>2</sup>, e com um tempo de exposição de 40s e 60s. Estes corpos-de-prova foram cobertos com papel alumínio e armazenados à temperatura de 37 ± 2°C, em recipientes à prova de luz, durante 24 h. Depois de decorrido esse tempo foi realizado o teste de microdureza Vickers, com três impressões a cada milímetro do material, até a profundidade de 4mm. Após o teste de microdureza, foi observado que o tempo de 60s resultou em maior microdureza do que o de 40s, em todas as profundidades testadas, e que a cor C4 proporcionou resultados superiores aos da cor A1. Todas as intensidades de luz promoveram redução dos valores de microdureza, conforme o aumento da profundidade.

Os principais fatores responsáveis pelo sucesso das restaurações estéticas realizadas com resinas compostas fotoativadas são: emissão de suficiente intensidade

de luz, correto comprimento de onda e tempo de exposição adequado. A reação de polimerização das resinas compostas ocorre pela ativação do seu componente fotossensível, a canforoquinona, por uma intensidade de luz suficiente para mantê-la em estado tríplice ou de excitação. Inicialmente a luz emitida pelo aparelho fotopolimerizador ativa a canforoquinona, que interage com amina ativadora gerando radicais livres, que são moléculas extremamente reativas. Estes radicais interagem com os monômeros, que possuem ligações duplas de carbono dos grupamentos dimetacrilato, rompendo-as. Assim, tem início a reação, na qual passa ter sempre um elétron livre para reagir com outra ligação dupla. A estes, vão sendo adicionadas sucessivamente outras moléculas de monômero, formando cadeia polimérica. A reação só termina quando dois radicais complexos colidirem, sendo que, quando houver presença de oxigênio, os radicais livres irão reagir com ele, gerando inibição da polimerização. Portanto reação de polimerização do compósito dental ocorre pela conversão de monômeros numa estrutura de polímeros com ligações cruzadas (RUEGGEBERG, 1999; TEDESCO, 2002).

Pilo, Oelgiesser e Cardash (1999) relacionaram profundidade de polimerização da resina composta com intensidade de luz medida em aparelhos fotoativadores, utilizados em uso clínico. Avaliaram intensidade de luz de 130 unidades de luz com radiômetros que determinavam o valor registrado na ponta ativa dos aparelhos. Um total de 50 aparelhos fotoativadores foram selecionados, de maneira aleatória, para o procedimento de fotoativação dos corpos-de-prova com espessura padronizada de 3mm durante 50s conforme instrução do fabricante. O teste de microdureza Knoop foi realizado nas superfícies de topo e de base dos espécimes, e profundidade de polimerização, determinada pela proporção entre os dois valores. Os resultados encontrados determinaram intervalo de intensidade de luz entre 25 e 825  $\text{mW/cm}^2$ . A relação entre os valores de microdureza e intensidade de luz foi linear. Concluíram que 46% dos aparelhos fotoativadores examinados necessitavam de reparos ou deveriam ser substituídos. Atestaram vantagens da utilização dos radiômetros para determinar as condições apresentadas pelos fotoativadores devido forte correlação comprovada entre os resultados de microdureza e os valores de intensidade de luz.

Correr Sobrinho et al. (2000) estudaram influência da distância da ponta ativadora no compósito com valores de microdureza Knoop, os corpos-de-prova com 5mm de diâmetro e 2,5mm de altura foram preparados em matriz metálica, cobertas

com tira de celulose, com ponta colocada em 0,6mm e 12mm, utilizando o aparelho XL 3000 com potência de  $750\text{mW}/\text{cm}^2$ . Após armazenagem a  $37^\circ\text{C}$  por 24h, mediu-se microdureza com aparelho tendo 50g de carga por 30s. Os resultados submetidos ao teste de Tukey e análise de variância de 5% confirmaram que quanto maior a distância da ponta ativadora menor os valores de microdureza

Pereira *et al.* (2000) avaliaram profundidade de polimerização de cinco aparelhos fotoativadores por meio de um medidor de intensidade de luz, o radiômetro (Demetron) que registrou intensidade luminosa emitida por cada aparelho durante 40s e alcançaram uma correlação entre intensidade de luz e profundidade de polimerização. Foram confeccionados os corpos-de-prova para cada unidade fotoativadora, em matrizes de teflon com 6mm de diâmetro e 11mm de profundidade. O teste foi realizado com o peso de 150mg durante 15s e microdureza medida na porção mais próxima da fonte de luz e na mais distante por meio do teste de microdureza Knoop. Esses autores observaram que fontes ativadoras, com baixa intensidade luminosa, foram capazes de polimerizar a superfície igualmente a outras fontes, porém maior intensidade de luz polimerizou mais profundamente. Observaram que o máximo de microdureza ocorre a 1mm de espessura e após 80s de exposição.

Turbino, Santos e Matson (2000) estudaram a possibilidade da cor da matriz experimental alterar os resultados de testes de microdureza utilizando para confecção dos corpos-de-prova duas matrizes de propileno, de cores diferentes, sendo uma branca e outra preta. A resina composta Z100 (3M) cor A2 foi inserida e polimerizada em incremento único de 3mm e em três incrementos de 1mm cada e sua microdureza medida a uma profundidade de 3mm, sempre com o aparelho fotopolimerizador XL 1500 (3M), com intensidade de luz de  $400\text{mW}/\text{cm}^2$ , pelo tempo de 40s. Observou-se que a microdureza foi menor com matriz preta que com branca e que a técnica do incremento único induziu a menores graus de polimerização que a técnica incremental em ambas as matrizes. Sendo assim, a cor da matriz e técnica de inserção exerceram influência nos valores de microdureza.

Campos (2000) estudou microdureza e adaptação marginal cervical de uma resina composta compactável em função de tipos de aparelhos fotoativadores. Foram testados três aparelhos: Kreativ Kuring Light (Kreativ Inc.), KM200R (K&M Ltda.) e Ultralux (Dabi-Atlante). Foram confeccionados corpos-de-prova com 2mm de espessura e 5mm de diâmetro em matrizes metálicas. A inserção da resina composta foi num único incremento, e após ser planificada, foi fotoativada utilizando tempos

diferentes para cada um dos aparelhos. Após polimerização da resina composta, as amostras foram armazenadas por 24h, a 37°C e em recipiente à prova de luz, sendo depois submetidas ao teste de microdureza Vickers. Com base nos resultados, o autor concluiu que o aparelho de fotoativação convencional (Dabi-Atlante), utilizando tempo de exposição de 40s, possibilitou obtenção de maiores valores de microdureza, tanto para superfície de topo como de base, seguido pelo aparelho gradual (KM200R) e pelo aparelho de alta intensidade (Kreativ Kuring Light), que apresentou os piores resultados. Observou também que para todos os aparelhos testados houve diminuição da capacidade de fotoativar ao atravessar a camada de 2mm de resina composta.

Jandt et al. (2000) com o objetivo primário de verificar a hipótese de que profundidade de polimerização e resistência à compressão de resinas compostas fotoativadas com unidade de fotoativação à base de diodo (LED) ou com uma unidade de luz halógena convencional, não diferem significativamente, e, como segundo objetivo deste estudo os autores pretendiam caracterizar radiação e espectro da luz emitida por ambas as unidades fotoativadoras, permitindo desta forma comparações entre as unidades. Os autores utilizaram uma única resina composta (TPH A2 e A4), ativada pelas duas unidades, durante 40s. A profundidade de polimerização foi medida em dez amostras de 4mm de diâmetro e 8mm de profundidade, para cada cor, com um penetrômetro. Para o teste de resistência à compressão, foram confeccionadas seis amostras, com 4mm de diâmetro e 6mm de profundidade de cada cor do material por 40s. Os grupos foram comparados utilizando-se o teste ANOVA. O teste de resistência à compressão foi determinado após 6 e 72h. Os autores puderam observar que unidade de luz halógena polimerizou resina composta em maior profundidade que a unidade de LED e pode ser explicada pela menor radiação dessa unidade de luz. No que diz respeito à resistência à compressão, não foram observadas diferenças estatísticas significantes para as amostras polimerizadas, com uma ou outra unidade, porém foram encontradas diferenças estatísticas significantes entre as amostras armazenadas por período de 6 e 72h e para as diferentes cores do material. O espectro de luz de ambas as unidades diferiu fortemente: enquanto a halógena alcançou pico de comprimento de onda de 497nm, o LED emitiu maior parte da luz em 465nm. Os autores puderam concluir que profundidade de polimerização e resistência à compressão da resina composta, polimerizada pelas duas unidades de luz, excederam os valores recomendados pela ISO 4049, pelas especificações do fabricante e pelas

necessidades clínicas, e que a unidade LED parece ter maior potencial para aplicação clínica futura do que as unidades de luz halógena.

Santos et al. (2000) avaliaram o efeito de aparelhos e tempos de fotoativação em diferentes profundidades na microdureza de resina composta. Os testes avaliaram o grau de polimerização de uma resina composta por meio de testes de microdureza Knoop. Foram utilizados dois aparelhos fotoativadores do tipo pistola (de alta intensidade de luz), comparando com um aparelho a cabo (de baixa intensidade de luz), com tempos de exposição de 20s e 40s e em profundidades de 1 a 4mm, com três medidas de microdureza para cada região. Os corpos-de-prova foram confeccionados a partir da matriz de poliacetato, composta de duas partes: uma totalmente plana e outra contendo uma cavidade retangular de 6mm de profundidade, 4mm de largura e 3mm de altura. Os resultados mostraram haver diferença estatística significativa entre os tempos, sendo que, com 40s, a microdureza foi maior que com 20s para as quatro diferentes profundidades. Os dois aparelhos tipo pistola produziram maior microdureza que o aparelho tipo cabo e com relação à profundidade foi encontrada maior microdureza para as menores profundidades.

Uma ótima performance clínica está relacionada com uma adequada polimerização e é um fator crucial na obtenção da qualidade desses materiais (KNEZEVIC et al., 2001).

Kurachi et al. (2001) tiveram como objetivo avaliar a microdureza de uma resina composta polimerizada por cinco aparelhos à base de LED, e uma comparação com uma unidade de polimerização convencional. O teste de microdureza foi utilizado para avaliar eficácia de ambos tipos de fonte de luz. Foram preparadas cinco pontas cilíndricas com 0,8cm de diâmetro, similares ao diâmetro tradicional das lâmpadas halógenas e colocadas no interior de cada uma delas, arranjos com dois (L2), três (L3), quatro (L4), cinco (L5) ou seis (L6) LEDs azuis, emitindo pico de luz de 470 nm. A resina composta utilizada foi Z100, na cor A3, polimerizada por 20s, 40s, 60s, 120s e 180s, por cada dispositivo à base de LED e por 40s pela lâmpada halógena. Os corpos-de-prova foram preparados por meio de um aparelho com uma lâmina de aço inoxidável com espaçadores metálicos na espessura de 0,35; 1,25 e 1,8mm. Imediatamente após colocação da resina composta no local uma das pontas preparadas foi colocada em contato com uma placa de vidro e iniciou-se o processo de polimerização. Após um tempo pré-estabelecido desligou-se a corrente do aparelho e o corpo-de-prova de resina composta polimerizada foi removido, sendo que foram



obtidas diferentes espessuras nestes corpos-de-prova. As indentações do teste de microdureza Vickers foram realizadas em três posições aleatórias na superfície não iluminada. Os maiores valores de microdureza foram obtidos com o arranjo de seis LEDs, em todos os tempos de polimerização. Os resultados mostraram que, independente da quantidade de LEDs, eles são capazes de polimerizar a massa de resina composta, embora necessitem maior tempo de exposição devido à sua menor radiação relativa. A lâmpada halógena obteve 105 VHN (Vickers of hardness) na profundidade de 1,8mm, no tempo de 40s, enquanto o L6 necessitou de 100s. No entanto, 100% da luz emitida pelo LED azul está localizada dentro do espectro útil para fotoativar resina composta, ao contrário da luz emitida pela lâmpada halógena que apresentou 80% da sua energia fora dessa faixa. A partir dos resultados onde o dispositivo à base de seis LEDs, atingiu 60% da microdureza obtida pela lâmpada convencional, os autores concluíram que o LED apresenta boas perspectivas para uso clínico como fotoativador de resinas compostas.

Pereira, Porto e Mendes (2001), com o propósito de investigar a influência de diferentes condições de polimerização sobre microdureza superficial da resina composta, estudaram três aparelhos fotoativadores, associados a diferentes tempos de exposição à luz, duas cores de resina composta Charisma (híbrida) e quatro profundidades do material. Matrizes de teflon, contendo uma cavidade interna com 7mm de profundidade, 4mm de comprimento e 3mm de largura, foram preenchidas com resina composta nas cores A1 e C4. Após fotoativação de 40s, 60s nos aparelhos da DMC e 10s para o aparelho Kuring Light em três estágios: normal, boost (elevado) e ramp (em rampa), os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de microdureza Vickers. A partir dos resultados os autores concluíram que o tempo de exposição à luz, por 10s, mesmo associado à alta intensidade de luz, não foi suficiente para garantir completa polimerização da resina composta, enquanto que no tempo de 60s, foram obtidos os maiores valores de microdureza Vickers. A cor C4 promoveu resultados de microdureza superiores aos da cor A1 e, finalmente, observaram que a microdureza da resina composta foi influenciada pela profundidade do material, já que o primeiro e o segundo milímetros apresentaram resultados melhores que o terceiro e o quarto. Os autores salientaram que a reação de polimerização das resinas compostas, ou seja, completa conversão dos monômeros em polímero depende de vários fatores interligados: intensidade de luz aplicada, tempo de exposição à luz, volume do

incremento inserido na cavidade, posicionamento de cada incremento, configuração cavitária e qualidade adesiva na interface dente/restauração.

Quance et al. (2001) avaliaram os efeitos da variação na temperatura de armazenagem (18°C a 37°C) na microdureza de sete materiais fotoativados após polimerização da resina composta. Os valores de microdureza foram determinados nas superfícies de topo e de base dos corpos-de-prova em formato de disco, com 2mm de profundidade, 24h após fotoativados com unidade fotoativadora. Os resultados obtidos mostraram que a microdureza varia de acordo com as características do material, superfície (topo ou base), temperatura de armazenamento e intensidade da luz emitida. A microdureza da superfície de topo foi maior que a de base em todas as combinações, e os melhores resultados em ambas as superfícies, foram obtidos com combinação da intensidade de 500 mW/cm<sup>2</sup> e 37°C, durante o armazenamento. Os autores concluíram que a lâmpada halógena de baixa intensidade (200-250 mW/cm<sup>2</sup>) não permite adequada polimerização, mesmo que utilize 40s de irradiação e sugeriram que, para conseguir polimerização satisfatória da resina composta, os dentistas deveriam usar não só a radiação de 40s ou mais, como também unidades de fotoativação com intensidade maior que 500 mW/cm<sup>2</sup> com espessura dos incrementos de 1 mm.

Manhart, Chen e Hickel (2001) estudaram as propriedades dos materiais resinosos compactáveis para restaurações posteriores e constataram que vários métodos baseados em medições de microdureza têm sido usados para avaliar a profundidade de polimerização *in vitro*. Esses autores ressaltaram os principais fatores que afetam a profundidade de polimerização das resinas compostas, quais sejam: intensidade de luz da fonte fotoativadora, duração da exposição à luz, tamanho e quantidade de partículas, relação matriz-carga, matiz e translucidez do material. Foram estudados quatro compósitos compactáveis, uma resina composta híbrida e uma resina composta com liberação de íons, com o objetivo de identificar três características mecânicas de cada: módulo de elasticidade, microdureza Vickers e profundidade de polimerização. Para determinar microdureza Vickers, foram confeccionadas dez amostras de 9mm de diâmetro por 2mm de profundidade, polimerizadas por 40s e armazenadas a 37°C em solução fisiológica de cloreto de sódio durante 24h. Foram realizados dez entalhes, com uma carga de 200gr, em cada amostra, para medição da microdureza Vickers. Para medir profundidade de polimerização dos materiais, foram usados dois métodos: raspagem e produção de

perfil de microdureza, onde foi medida microdureza Vickers em camadas de 0,5mm e profundidade de 1 a 6mm de superfície fotopolimerizada. Os resultados mostraram correlação significativa entre os dois métodos de medição de profundidade de polimerização. Os autores concluíram que o grupo de material resinoso compactável é bastante heterogêneo em relação aos resultados mecânicos e físicos e que nas cavidades profundas não é recomendável polimerização desses materiais em único incremento.

Wang e Sang (2001) estudaram a dureza Vickers de um compósito fotoativado (TPH-Spectrum) nas cores A2 e A4, por diferentes fontes de luz. Para isto utilizaram os aparelhos Spectrum 800 (Dentsply/Caulk), Optilux 501 (Demetron), Apollo 25E (DMD) e luz halógena experimental (Dentsply/Caulk). Utilizaram radiômetro para mensurar a potência dos aparelhos. Corpos de prova com 6mm de diâmetro e 2mm de espessura foram preparados em molde de teflon. A dureza Vickers foi mensurada no topo e fundo imediatamente após a fotoativação, com condição de teste de  $n=5$ . Os resultados foram analisados por teste Anova e Tukey com nível de significância de 5%. Concluíram que uma resina composta polimerizada com alta taxa de intensidade aumenta significativamente a microdureza na base da resina composta.

Os LEDs atuais fazem parte de uma nova geração de sistemas de fotoativação, que utiliza menor quantidade de diodos e pode emitir uma maior intensidade de luz, dentro de um estreito espectro de luz (ANDRADE et al., 2001).

Quanto maior a intensidade de energia luminosa (quantum) usada no processo de fotoativação, mais fótons irão reagir com as moléculas de canforoquinona dentro da matriz resinosa do compósito, aumentando assim o grau de conversão, isto é, quantidade de monômeros reagidos e transformados em polímeros. Desta forma, a quantidade de energia luminosa é o principal fator para o grau de conversão do compósito (ABATE; ZAHRA; MACCHI, 2001).

A quantidade de energia também pode determinar a estrutura do polímero formado. Uma alta intensidade de energia pode ativar muitas moléculas de canforoquinona ao mesmo tempo, o que poderia levar à quebra de muitas ligações duplas de carbono em um mesmo polímero, resultando numa rede de polímero com estrutura parecida a uma escada (ASMUSSEN; PEUTZFELDT, 2002).

Rastelli (2002) avaliou a profundidade de polimerização de uma resina composta pela técnica trans-dental, utilizando-se de três diferentes fontes de luz (halógena, laser de argônio e LED), por meio do teste de microdureza, em função da

espessura da estrutura dental, do tempo de exposição e da superfície de topo e base. A confecção dos corpos-de-prova foi realizada em matriz metálica circular, contendo orifício central com 4mm de diâmetro e 2mm de profundidade e em seguida estes corpos-de-prova foram armazenados em estufa a 37°C, durante 24h. Os corpos-de-prova foram distribuídos em 12 grupos, de acordo com a fonte de luz utilizada, tempo de exposição e espessura de faceta de estrutura dental. Após o período de armazenamento, realizou-se o teste de microdureza Vickers. Baseado nos resultados, o autor concluiu que quanto maiores os tempos de exposição, maiores os valores de microdureza, independente da fonte de luz utilizada. A fonte de luz halógena e laser de argônio, utilizados por 40s, promoveram adequada polimerização, porém a fonte de luz à base de LED só conseguiu resultados de profundidade de polimerização semelhantes às outras fontes, com o tempo de 60s.

Revisando a literatura para o estudo de materiais e técnicas utilizadas em Dentística Restauradora, Andrade (2002) confirmou a importância da profundidade de polimerização das resinas compostas para se obter propriedades mecânicas adequadas. O autor destaca o teste de microdureza, relativamente simples e de grande precisão, como o teste mais utilizado na literatura para verificar a capacidade de polimerização de diferentes fontes de luz, assim como profundidade de polimerização dos diferentes materiais utilizados na dentística estética. A adequada polimerização deveria ser obtida em toda espessura do material, porém tem sido demonstrado que o grau de polimerização diminui com o aumento da espessura do material. Valores de microdureza elevados podem ser traduzidos como maior grau de conversão ou polimerização dos materiais, o que pode resultar em propriedades físicas aumentadas. O autor concluiu que é importante realização de trabalhos que verifiquem a capacidade de polimerização de diferentes fontes de luz e o grau de polimerização, bem como os fatores envolvidos neste processo.

Dunn e Bush (2002) comparando polimerização por luz halógena com eficácia de polimerização dos aparelhos de LED confeccionaram vinte corpos-de-prova de resina composta híbrida (FILTEK Z250-3M) e vinte de resina composta de micropartículas (RENAMEL-COSMEDENT), em matrizes de acetato de 8mm por 2mm. Posteriormente fotoativaram com quatro aparelhos, sendo dois à base de luz halógena e dois à base de LED. A intensidade de luz foi conferida com o radiômetro. Os corpos-de-prova foram armazenados secos, em recipiente à prova de luz, por 24h e submetidos ao teste de microdureza Knoop. Foram efetuadas três medidas de cada

amostra na superfície superior e inferior. Os resultados mostraram valores mais altos de microdureza, em ambas as superfícies, nas amostras polimerizadas com os aparelhos de luz halógena. Os autores sugeriram que um aparelho fotopolimerizador com sete LEDs, como os avaliados neste estudo, podem não polimerizar adequadamente os incrementos de 2mm de resina composta mas que, se aumentar o número de LEDs, sua potência provavelmente aumentaria. Concluíram que a luz produzida pelos LEDs disponíveis no mercado, para polimerização de resina composta, ainda necessita de melhorias e de estudos adicionais para se equiparar à eficácia da luz halógena, apesar das inúmeras vantagens apresentadas.

Para avaliar microdureza Vickers de compósitos híbridos, polimerizados por três diferentes fontes de luz (halógena, LED e arco de plasma) Garcia-Godoy e Garcia-Godoy em 2002 confeccionaram cinco corpos-de-prova por grupo, em matrizes de nylon. Esses corpos-de-prova foram polimerizados pelas três fontes de luzes estudadas e em seguida armazenados por 48h em umidade relativa. Realizado os testes de microdureza nas superfícies de topo e de base os resultados mostraram que não houve diferença estatística significativa nas superfícies de topo de ambos os materiais. Porém, com o grupo da luz halógena as diferenças foram significativas na superfície de base apresentando valores maiores de microdureza.

Porche, Burgess e Li (2002) estudaram a capacidade do aparelho fotoativador à base de LED de polimerizar uma camada espessa de resina composta comparado-o com aparelho à base de luz halógena. Foram confeccionados corpos-de-prova em matrizes de teflon, com 8mm de profundidade por 4mm de largura, utilizaram quatro marcas diferentes de resina composta com dois tempos de polimerização de 20s e 40s. Os corpos-de-prova foram armazenados por 1h, 24h e duas semanas, protegidas da luz e posteriormente submetidas ao teste de microdureza Vickers, com medições no topo e a cada milímetro, a partir da resina composta não polimerizada. Os resultados mostraram que o aparelho de LED foi capaz de polimerizar as amostras até 2mm, mas apresentaram pior resultado quando aumentou-se a profundidade comparada ao aparelho convencional, sendo que o tempo não apresentou diferença estatística significativa.

Unidade de LED tem feixes de luz de alcance estreito e, portanto uma alta eficiência na origem da luz. Operando em torno de 470nm, com uma faixa com 20nm de largura, LEDs azuis tem todos os espectros de pureza para uma alta eficiência de cura da resina composta (HOFMANN; HUGO; KLAIBER, 2002).

Alencar Junior et al. em 2002, avaliaram microdureza superficial da resina composta, em relação à diminuição da intensidade de luz resultante do afastamento da ponta emissora de luz. Confeccionaram corpos-de-prova com 4mm de diâmetro e 2mm de espessura, fotoativados a distâncias desde de 0mm em contato com a superfície, a 2mm, 4mm e 8mm. Foram armazenadas 24h em 37°C e realizou-se medição de microdureza Vickers, na superfície do topo e da base. Os autores verificaram que a unidade de luz estudada (K&M 200 R - DMC) foi capaz de polimerizar resina composta até a distância de 8mm, e que a microdureza da superfície de base era menor que no topo. Porém, nas distâncias de 2mm e 4mm, a microdureza manteve-se inalterada, tanto no topo como na base dos corpos-de-prova.

Gaudet, Burgess e Li (2002) estudaram a capacidade de polimerização de resinas compostas em preparos profundos, com dois aparelhos à base de LED e um de luz halógena. Foram confeccionados os corpos-de-prova em matrizes bipartidas com 8mm de profundidade e 4mm de largura e armazenados por uma, 24h e 48h sem contato com a luz, para que pudesse ser examinado o efeito de polimerização tardia da resina composta. As medidas de microdureza foram realizadas no topo e a cada milímetro, a partir do material não polimerizado na base, tendo sido definida profundidade de polimerização com 80% do valor da microdureza da superfície de topo. Os resultados mostraram que luz halógena apresentou valores maiores de profundidade de polimerização que os aparelhos à base de LED, porém estes apresentaram valores satisfatórios de polimerização até 2mm de profundidade.

Santos, Jaña e Corrêa (2002) avaliaram microdureza Knoop de uma resina composta fotoativada por luz halógena e LED. Os corpos-de-prova foram confeccionados tendo 2mm de profundidade com resina composta Z250, na cor A3 e fotoativados por duas unidades LED: LEC 470 (MMOptics) e Ultrablue (DMC) e pela unidade halógena Optilux 401 (Demetron) por 40s e 60s apenas na superfície. Foram feitas cinco leituras em cada corpo-de-prova na superfície próxima à emissão de luz e na base. Os valores de microdureza obtidos pelas unidades Ultrablue e o Optilux 401 tiveram estatísticas semelhantes, mas o aparelho LEC 470 gerou valores menores em todas as condições testadas. Os autores concluíram que, para resina composta testada, a polimerização com LED Ultrablue (DMC) se mostrou eficiente quando comparada à luz halógena.

Rueggeberg e Moss (2002) estudaram o grau de conversão do monômero de um compósito polimerizado por três diferentes fontes de luz: LED (10s), halógena

(40s) e arco-de-plasma (10s). Corpos-de-prova com 2mm de espessura de resina composta foram fotoativados no topo e na superfície. Foram utilizados os tempos determinados pelos fabricantes. Após realização do teste de espectroscopia do infravermelho, os resultados mostraram que os aparelhos à base de LED apresentaram valores de conversão inferiores aos de luz halógena e arco-de-plasma.

Pimentel et al. (2002) compararam dois tipos de aparelhos, Optilux (Demetron) e o LED Ultrablue (DMC), em relação à espessura de polimerização da resina composta e com os tempos de 20s e 40s de exposição. Vinte corpos-de-prova foram confeccionados com resina composta Filtek Z250 (3M), com 6mm de espessura por 3mm de diâmetro com incremento único em matriz de aço. No micrômetro foram realizadas quatro medidas para cada corpo-de-prova. A partir dos resultados obtidos, os autores concluíram que o aparelho de luz halógena apresentou melhor penetração da luz que o LED, independente do tempo, assim como o tempo de 40s apresentou valores superiores para ambos os aparelhos.

Meyer, Ernst e Willershausen (2002) estudaram potência da luz produzida pelos aparelhos à base de LED e os convencionais partindo da evidência que a luz emitida por diodo (LED) espalha-se mais largamente do que luz halógena e capacidade de polimerizar resina composta em diferentes distâncias da fonte de luz, comparados à distância zero. Foram usados três aparelhos à base de LED e dois de luz halógena, com a distância tendo variado de 0 a 20mm. Os autores concluíram que todos os aparelhos perderam muita densidade disponível para polimerizar resina composta numa distância de 10mm da fonte de luz, mas que os aparelhos à base de LED foram os que apresentaram maior porcentagem de perda da luz produzida.

O aparelho LED está composto por diodos, que são semicondutores no estado sólido, sob forma de cristais arranjados de nitrito de gálio. Quando a corrente elétrica passa por essas fontes sólidas, os cristais emitem luz azul produzida por eletroluminescência o que a diferencia da luz halógena. Entretanto as lâmpadas de LED apresentam, às vezes, baixa intensidade de luz e por isso são utilizadas várias lâmpadas diodo na mesma peça de mão. Apesar das várias opções os aparelhos à base de luz halógena ainda são os mais utilizados. (GARONE NETO et al., 2003).

Gonçalves (2003) avaliou e comparou cinco aparelhos fotoativadores à base de luz emitida por diodo (LED) e um aparelho de luz halógena (grupo controle) quanto à profundidade de polimerização de uma resina composta fotopolimerizável (Filtek Z250 na cor A2 – 3M/ESPE) por meio do teste de microdureza Vickers. Foram

confeccionados dez corpos-de-prova para cada grupo, em matrizes de poliacetato contendo uma cavidade interna de 7mm de profundidade, 4mm de comprimento e 3mm de largura. Os aparelhos testados foram: Ultraled (Dabi-Atlante), Ultrablue IS-600mW (DMC), Elipar Freelight (3M/ESPE), Optilight LD (Gnatus), Optilux 500 (Demetron) e Ultrablue IS-200mW (DMC). O tempo de exposição à luz foi de 60s. Após procedimento de fotoativação, os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de microdureza Vickers, do segundo ao quarto milímetro de profundidade, com três impressões em cada milímetro. As leituras da amostra foram tabuladas e os dados submetidos à Análise de Variância estabelecida com nível de significância de 5%. A partir dos resultados obtidos concluiu que os aparelhos Optilux 500, Ultrablue IS-600mW e Elipar Freelight propiciaram valores estatísticos semelhantes entre si, porém diferentes e superiores aos apresentados pelos aparelhos Ultraled, Optilight LD e Ultrablue IS-200mW. Na interação aparelho-profundidade, os aparelhos Ultrablue IS-600mW e Optilux 500 apresentaram valores de microdureza média estatísticas semelhantes e maiores que os demais aparelhos. Fez uma avaliação da microdureza em diferentes profundidades de resina composta fotoativada com aparelhos à base de luz emitida por diodo e concluiu que os aparelhos à base de LED estão em estágio de evolução e afirmação, sendo provável que, num prazo relativamente curto possam vir a substituir os aparelhos de luz halógena, apresentando várias vantagens.

Franco e Lopes em 2003, afirmaram que a energia produzida pelo LED se encontra em faixa estreita e com o pico máximo coincidindo com a região de maior absorção da canforoquinona e com dados que coincidem com Nomoto em 1997 quando confirmaram que a intensidade de luz no comprimento de onda de 470 nm deve ser o guia na eficiência da polimerização.

Aguiar em 2004 estudou os fatores que influenciam microdureza superficial de uma resina composta fotoativada como cor da resina composta, modo e tempo de polimerização entre outros. Matizes de resina composta e polimerização de resina composta feitas à distância são fatores que podem afetar a efetividade da polimerização. Este estudo “*in vitro*” teve como propósito avaliar a influência da polimerização à distância e matizes de resina composta na microdureza de um compósito híbrido resinoso (Z250 – 3M ESPE). Quarenta e cinco espécimes de resina composta foram preparadas e divididas em nove grupos experimentais (n=5): três distâncias de cura (2mm; 4mm e 8mm) e três matizes de resina composta (A1; A3.5; C2). Todas as amostras foram polimerizadas com uma potência de 550mW/cm<sup>2</sup>. Depois de 24 h,



medidas de microdureza Knoop foram tiradas na superfície e na base de cada amostra, com um peso de 25 gramas por 10s. Cinco reentrâncias foram feitas em cada face de cada amostra. Os resultados mostraram que na face da base das amostras as curas feitas à distância de 2mm e 4mm apresentaram maior microdureza que as amostras com cura a distância de 8mm. Para superfície, não houve diferenças estatísticas entre as distâncias de cura. Matiz de resina composta A1 apresentou maior microdureza e teve estatística diferente de C2, e A3,5 não apresentou diferenças estatísticas de A1 e C2. Para todas as condições experimentais, superfície mostrou maior microdureza que a base e concluiu que o matiz da resina composta e capacidade de penetração e intensidade da luz são fatores importantes a serem considerados para obtenção de uma adequada polimerização e conseqüentemente aumentando a microdureza deste compósito. O resultado do teste de microdureza revelou diferenças significantes entre os fatores modo de cura, tempo de cura e superfície, e uma tripla interação entre eles e a superfície mostrou maior microdureza do que a base.

Dantas et al. em 2004, avaliaram profundidade de polimerização e microdureza de três diferentes tipos de resinas compostas microhíbridas: Inten-S (Vivadent), Filtek Supreme (3M/ESPE) e Concept (Vigodent), quando submetidas à luz halógena. Foram confeccionados cinco corpos-de-prova para cada resina composta, ficando os grupos estabelecidos como: G1: Inten-S, G2: FS, G3: Conc. (n=5). Foi utilizada uma matriz de teflon bipartida com 6mm de diâmetro interno e 12mm de altura envolvida por uma matriz metálica. As resinas compostas foram inseridas em incremento único e fotoativadas por 60s, com o auxílio de um aparelho XL 2500 (3M/ESPE) a uma intensidade de  $500\text{mW/cm}^2$  a partir da extremidade superior da matriz com distância zero. A resina composta não polimerizada (rígida que ficou no cilindro) foi mensurada desde a superfície até sua extremidade inferior, por meio de um paquímetro digital. Após os procedimentos de polimerização, os corpos-de-prova foram submetidos aos testes da microdureza KNOOP com quatro impressões em cada mm de profundidade do material. Os resultados foram submetidos aos testes estatísticos ANOVA e TUKEY ao nível de 5% de significância. Resultados: as médias de profundidade de polimerização das resinas compostas foram: Inten-S (9.12), FS (9.08) e Conc. (10.96); e de microdureza: Inten-S – 54.10 (superfície), 51.04 (1mm), 45.96 (3mm) e 31.27 (5mm); FS – 61.73 (superfície), 69.82 (1mm), 48.82 (3mm) e 17.27 (5mm); e Conc. – 51.46 (superfície), 52.17 (1mm), 46.36 (3mm) e 34.63 (5mm). Concluiu que quanto à profundidade de polimerização não houve

diferenças significantes entre as resinas compostas. Em relação a microdureza, a resina composta Filtek Supreme apresentou uma média superior às demais.

Klein Júnior em 2004 analisou comparativamente microdureza superficial Vickers e resistência flexural em espécimes de dimensões reduzidas confeccionados com resina composta microhíbrida, fotoativados por aparelho de luz halógena ou aparelho LED. Foram produzidos espécimes em forma de pastilhas com 2,0mm espessura, 3,0mm diâmetro – análise de microdureza (n=46) e em forma retangular com 10,0 x 2,0 x 1,0mm – análise flexural (n=42) de resina composta microhíbrida Z250(3M/ESPE), fotoativados em um dos lados somente, por aparelho de luz halógena (Optilight 600 Gnatus) ou aparelho LED (Ultraled Dabi-Atlante), os quais foram armazenados por 24h em água destilada em temperatura ambiente e submetidos aos testes mecânicos de microdureza e resistência flexural. Os dados foram analisados com estatística e foram encontradas diferenças significantes. Os resultados de microdureza mostraram que os lados “A” dos espécimes tiveram maiores valores de microdureza do que os lados “B”, para ambos aparelhos, e que os espécimes fotoativados pelo aparelho de luz halógena apresentaram maiores valores de microdureza, em ambos os lados.

Nunes et al. em 2004, avaliaram o efeito de diferentes meios de armazenagem sobre microdureza superficial de diferentes resinas compostas de uso direto como: micropartícula (Durafill VS - Kulzer), microhíbrida (Filtek Z 250 - 3M) e nanopartícula (Filtek Supreme - 3M). Vinte e cinco corpos-de-prova, distribuídos em cinco grupos para cada material, foram confeccionados em formato de discos padronizados e distribuídos de forma aleatória para cada grupo. As mensurações de microdureza Knoop foram realizadas imediatamente após confecção do espécime e após sete dias de armazenagem nas diferentes condições, utilizando o aparelho microdurômetro (carga de 10Kgf; tempo de 10s). Cada material foi armazenado a 37°C em diferentes meios de armazenagem: ar, solução alcoólica 100%, 50%, 25% e água destilada (controle). Os dados foram analisados usando ANOVA e teste de Tukey com significância de 5%. A análise de variância revelou diferenças de microdureza entre os materiais e meios de armazenagem. Os meios de armazenagem úmidos influenciaram de forma distinta, a microdureza das diferentes resinas compostas avaliadas. De forma geral não houve diferença significativa entre os grupos armazenados em meio alcoólico, sendo que para resina composta de nanopartícula um

efeito adverso foi mostrado quando comparado à imersão em solução aquosa e solução alcoólica a 100%.

Lloret et al. em 2004, avaliaram o efeito do tempo de armazenamento na microdureza Vickers de uma resina composta micro-híbrida. Para tanto, foram confeccionadas cinco amostras em matrizes cilíndricas na cor preta e de polipropileno com 2mm de altura e 4mm de diâmetro interno. A resina composta Z-250 (3M-ESPE) foi inserida em incremento único, com matriz apoiada sobre uma lâmina de vidro para permitir obtenção de uma superfície plana e lisa. O conjunto era então posicionado sobre uma cartolina preta para impedir reflexão de luz, e polimerização feita com um aparelho de luz halógena (Degulux Soft-Star - Degussa) por 40s. As matrizes foram marcadas na superfície irradiada para depois serem armazenadas. O armazenamento foi realizado em recipientes a prova de luz, com água filtrada em estufa a 37°C, para posterior avaliação da microdureza. Os testes de microdureza Vickers foram realizados no microdurômetro HMV-Shimadzu com uma carga de 50 gramas por 45s. Foram feitas cinco indentações na superfície oposta a de incidência da luz, de modo que essas marcações ficassem a uma distância média de 100  $\mu\text{m}$  de cada, sendo a primeira localizada na região central da amostra e as restantes localizadas acima, abaixo e uma de cada lado. Os tempos estudados foram: imediatamente após confecção das amostras 0 hora, com 24h, 7 dias e 34 dias. A média dos cinco valores obtidos para cada amostra, foram organizadas em uma tabela e submetidas ao teste estatístico t de Student para dados vinculados. Os resultados mostraram não haver diferença estatística significativa entre as médias de 0h e 24h ( $t=1,18$ ), 0h e 7 dias ( $t=0,91$ ) e 24h e 7 dias ( $t=1,10$ ), porém houve diferença estatística significativa entre as médias de 34 dias e as médias de: 0h ( $t=3,02$ ), 24h ( $t=7,47$ ) e 7 dias ( $t=4,54$ ), sendo que em 34 dias os valores foram inferiores. Com base na metodologia utilizada nessa pesquisa pode-se concluir que até 7 dias de armazenamento não houve diferença nos valores de microdureza da resina composta, sendo que após 34 dias apresentaram-se inferiores.

Pasini et al. em 2004, analisaram em microdurômetro (HMV - 2000 – Shimadzu Japão) duas resinas compostas (RC) microhíbridas, uma tradicionalmente utilizada, Tetric Ceram e uma recém lançada no mercado, Four Seasons, ambas da Ivoclar Vivadent. Amostras de resinas compostas foram distribuídas em 2 grupos: G1 (Tetric Ceram), G2 (Four Seasons), com cinco corpos-de-prova cada, com 2mm de espessura, sendo polimerizadas pela mesma fonte ativadora (luz halógena Degulux –

Soft – Start – Degussa – Alemanha) e pelo mesmo tempo: 40s. Após sete dias de armazenamento em recipiente escuro à temperatura de  $37 \pm 2^\circ\text{C}$  (estufa SOC. FABBE LTDA BRASIL) foi realizado o teste de microdureza Vickers. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey. Baseado na metodologia empregada, concluíram que as resinas compostas testadas não apresentaram diferença estatística significativa quanto aos valores obtidos de microdureza.

Pereira, Delgado e Samra em 2004, estudaram o efeito sobre microdureza superficial de duas resinas compostas micro-híbridas de cor extra clara quando fotopolimerizadas com duas fontes de luz: halógena e LEDs. As resinas compostas utilizadas foram: Tetric® Ceram (Ivoclar Vivadent) A2 e XL e Filtek™ Z250 (3M-ESPE) A2 e B0,5. Os aparelhos utilizados foram o aparelho Curing Unit 2500/3M-ESPE e Elipar® FreeLight LED Curing Light (3M-ESPE). Paralelamente determinou-se o espectro de emissão (nm) e potência (mW) dos aparelhos testados. O espectrômetro USB2000 (Ocean Optics) e o Power Meter (Ophir) foram utilizados para determinar o espectro de emissão e potência dos aparelhos testados. A intensidade de luz ( $\text{mW}/\text{cm}^2$ ) foi calculada pelo valor da potência e área da ponta ativa do aparelho ( $i=P/A$ ). O diâmetro da ponta ativa de ambos os aparelhos foi de 7mm. Para confecção dos corpos-de-prova foram utilizadas matrizes metálicas que apresentavam um orifício central de 5mm de diâmetro por 2mm de espessura. A resina composta foi inserida em um único incremento e polimerizada durante 40s. Os corpos-de-prova foram identificados e armazenados em recipientes secos e ao abrigo da luz durante 24 h. Passado este tempo, foram submetidos ao teste de microdureza Vickers por meio do microdurômetro digital MMT-3 (Buehler) com carga de 50 gf durante 30s. Aplicou-se o teste de microdureza tanto para a superfície de topo quanto para superfície de base. Os valores de microdureza foram analisados por meio da análise de variância multifatorial e teste de Tukey para encontrar diferenças entre os fatores e as interações entre eles e contrastar as médias respectivamente. O teste t para amostras pareadas foi utilizado para determinar diferenças entre as superfícies. Os resultados evidenciaram que o espectro de emissão do aparelho à base de LEDs é mais estreito do que do aparelho de luz halógena (430 a 520nm e 400 a 520nm respectivamente). A potência e intensidade de luz do aparelho de luz halógena foram de 304mW e  $780 \text{ mW}/\text{cm}^2$  respectivamente e para o aparelho à base de LEDs foram de 117mW e  $300 \text{ mW}/\text{cm}^2$ . Os fatores analisados (resina composta, cor e fonte de luz) influenciaram

nos valores de microdureza. Concluíram que a cor extraclara obteve os menores valores de microdureza independentemente do tipo de fonte de luz utilizada e o aparelho à base de LED proporcionou os valores mais baixos de microdureza superficial.

Thomé et al. em 2004, avaliaram a microdureza quanto ao tamanho da carga, cor e distância da fonte ativadora na polimerização de resinas compostas. Foram testados dois tipos de resina composta: Filtek Z250 (microhíbrida), nas cores A1 e A3,5 e Filtek Supreme (nanoparticulada), nas cores A1B e A3,5B. Para cada cor de resina composta foram confeccionados 21 corpos-de-prova, sendo sete para cada distância de fotoativação. Os corpos-de-prova foram obtidos a partir de moldes cilíndricos de Teflon preto, bipartidos, com diâmetro interno de 5mm e altura de 2mm. Estes moldes foram posicionados sobre um conjunto composto por uma cartolina preta, uma lâmina de vidro e uma tira de matriz de poliéster. As resinas compostas foram inseridas com espátula de inserção nº1, em incremento único de 2mm e, sobre a resina composta, foi posicionada uma segunda tira de matriz de poliéster. As resinas compostas foram fotoativadas por 20s nas distâncias de: 0mm (contato com a superfície), 6mm e 12mm da superfície, utilizando uma unidade fotoativadora de luz halógena (XL 3000/3M), com  $550\text{mW}/\text{cm}^2$ . As distâncias foram padronizadas com uma sonda milimetrada. Os corpos-de-prova foram acondicionados por 24h em recipientes escuros, a  $37^\circ\text{C}$  e, em seguida, os valores de microdureza Vickers foram obtidos em microdurômetro, com carga de 50gf e tempo de 45s na superfície irradiada e na oposta. Os dados referentes à superfície irradiada de cada resina composta foram comparados entre si e foi calculada a relação entre superfície oposta e irradiada para avaliar o grau de polimerização em profundidade. A ANOVA e teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) mostraram haver diferença entre todos os fatores avaliados. Tanto na microdureza superficial, como no seu grau de polimerização a 2mm de profundidade, os fatores cor, distância e tipos de resina composta exerceram influência. A cor clara apresentou maior microdureza. Às distâncias de 6 e 12mm houve diminuição da microdureza em relação à 0mm. A resina composta microhíbrida apresentou maior microdureza que a nanoparticulada, sendo seu grau de polimerização satisfatório apenas a 0mm para as duas cores e a 6mm para a clara. A resina composta nanoparticulada não apresentou grau de polimerização satisfatório em 2mm de profundidade.

Morgado em 2005 avaliou a microdureza, rugosidade superficial e alteração de massa de diferentes compósitos submetidos à escovação simulada e para isso confeccionou 24 amostras de cada compósito com 8mm de diâmetro e 2mm de espessura, divididos aleatoriamente em dois grupos para realização dos testes. Para o teste de microdureza as amostras foram incluídas e analisadas em microdurômetro Vickers com carga estática de 50g por aproximadamente 7s. Os resultados foram avaliados por análise de ANOVA e Tukey. Em relação a microdureza as resinas compostas microhíbrida (109,850HV), nanoparticulada (94,513HV) e microparticulada (35,876HV) apresentaram diferenças significantes entre si.

Valentino, Cavalcante e Pimenta (2005) estudaram o efeito das fontes de luz LED, laser de argônio e lâmpada halógena na dureza Knoop de diferentes compósitos representando diferentes dificuldades polimerização: Filtek Supreme (fácil), Herculite XR (média) e Heliomolar (difícil). As resinas foram inseridas em único incremento em matrizes cilíndricas metálicas de 2mm de profundidade. Prepararam 45 cilindros em 9 grupos experimentais (n=5). As amostras foram fotoativadas com Optilux 501 por 20s, Ultrablue Is por 20s e AccuCure 3000 por 10s. Avaliou-se a dureza Knoop no topo e na base e os resultados foram submetidos à análise estatística (Anova 2 e Teste Tukey a 5%) que demonstraram diferenças significantes entre as fontes e profundidade de polimerização dentro de cada resina. Concluíram que aparelhos à base de LED e LASER precisam aumentar a potência ou o tempo de ativação para melhorar a polimerização em profundidade.

Rode et al. (2005) realizaram uma comparação da fotoativação de uma resina composta com luz halógena, laser de Argônio e LED por meio da microdureza e para isto utilizaram três tipos de aparelhos. Confeccionaram 75 discos de uma resina microhíbrida, por meio de uma matriz preta com diferentes espessuras (1, 2, 3 e 4mm) e fotoativaram com luz halógena por 40s; laser de argônio com uma potência de 250 mW por 30s; e o LED por 40s. Testes de microdureza Vickers foram realizados, na superfície oposta à incidência da luz, no microdurômetro com uma carga de 50kgf por 45s. Analisando a qualidade de polimerização concluíram que apenas a luz halógena conseguiu uma fotoativação satisfatória com 3mm de espessura. A partir de 4mm nenhuma fonte estudada conseguiu alcançar este resultado.

### **3 Proposição**

Avaliar, “*in vitro*”, o efeito da luz halógena e do LED na microdureza de uma resina composta nanoparticulada em diferente matiz e tempos de exposição.

## 4 Material e Método

### 4.1 Material e equipamento

-Nome comercial:

#### 4.1.1 Resina composta FILTEK SUPREME-3M/ESPE

<b>FILTEK SUPREME</b>	<b>LOTE</b>	<b>VALIDADE</b>
A1E	3AL e 4AY	05/2006 e 12/2007
B1E	3AE e 5AP	11/2005 e 02/2008

Figura 1 - Material utilizado



Figura 2 - Resina composta FILTEK SUPREME (3M)



#### 4.1.2 Aparelho fotoativador:

-Aparelho OPTILUX 500 (Demetron)-fonte de luz halógena, ponta ativa com 12mm de diâmetro e intensidade de luz de  $450 \text{ mW/cm}^2$ .

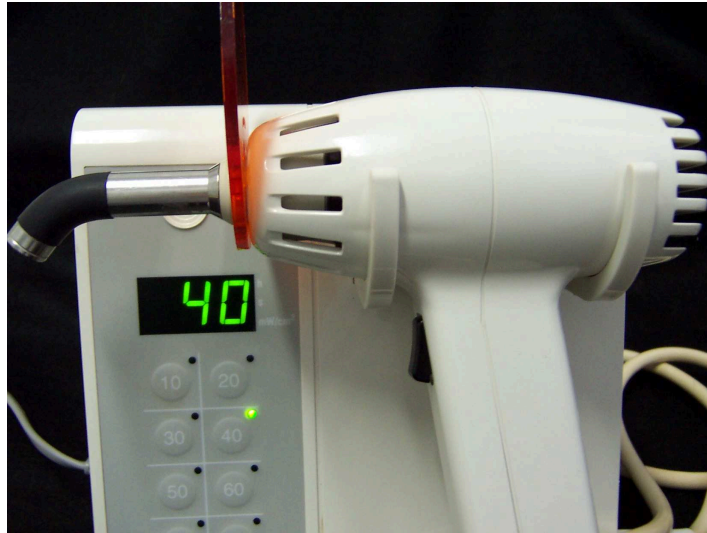


Figura 3 – Aparelho OPTILUX 500 (Demetron)

-Aparelho ULTRA BLUE IS -600mW (DMC)-AP2-fonte de luz de 1 LED, potência de 5W, ponta ativa de 7mm de diâmetro, intensidade de luz de  $780 \text{ mW/cm}^2$  e comprimento de onda entre 460 a 480nm, cujo aparelho apresenta luz indicativa automática de potência



Figura 4 – Aparelho ULTRABLUE IS (DMC)

#### 4.2 Delineamento experimental

- FATORES EM ESTUDO-Fonte de fotoativação em dois níveis (LED e luz halógena) usando duas intensidades de luz e material restaurador (resina composta foto polimerizável nanoparticulada FILTEK SUPREME-3M) cores A1E e B1E.

-VARIÁVEL RESPOSTA ESTUDADA - Microdureza.

-UNIDADE EXPERIMENTAL: Foram confeccionados 80 corpos-de-prova com resina composta FILTEK SUPREME conforme Figura 5.

FOTOATIVAÇÃO	CONVENCIONAL		LED		TOTAL	
	TEMPO	20s	40s	20s		40s
COR						
A1E		10	10	10	10	40
B1E		10	10	10	10	40
TOTAL		20	20	20	20	80

Figura 5 – Número de amostras e fatores estudados

Legenda:

A1E = cor de esmalte A1 da escala Vita.

B1E = cor de esmalte C1 da escala Vita.

Tabela 1 - Variáveis avaliadas em cada grupo

<b>GRUPOS</b>	<b>PROCEDIMENTOS</b>
Grupo 1	resina compostaA1E/fotoativação convencional/20 s
Grupo 2	resina compostaA1E/fotoativação convencional/40s
Grupo 3	resina compostaB1E/fotoativação convencional/20 s
Grupo 4	resina compostaB1E/fotoativação convencional/40s
Grupo 5	resina compostaA1E/fotoativação LED/20 s
Grupo 6	resina compostaA1E/fotoativação LED/40s
Grupo 7	resina compostaB1E/fotoativação LED/20 s
Grupo 8	resina compostaB1E/fotoativação LED/40s

#### 4.3 Confeção e armazenamento dos corpos-de-prova:

Esses corpos-de-prova divididos em oito grupos foram obtidos em matrizes de silicona, contendo uma cavidade interna de 4mm de profundidade, e 6mm de diâmetro (Figura 6), apoiada em uma placa de vidro em contato com uma tira de poliéster e a resina composta foi inserida com uma espátula para compósito marca INDUSBELLO e acomodada dentro da matriz com condensador HU-FRIEDY TNBB 27/29 (Figura 7), em dois incrementos de aproximadamente 2mm cada e na outra superfície foi colocada uma tira de poliéster para conferir uma superfície lisa e plana. Os aparelhos utilizados foram: Ultrablue IS - 600 mW/cm<sup>2</sup> (DMC) e Optilux 500 (Demetron). O tempo de exposição à luz de 20s e 40s foi utilizado para ambos aparelhos. Para o procedimento de fotoativação feito nos dois incrementos individualmente (sendo que no último permaneceu a tira de poliéster da superfície), posicionou-se a ponta do fotoativador em contato com a resina composta. Após fotoativação os corpos-de-prova foram armazenados em frascos escuros individuais com algodão embebido em soro fisiológico para manter a umidade por 24h (Figura 8). Em seguida foram incluídos em tubos de PVC com aproximadamente 5cm de diâmetro e 3cm de altura como molde para resina composta de poliéster orto cristal 2120, VALGLASS e as amostras obtidas foram lixadas e polidas (Figura 9).

Para polimento utilizou-se uma politriz (Knuth Rotor-Struers) com lixa abrasiva de óxido de alumínio de granulação crescente de 180 até 1000 sob refrigeração (Figura 10) e politriz elétrica rotativa (Praziz –APL-4) sempre girando a amostra durante 3 a 5s, utilizando-se pasta de diamante de 6 microns, numa rotação de 600 rpm, sob

refrigeração (Figura 11). O polimento final foi realizado em politriz elétrica rotativa, com uma suspensão de sílica coloidal (OP-V), sobre um disco de feltro, numa rotação de 250 rpm (Figura 12).

#### 4.4 Análise da microdureza

Foram submetidos ao teste de microdureza Vickers no aparelho de microdureza (DIGITAL MICROHARDNESS TESTER - MODELO FM / Marca FUTURE TECH) (Figura 13) com três impressões. Este ensaio foi escolhido pelo fato da dureza Vickers apresentar grande número de trabalhos referenciados na literatura, e de ser um dos ensaios mais utilizados segundo a ASTM-E384/EM-ISO 6507-1, para medir essa grandeza. O diamante perfurador do aparelho possui forma quadrada e base piramidal formando indentações na superfície do material (Figura 14) usando uma carga estática de 100 gramas durante 7s, conforme normas definidas pela American Standart for Testing Materials (ASTM)- E 384 / EN-ISO 6507-1. As leituras da amostra foram determinadas pela média de valores das três indentações e em seguida foram tabuladas e os dados submetidos à Análise de Variância estabelecida com nível de significância de 5% e posteriormente avaliados pelo teste de Tukey.



Figura 6 – Matriz de silicona utilizada para confecção do corpo-de-prova



Figura 7 – Espátulas utilizadas para confecção do corpo-de-prova



Figura 8 – Armazenamento do corpo-de-prova



Figura 9 – Inclusão do corpo-de-prova para medição da microdureza



Figura 10 – Politriz (Knuth Rotor-Struers)



Figura 11 – Politriz elétrica rotativa (Praziz APL-4)



Figura 12 – Politriz elétrica rotativa de sílica coloidal

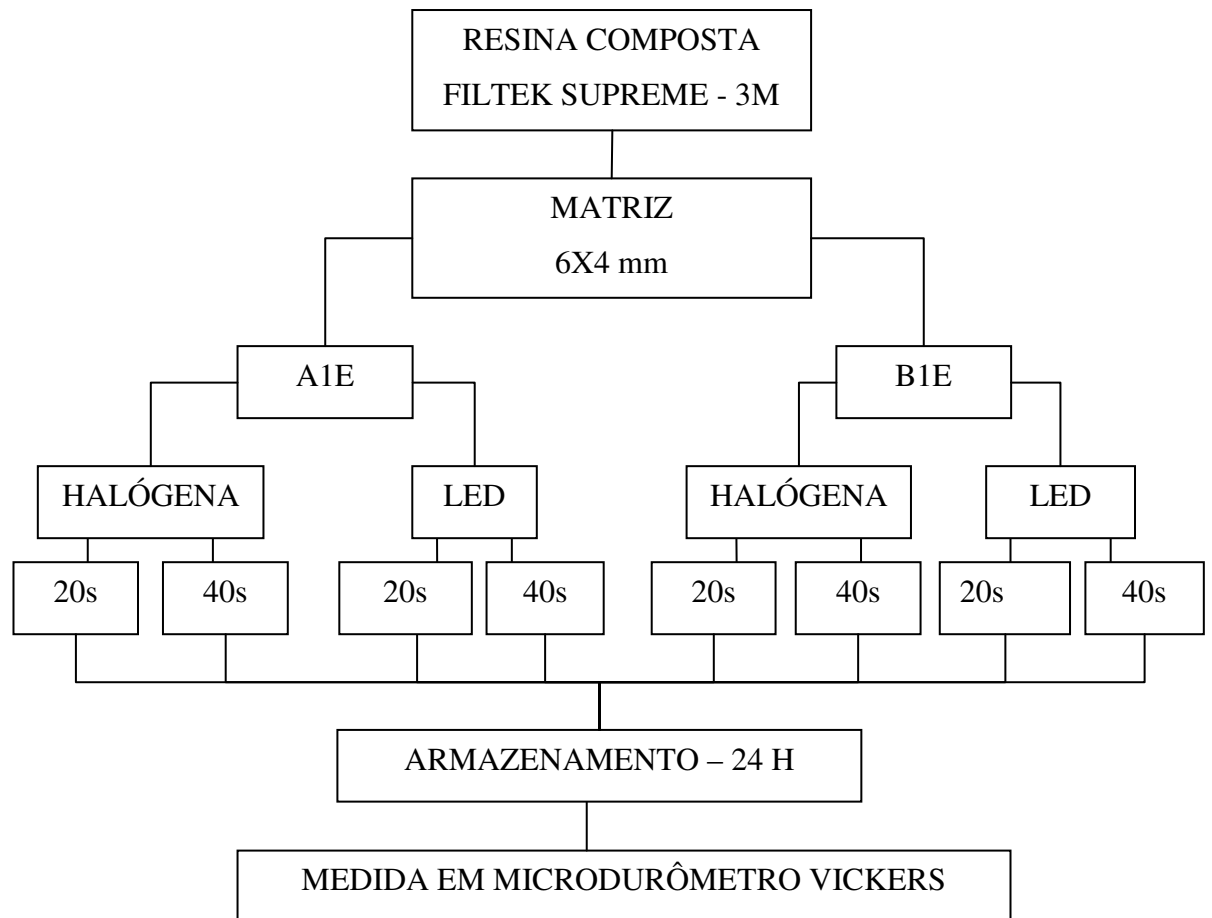


Figura 13 – Microdurômetro Vickers (Future Tech Digital Microhardness Test FM)



Figura 14 – Indentação na superfície do material

## 4.5 Organograma





## 5 Resultados

Análise quantitativa dos dados da resina composta FILTEK Supreme quanto à cor, fonte e tempo de ativação. Os dados obtidos para os oito grupos são apresentados na tabela abaixo:

Tabela 2 - Resultados obtidos da deformação no microdurômetro

AMOSTRA	GRUPOS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	96.1	91.7	92.3	87.1	86.0	87.2	99.9	82.4
2	101.7	91.2	86.4	91.5	96.1	85.4	97.1	83.9
3	94.6	82.8	89.8	84.3	88.5	84.5	92.6	85.4
4	92.7	87.0	86.9	85.1	86.9	93.4	81.7	81.7
5	89.8	83.5	98.6	86.9	87.4	81.5	82.8	83.8
6	95.0	86.1	100.5	88.4	83.4	82.0	84.2	86.9
7	97.8	72.7	90.0	82.7	87.3	81.8	85.9	92.4
8	90.3	81.2	93.2	86.3	82.2	86.2	92.6	88.2
9	73.7	87.3	86.8	86.6	95.2	86.2	76.3	89.2
10	97.4	87.3	91.4	86.1	83.5	73.3	84.7	87.2

Tabela 3 - Médias obtidas e desvio padrão

Grupos	Média	s	CV %
1	92.9	7.6	8.2
2	85.1	5.5	6.4
3	91.6	4.8	5.2
4	86.5	2.4	2.7
5	87.6	4.7	5.3
6	84.2	5.2	6.1
7	87.8	7.5	8.5
8	86.1	3.3	3.8

Legenda

CV= coeficiente de variação

s= desvio padrão

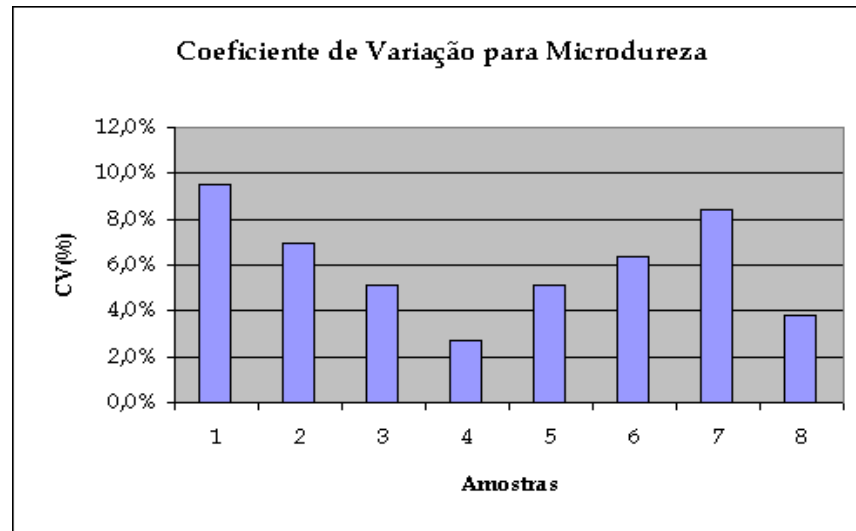


Figura 15 - Gráfico 1-Coefficiente da variação para cada um dos grupos

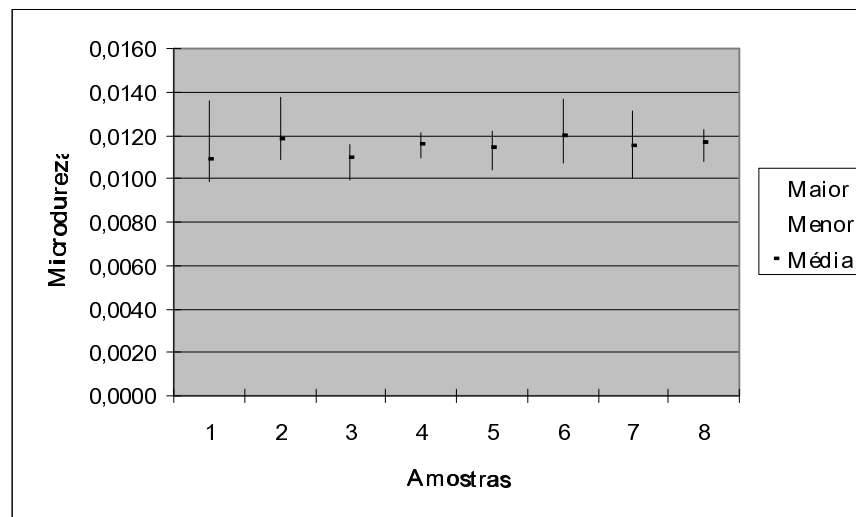


Figura 16 - Gráfico 2- Variação para cada um dos grupos

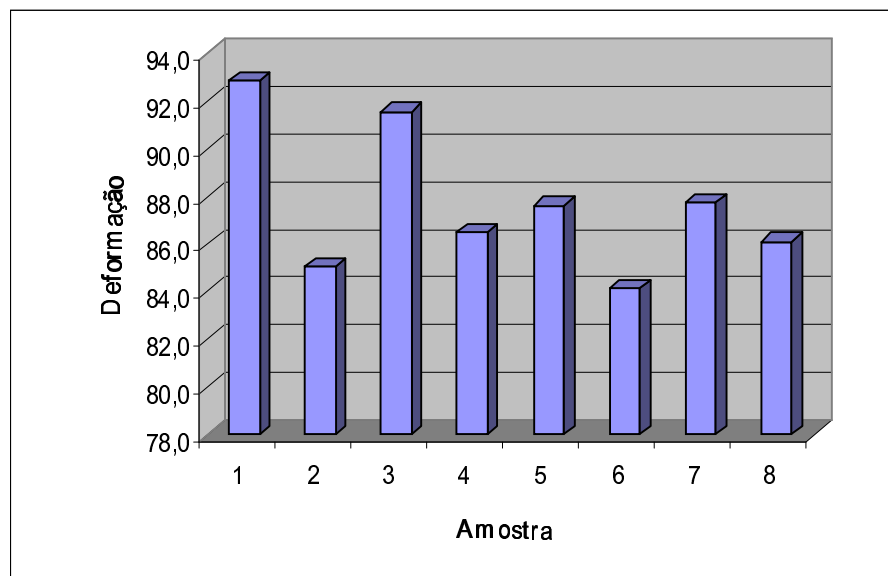


Figura 17- Gráfico 3-Valores médios da deformação para cada um dos grupos

O gráfico mostra os valores médios da deformação e nota-se que as amostras 1 e 3 apresentaram valores maiores que as demais. A significância das diferenças entre os grupos foram submetidos à análise estatística por meio do teste de Tukey, com nível de significância de 5% e do Teste T a seguir descrito.

#### Teste de Tukey

O teste de Tukey, considerando 5% de significância, apontou que, considerando os oito grupos, não há diferenças significativas entre eles, com  $F = 3.2306$  para  $p = 0.0052$  ( $>0.05$ ). Entretanto, o teste mostrou que há diferenças significativas quando são considerados grupos 1 a 3 e 1 a 6.

#### Teste T

O teste T de Student (considerando 5% de significância) evidenciou que as amostras 2, 4, 5, 6, 7 e 8 estão com estatística iguais, assim como as amostras 1 e 3. Entretanto, o teste apontou para diferenças significativas das amostras 1 e 3 com relação às demais. Os resultados não são, contudo, absolutamente claros, pois de acordo com o teste, não há diferenças significativas entre os grupos 1 e 5 e entre 1 e 7, apesar de 4, 5, 6, 7 e 8 terem estatísticas iguais.

Tabela 4 - Resultados obtidos da microdureza no microdurômetro

GRUPOS							
1	2	3	4	5	6	7	8
0,0104	0,0109	0,0108	0,0115	0,0116	0,0115	0,0100	0,0121
0,0098	0,0110	0,0116	0,0109	0,0104	0,0117	0,0103	0,0119
0,0106	0,0121	0,0111	0,0119	0,0113	0,0118	0,0108	0,0117
0,0108	0,0115	0,0115	0,0118	0,0115	0,0107	0,0122	0,0122
0,0111	0,0120	0,0101	0,0115	0,0114	0,0123	0,0121	0,0119
0,0105	0,0116	0,0100	0,0113	0,0120	0,0122	0,0119	0,0115
0,0102	0,0138	0,0111	0,0121	0,0115	0,0122	0,0116	0,0108
0,0111	0,0123	0,0107	0,0116	0,0122	0,0116	0,0108	0,0113
0,0136	0,0115	0,0115	0,0115	0,0105	0,0116	0,0131	0,0112
0,0103	0,0115	0,0109	0,0116	0,0120	0,0136	0,0118	0,0115

Tabela 5 - Médias obtidas de microdureza

GRUPO	Microdureza
1	0,0108
2	0,0118
3	0,0109
4	0,0116
5	0,0114
6	0,0119
7	0,0115
8	0,0116

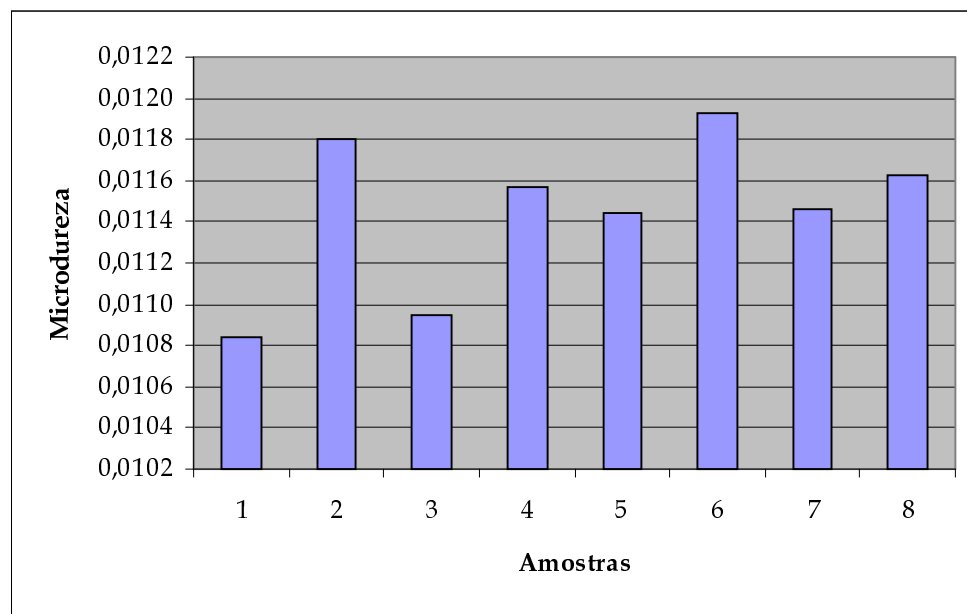


Figura 18 - Gráfico 4- Valores médios da microdureza para cada um dos grupos

De acordo com os testes realizados há indícios de que a microdureza seja menor nos grupos 1 e 3 do que nos demais grupos, não havendo diferença estatística significativa entre 1 e 3 nos quais o tempo de fotoativação foi de 20s (conforme recomendação do fabricante). Os resultados, entretanto, não são absolutamente claros, devendo-se isso muito provavelmente ao desvio padrão dos grupos 1 e 7 ter sido mais alto que dos demais grupos.

## 6 Discussão

O sucesso e longevidade das restaurações em resina composta fotopolimerizáveis, dependem diretamente do grau de polimerização e, conseqüentemente, da capacidade de fotoativação dos diversos aparelhos utilizados em procedimentos restauradores (KILLIAN, 1979; ATMADJA; BRYANT, 1990; PEREIRA, 1999; WHITTERS; GIRKIN; CAREY, 1999; JANDT et al., 2000).

Uma adequada polimerização é um fator crucial para obter uma ótima performance física desses materiais e isto está relacionado a uma melhor performance clínica (KNEZEVIC et al., 2001).

Muitos estudos têm sido realizados para avaliar as variáveis que podem afetar o resultado final e cuidados precisam ser tomados com o objetivo de obtermos resultados imparciais. Na confecção dos corpos-de-prova o material e a cor da matriz utilizada deve exercer mínima influência sobre intensidade de luz que atinge o compósito, para que possa se polimerizar na dependência exclusiva de suas propriedades. Estes fatores acima citados não podem induzir a diferença nos resultados finais. Vários estudos têm utilizado matrizes de diferentes materiais e cores, como teflon branco, preto, opaco e translúcido; poliacetato de coloração clara; resina composta acrílica quimicamente ativada; matriz plástica; e metálica de aço de alumínio (GONÇALVES, 2003). Quance et al. (2001) afirmaram sobre importância do tipo de matriz e efeitos da variação na temperatura de armazenagem para estudos *in vitro*.

As matrizes não são padronizadas quanto ao material, forma, tamanho e cor. Assim, a comparação de resultados obtidos por diferentes pesquisas torna-se difícil, já que as diferentes matrizes experimentais utilizadas podem levar à deformação dos valores finais. As amostras utilizadas neste estudo foram confeccionadas a partir de uma matriz de silicona e resina composta inserida na matriz pela técnica incremental porque se verificou no trabalho de Turbino, Santos, Matson, 2000, que na maioria das vezes esta técnica confere maior grau de polimerização e conseqüentemente maior microdureza.

Segundo Campos em 2000, o termo microdureza significa “resistência à penetração” e é resultado da interação de várias propriedades. Existem muitos ensaios para se medir a microdureza superficial, os mais usados são os de Brinell, Rockwell, Vickers e Knoop, e são baseados na habilidade da superfície do material resistir à penetração por uma ponta em que o marcador é uma pirâmide de diamante de base

quadrada, e diagonal D, sob uma carga específica, é medida empregando o microscópio. Os testes de microdureza são amplamente utilizados para se avaliar o grau de polimerização de resina compostas composta, porém vários fatores podem influenciar os resultados obtidos. Com esta preocupação alguns cuidados devem ser tomados durante sua execução. A microdureza é, portanto a propriedade de superfície relacionada à resistência de um material à deformação local, que embora não seja uma propriedade fundamental, pode ser considerada como efeito resultante de diversas propriedades de um material (MANHART; CHEN; HICKEL, 2001). É um método indireto, cuja medida é obtida a partir de entalhe localizado, feito por entalhador padrão, sob condições padronizadas, sendo que, quanto menor for o entalhe, maior será a microdureza do material (CAMPOS, 2000). O teste de microdureza tem sido demonstrado como indicador adequado do grau de conversão ou polimerização das resinas compostas, sendo o teste mais utilizado para essa finalidade. A microdureza é o parâmetro típico para indicar o grau de polimerização desses materiais (ANDRADE, 2002; ALENCAR JUNIOR et al. 2002; GARCIA-GODOY; GARCIA-GODOY, 2002; GAUDET; BURGESS; LI, 2002; MANDARINO; PORTO, 1989; PORCHE; BURGESS; LI, 2002). Na interpretação de Pilo, Oelgiesser e Cardash em 1999, os maiores valores de microdureza podem indicar maior grau de polimerização e assim estariam positivamente correlacionados. A microdureza da superfície é medida tanto ao longo dos corpos-de-prova, a partir das superfícies que foram irradiadas pela luz, quanto nas superfícies de topo e de base (QUANCE et al., 2001). Baseado na revisão da literatura foi utilizado neste estudo, o teste de microdureza Vickers para avaliar a profundidade de polimerização da resina composta. Os valores de microdureza foram obtidos a partir do segundo milímetro do corpo-de-prova devido à inclusão e polimento realizados após 24h da fotoativação de acordo com De Wald e Ferracane (1987), que observaram não haver diferença significativa entre os valores obtidos na superfície da resina composta e na profundidade de 1mm, resultados esses também demonstrados por Santos et al. (2000). Valores semelhantes de microdureza nos dois primeiros milímetros confirmam que a correlação existente entre microdureza e grau de conversão só é válida para amostras que apresentem até 2mm de espessura, devido à difusão do oxigênio na superfície do material inibir a polimerização, o que proporciona maiores valores de microdureza à camada localizada a 0,5mm da superfície (PEREIRA et al., 2000; QUANCE et al., 2001).

Vários fatores exercem influência sobre o grau e profundidade de polimerização das resina compostas. Dentre esses fatores destaca-se intensidade de luz, tempo de exposição, cor, espessura do incremento e comprimento de onda dos diversos aparelhos fotoativadores disponíveis. Estudos que avaliaram a qualidade de polimerização, em diferentes idades, observaram que o material continua reagindo após terminada a ativação pela luz (KILLIAN, 1979; FEILZER et al., 1995; CAUGHMAN; RUEGGERBERG; CURTIS JUNIOR, 1995; NOMOTO, 1997; AGUIAR, 2004). O tempo de exposição à luz por 10s mesmo associado à alta intensidade de luz não foi suficiente para promover completa polimerização da resina composta (PEREIRA et al., 2000). Assim, a completa polimerização em uma amostra, depende do alcance da luz pelo interior da mesma. Uma intensidade suficiente de luz deve atingir, reagir e ativar porções mais profundas, dando seqüência à polimerização, porque a intensidade de luz diminui imediatamente abaixo da superfície (TURBINO; SANTOS; MATSON, 2000; MANHART; CHEN; HICKEL, 2001). A medida em que aumenta a distância da fonte de luz da resina composta a luz perde muito da sua potência, por isso Meyer, Ernst e Willershausen (2002) sugeriram que a polimerização seja realizada à distância zero, já que os aparelhos à base de LED foram os que apresentaram maior porcentagem de perda da luz produzida.

Killian (1979) e Rueggeberg, Caughman e Curtis Júnior (1994) afirmaram que o aumento da intensidade de luz e maior tempo de exposição conduzem à polimerização mais eficiente da resina composta, tanto na superfície quanto a uma profundidade de 2mm. Quance et al.(2001) e Rastelli (2002) também observaram que ao aumentar intensidade luminosa e tempo de exposição a resina composta polimeriza com mais eficiência. Confirmando, Santos et al. (2000) e Pereira (1999) observaram que, na mesma profundidade, os valores de microdureza foram sempre maiores com o aumento do tempo de exposição, comprovando que este apresenta papel fundamental no processo de polimerização das resina compostas compostas. A microdureza superficial é aumentada significativamente quando exposta à luz por períodos mais prolongados (ATMADJA; BRYANT, 1990; PEREIRA; PORTO; MENDES, 2001). Jandt *et al.* (2000) encontraram diferenças estatísticas significantes entre amostras armazenadas por período de 6 e 72h. Também como foi demonstrado no estudo Gaudet, Burgess e Li (2002) que, para avaliar o efeito da polimerização tardia da resina composta, armazenaram as amostras por uma, 24 e 48h, e encontraram valores mais altos de microdureza no maior tempo. No entanto, Porche, Burgess e Li (2002) não encontraram

diferença estatística significativa nos valores de microdureza das amostras armazenadas por 1h, 24h ou duas semanas. Neste trabalho, a polimerização avaliada por teste de microdureza Vickers foi verificada sempre após 24h da confecção dos corpos-de-prova, mantidos a temperatura ambiente, tentando evitar alterações no grau de conversão dos monômeros. Nesta pesquisa observamos que com este tempo de armazenamento a microdureza encontrada coincidiu com o que foi observado por Killian (1979), Pereira (1999), Quance *et al.* (2001) e Manhart, Chen e Hickel (2001).

A utilização de LEDs azuis para promover a polimerização de resina compostas compostas é uma tecnologia relativamente nova, que vem sendo bastante investigada (FUJIBAYASHI *et al.*, 1998; MILLS; JANDT; ASHWORTH, 1999; JANDT *et al.*, 2000; KURACHI *et al.*, 2001; DUNN; BUSH, 2002). Em 1999, Kurachi, Lizarelli e Bagnato utilizando aparelho à base de LED, só alcançaram valores satisfatórios de microdureza quando se empregou o tempo de 180s. No entanto, Rastelli em 2002, comparando fonte de luz emitida por diodo (LED) com outras duas fontes de luz, conseguiu adequada polimerização da resina composta com o tempo de exposição de 60s, compartilhando com os resultados encontrados por Quance *et al.* (2001) e Santos, Jaña e Corrêa (2002). Porém, Gaudet, Burgess e Li (2002) e Porche, Burgess e Li (2002), ao contrário dos resultados citados acima, após submeterem resina composta a fotoativação por 20s e 40s, não obtiveram resultados satisfatórios, ou seja, os aparelhos de LED não foram capazes de polimerizar camadas de 2mm. Da mesma forma que Rueggeberg e Moss (2002), com tempo de exposição igual a 10s e Pimentel *et al.* (2002) com 40s, obtiveram resultados inferiores de grau de conversão do monômero e de espessura de polimerização da resina composta, comparados à luz halógena. Baseado na literatura, foi utilizada neste trabalho, uma ativação por 20s (conforme orientação do fabricante) e 40s, para avaliar se ocorreria influência nos resultados. Foi observado que com 20s o LED teve uma microdureza semelhante à luz halógena. O LED foi superior, quando utilizado 40s, fazendo crer que este aparelho, com valores de intensidade de luz mais alto está de acordo com o exigido para uma propriedade física satisfatória.

Aguiar em 2004, avaliou influência dos matizes de resina composta e distância entre resina composta e ponta do fotoativador na microdureza da superfície e da base da resina composta. Os resultados mostraram que para superfície, não houve diferenças estatísticas para os fatores estudados. Para todas as condições experimentais, a superfície mostrou maior microdureza que a base. Fatores como distância da luz guiada,



matiz e opacidade da resina composta foram analisados e concluiu que existem muitas variáveis que afetam a quantidade de energia de luz recebida na superfície e na base em restauração de resina composta. Mostrou-se que esses fatores foram capazes de afetar a eficácia da polimerização. A transmissão da luz através do matiz de resina composta escura é diminuída por causa da opacidade (SAKAGUCHI; DOUGLAS; PETERS, 1992). Matizes opacos diminuem a capacidade de penetração da luz dentro da massa da resina composta (LELOUP *et al.*, 2002). Ainda com relação ao fator cor, Pereira, Porto e Mendes em 2001, observaram resultados superiores de microdureza Vickers obtidos com resina composta de cor C4, quando comparada à cor A1 e sugeriu que talvez o pigmento cinza da cor C4 pudesse transmitir a luz através do material de forma mais satisfatória do que o pigmento marrom empregado na cor A1. Corroborando com esses resultados neste estudo obtivemos valores de microdureza semelhantes entre as cores utilizadas tanto na cor A1E (pigmento marrom) quanto na cor B1E (pigmento cinza). Encontramos diferentes resultados na literatura, e estes resultados podem variar de acordo com a composição da resina composta usada. No estudo de Shortall, Wilson e Harington (1995) para resina composta Z100, A2 mostrou diferenças estatísticas de A3.5 e C2. As resinas compostas Z100 e Z250 apresentaram algumas semelhanças em sua composição, e os resultados são similares, com exceção de A2 e A3.5, que mostraram diferenças estatísticas entre si porque o matiz A2 polimerizou melhor que o matiz A3,5.

Quanto à distância da fonte de luz Atmadja e Bryant (1990) e Prati *et al.* (1999) recomendaram o aumento no tempo de polimerização quando a cavidade é profunda. A resina composta tem a propriedade de dispersar a luz, assim quando a luz passa pela massa do compósito, a intensidade de luz é reduzida pela dispersão através de partículas e matriz de resina composta (PRATI *et al.*, 1999; CORRER SOBRINHO *et al.*, 2000; YOON *et al.*, 2002; YAP WONG E SIOW, 2003). Entretanto ainda, Aguiar em 2004, mostrou que, na base, à distância de 8mm e matiz de resina composta C2 diminuiu significativamente a microdureza da resina composta. Pereira, Porto e Mendes (2001) com o propósito de investigar a influência de diferentes condições de polimerização sobre a microdureza superficial da resina composta, concluíram que o tempo de exposição à luz, por 10s, mesmo associado à alta intensidade de luz, não foi suficiente para garantir completa polimerização da resina composta, enquanto que no tempo de 60s, foram obtidos os maiores valores de microdureza Vickers. Finalmente observaram que a microdureza da resina composta foi influenciada pela profundidade do material, já

que o primeiro e o segundo milímetros apresentaram resultados melhores que o terceiro e o quarto. Os autores salientaram que a reação de polimerização das resinas compostas, ou seja, completa conversão dos monômeros em polímero depende de vários fatores interligados: intensidade de luz aplicada, tempo de exposição à luz, volume do incremento inserido na cavidade, posicionamento de cada incremento, configuração cavitária e qualidade adesiva na interface dente/restauração.

Entretanto, existem muitas variáveis que afetam a quantidade de energia de luz recebida na superfície e na base em restauração de resina composta. Entre estes fatores, a luz utilizada, matiz e opacidade da resina composta foram analisados e os resultados encontrados mostraram que estes fatores foram capazes de afetar a eficácia da polimerização. Shortall, Wilson e Harrington (1995) e Aguiar (2004) dizem que os clínicos devem ter cuidados quando se deparam com uma situação clínica na qual a parede pulpar, axial e gengival da cavidade está distante da luz guiada e um matiz de resina composta escura é usado. Estas afirmações podem ser extrapoladas do trabalho “in vitro” para situações clínicas visto que existem similaridades de procedimentos laboratoriais e restauradores, visando obter excelência na qualidade final. Os resultados mostraram que matiz de resina composta é um fator que pode alterar a eficácia da polimerização. Entretanto, resina compostas diferentes do mesmo matiz Vita tem valores de cores diferentes e uma larga diferença quantitativa de cores foi detectada (SHORTALL; WILSON; HARRINGTON, 1995). Então, é possível encontrar diferentes resultados na literatura, que podem variar de acordo com a composição da resina composta usada. Neste estudo observou-se que a cor não interferiu nos resultados de microdureza da superfície corroborando com os resultados acima descritos. As medições de profundidade de polimerização realizadas nesse estudo utilizaram resina composta de cor A1E correspondente à cor A1 VITA e outra escura cor B1E correspondente à cor C1 VITA, e os tempos de polimerização de 20s e 40s utilizados. Assim, apesar de diferenças nas radiações dos dois tipos de aparelhos fotoativadores serem grandes, somente diferenças relativamente pequenas, praticamente sem significado estatísticos, na microdureza das resinas compostas polimerizadas foram encontradas neste estudo.

De acordo com o estudo de Yap, Wong e Siow (2003) na superfície, não houve diferença significativa na microdureza entre os grupos experimentais e concluíram que a microdureza da superfície da resina composta dependeu menos da intensidade de luz que a base. A resina composta tem propriedade de dispersar a luz. Quando a mesma

passa pela massa do compósito, a intensidade de luz é reduzida até ser dispersa através de partículas e matriz de resina composta (PRATI *et al.*, 1999; CORRER SOBRINHO *et al.*, 2000; YOON *et al.*, 2002; YAP; WONG; SIOW, 2003). Rueggeberg, Caughman e Curtis (1994) sugeriram um incremento de 1mm como uma alternativa de melhorar a polimerização da resina composta e Atmadja e Brayant (1990) concluíram que uma ótima polimerização é obtida, com uma maior segurança, quando a espessura do incremento é reduzida e o tempo de exposição é aumentado. Neste estudo observou-se que os resultados de microdureza na superfície foram semelhantes quando utilizadas fotoativação LED ou luz halógena e teve maiores valores quando o tempo de fotoativação foi aumentado o que vem coincidir com os resultados acima descritos.

Jandt *et al.* em 2000, a fim de comparar a capacidade do LED de polimerizar resina composta com a da lâmpada halógena convencional, decidiram que toda amostra necessitava ser polimerizada de uma vez, significando que o diâmetro da amostra não deveria ser maior que 6mm. Além disso, uma vez que os fabricantes comumente afirmam uma profundidade de polimerização de 3mm para seus materiais, a polimerização da amostra a partir de cada término deveria levar a uma amostra completamente polimerizada.

Os maiores valores obtidos neste trabalho quando se utiliza LED podem ser justificados pela maior intensidade de luz desses aparelhos atuais. Testes mecânicos adicionais e estudos clínicos são necessários, entretanto, para confirmar esta assertiva. Devido às vantagens inerentes do princípio do LED e ao rápido progresso na tecnologia de semicondutores, o LED parece ter maior potencial nas aplicações clínicas futuras em relação às lâmpadas halógenas. À medida que a tecnologia do LED azul continua a melhorar, a polimerização com LED deve se tornar útil aos métodos de polimerização existentes.

## **7 Conclusões**

De acordo com a metodologia utilizada e os resultados obtidos é lícito concluir que:

1. A cor não exerceu influência na microdureza quanto ao tipo de fotoativação.
2. Não existe diferença entre os tipos de fotoativação convencional ou LED.
3. Com tempo de 40s de fotoativação não houve diferença na microdureza quanto aos fatores: cor da resina composta e tipo de fotoativação nos grupos 2, 4, 6 e 8.

## Referências

ABATE, P. F.; ZAHRA, V. N.; MACCHI, R. L. Effect of photopolymerization variables on composite hardness. **J Prosthet Dent**, v. 86, n.6, p. 632:635, Dec. 2001.

AGUIAR, F. H. B. **Estudo de fatores influentes na microdureza superficial de um compósito fotoativado**. 2004. 104f. Tese (Doutorado em Clínica Odontológica), Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Piracicaba, 2004.

ALENCAR JUNIOR E. A. et al. Microhardness of composites related to light curing intensity depending on distance. **Bras Dent J**, Feb. 2002.

ALTHOFF, O.; HARTUNG, M. Advances in light curing. **Am J Dent**, v. 13, n. spec, p. 1377-81, Nov. 2000.

ANDRADE, M. F. et al. Avaliação da capacidade de polimerização de um novo dispositivo à base de LED à bateria. **JADA Brasil**, v. 4, n. 6, p. 373-377, nov./dez. 2001.

ANDRADE, M. F. **Contribuição ao estudo de materiais e técnicas utilizadas em dentística restauradora**. 2002. 195 f. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2002.

ASMUSSEN, E.; PEUTZFELDT, A. Influence of composition on rate of polymerization contraction of light-curing resin composites. **Acta Odontol Scand**, v. 60, n. 3, p. 146-150, June 2002.

ATMADJA, G.; BRYANT, R. W. Some factors influencing the depth of cure of visible light-activated composite resins. **Aust Dent J**, v. 35, n. 3, p. 213-218, June 1990.

CAMPOS, E. A. **Estudo da microdureza e da adaptação marginal cervical de resina composta compactável, em função de tipos de aparelhos fotopolimerizadores.** 2000. 175 f. Tese (Doutorado em Dentística Restauradora) - Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2000.

CAUGHMAN, W. F.; RUEGGEBERG, F. A.; CURTIS JUNIOR, J. W. Clinical guidelines for photocuring restorative resins. **J Am Dent Assoc**, v. 126, p. 1280-1286, Sept. 1995.

CORRER SOBRINHO, L. et al. Influence of curing tip distance on composite Knoop hardness values. **Braz Dent J**, v. 11, n. 1, p.11-17. 2000.

DANTAS, D.C.R.E., et al. Avaliação da profundidade de polimerização e microdureza de três diferentes tipos de resina compostas. **JBD: Rev Ibero-Am Odontol Estet Dent**, v.3, n.12, p.429, out/dez. 2004

DE WALD, J. P.; FERRACANE, J. L. A comparison of four modes of evaluating depth of cure of light-activated composites. **J Dent Res**, v. 66, n.3, p. 727-730, Mar.1987.

DUNN, W. J.; BUSH, A. C. A comparison of polymerization by light-emitting diode and halogen-based light-curing units. **J Am Dent Assoc**, v.133, p. 335-341, Mar 2002.

FEILZER, A. J. et al. Influence of light on polymerization shrinkage and integrity of restoration-cavity interface. **Eur J Oral Sci**, n.103, p.322-326, 1995.

FILTEK™ Supreme – Sistema restaurador universal. Perfil técnico do produto. Disponível em: <<http://www.3mespe.com/new/catalogo/P.T.Supreme.pdf>> Acesso em: 6 jan. 2005.

FRANCO, E.B., LOPES, L.G. Conceitos atuais na polimerização de sistemas restauradores resinosos. **Biodonto**, v. 1, n. 2, p. 10-59, mar./abr. 2003.

FUJIBAYASHI, K. et al. Newly developed curing unit using blue light-emitting diodes. **Dent Jpn**, v. 34, p. 49-53, Mar. 1998.

GARCIA-GODOY F., GARCIA-GODOY A. Composite hardness using different light curing systems. **J Dent Res**, Supl.81, p.A-85, 2002.

GARONE NETO, N. Resinas compostas. In: GARONE NETO, N. et al. **Introdução à dentística restauradora**. São Paulo: Santos, 2003. cap.12.

GAUDET, S.; BURGESS, J.O.; LI, L. Depth of cure of three composites cured with three curing lights at three times. **J Dent Res**, Supl.81, p.A-85, 2002.

GONÇALVES, S. M. R. de A. **Avaliação da microdureza em diferentes profundidades de resina composta fotoativada com aparelhos à base de luz emitida por diodo**. 2003. 90f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Departamento de Odontologia, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2003.

HOFMANN, N.; HUGO, B.; KLAIBER, B. Effect of irradiation type (LED or QTH) on photo-activated composite shrinkage strain kinetics, temperature rise, and hardness. **Eur J Oral Sci**, v.110, n. 6, p.471-479, Dec. 2002.

JANDT, K. D. et al. Depth of cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LEDs). **Dent Mater**, v. 16, p. 41-17, Jan. 2000.

KILLIAN, R. J. Visible light cured composite: dependence of cure on light intensity. **J Dent Res**, v. 58, p. 243 Abstract, 1979.

KLEIN JÚNIOR, C.A. Análise da microdureza e tensão flexural de resina compostas fotoativadas por aparelho de luz halógena e aparelho LED. **JBD: Rev Ibero-Am Odont Estet Dent**, v.3, n.12, p.436, out/dez. 2004.

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

KURACHI, C .et al. Hardness evaluation of a dental composite polymerized with experimental LED-based devices. **Dent Mater**, v. 17, Jul, p.309-315, 2001.

KURACHI, C.; LIZARELLI, R. F. Z.; BAGNATO, V. S. Avaliação da microdureza superficial de resina composta curada por LED 468 nm. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA ODONTOLÓGICA, 16, 1999, Águas de São Pedro. **Anais...** SBPqO: Águas de São Pedro, p. 181, 1999.

LELOUP, G. et al., Raman scattering determination of the depth of cure of light-activated composites: influence of different clinically relevant parameters. **J Oral Rehabil**, v.29; p.510-515, 2002.

LLORET, P.R.et al. Efeito do tempo de armazenamento na microdureza de uma resina composta. **JBD: Rev Ibero-Am Odontol Estet Dent** , v.3, n.12, p.442, out/dez. 2004.

MANDARINO, F; PORTO, C.L.A. Resinas compostas fotopolimerizáveis: microdureza das resinas compostas fotoativadas em diferentes profundidades de polimerização. Efeito de fontes de luz e materiais. **RGO**, v.37,n.4, p.314-318, jul./ago. 1989.

MANHART, J., CHEN, H. Y.; HICKEL, R. Propriedades dos materiais resinosos compactáveis para restaurações posteriores. **JADA - Brasil**, v. 4, n. 4, p. 224-230, jul./ago. 2001.

MEHL, A.; HICKEL, R.; KUNZELMANN, K. H. Physical properties and gap formation of light-cured composites with and without "softstart-polimerization". **J Dent**, v. 25, n. 3-4, p. 321-330, May/July 1997.

MEYER, G.R.; ERNST, C. P.; WILLERSHAUSEN, B. Decrease in power output of new light-emitting diode (LED) curing devices with increasing distance to filling surface. **J Adhes Dent**, v. 4, n.3, p.197-204, 2002.

MILLS, R. W. Blue light emitting diodes - another method of light curing? **Br Dent J**, v. 178, n. 5, p. 169, Mar. 1995.



MILLS, R. W.; JANDT, K. D.; ASHWORTH, S. H. Dental composite depth of cure with halogen and blue light emitting diode technology. **Br Dent J**, v. 186, n. 8, p. 388-91, Apr. 1999.

MITRA, S. B.; WU, D.; HOLMES, B. N. Uma aplicação da nanotecnologia no avanço dos materiais odontológicos. **JADA - Brasil**, v.6, n.6, p.351-358, nov./dez.2003.

MORGADO, G. L. **Avaliação da microdureza, da rugosidade superficial e alteração de massa de diferentes compósitos submetidos à escovação simulada**. 2005. 90f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Departamento de Odontologia, Universidade de Taubaté, Taubaté, 2005.

NOMOTO, R. Effect of light wavelength on polymerization of light cured resins. **Dent Mater J**, v. 16, n. 1, p. 60-73, June 1997.

NUNES, M. C. P. et al. Influência de diferentes meios de armazenagem na microdureza superficial de resina compostas. **JBD: Rev Ibero-Am Odont Estet Dent**, v.3, n.12, p.438, out/dez. 2004.

PASINI, R.S. et al. Estudo comparativo em microdurômetro de uma resina composta clássica e uma recém lançada no mercado nacional. **JBD: Rev Ibero-Am Odont Estet Dent**, v.3, n.12, p.445, out/dez. 2004.

PEREIRA, M. A. S. et al. Estudo da profundidade de polimerização de resina composta por alguns aparelhos fotopolimerizadores: relação com a microdureza. **Rev Bras Odont**, v. 57, n. 3, p. 156-160, maio/jun. 2000.

PEREIRA, S. K. **Resina composta fotopolimerizável: avaliação da microdureza superficial em função de cor, tempo de exposição, intensidade de luz e profundidade do material**. 1999. 216 f. Tese (Doutorado em Dentística Restauradora) - Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 1999.

PEREIRA S. K., DELGADO L., SAMRA A. B. Efeito da cor e o tipo de fonte de luz utilizada (halógena e leds) na microdureza superficial da resina composta. **JBD: Rev Ibero-Am Odont Estet Dent**, v.3, n.12, p.446, out./dez. 2004.

PEREIRA, S. K., PORTO, C. L. A.; MENDES, A. J. D. Efeitos de diferentes sistemas de fotoativação na microdureza superficial da resina composta. **JBC: J Bras Clin Est Odont**, v. 5, n. 26, p. 156-161, mar./abr. 2001.

PILO, R.; OELGIESSER, D.; CARDASH, H. S. A survey of output intensity and potential for depth of cure among light-curing units in clinical use. **J Dent**, v. 27, p. 235-241, 1999.

PIMENTEL, K. L. et al. LED versus luz halógena: efeito na espessura de polimerização da resina composta. **Pesqui Odontol Bras**, v.16, suplemento, 2002.

PORCHE, C.; BURGESS, J.O.; LI, L. Composite hardness cured with two curing lights at two times. **J Dent Res**, Supl 81, p.A-86, 2002.

PRATI, C. et al., Effect of the air, dentin and resin-based composite thickness on light intensity reduction. **Am J Dent**, v.12, n.5, p.231-234, Oct. 1999.

QUANCE, S. C. et al. Effect of exposure intensity and post-cure temperature storage on hardness of contemporary photo-activated composites. **J Dent**, v. 29, p. 553-560, 2001.

RASTELLI, A. N. S. **Avaliação da profundidade de polimerização de uma resina composta pela técnica trans-dental, utilizando-se três diferentes fontes de luz: halógena, laser de argônio e LEDs.** 2002. 186 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araraquara,2002.

RODE K. M. *et al.* Comparação da fotoativação de uma resina composta com luz halógena, laser de Argônio e LED por meio da microdureza. **Braz Oral Res**, v.19, Supl SBPqO, p.138, 2005.

RUEGGBERG, F. A. Contemporary Issues in Photocuring. **Compend Cont Educ Dent**, v. 20, n. 25, p. 4-15, Nov. 1999.

RUEGGBERG, F.A.; CAUGHMAN, W.F.; CURTIS, JR J.W. Effect of light intensity and exposure duration on the cure of resin composite. **Oper Dent**, v.19, p. 26-32,1994.

RUEGGBERG, F. A., MOSS, L. Composite conversion using LED, QTH and PAC curing lights. **J Dent Res**, v.81, Supl, p.A-86, 2002.

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

SANTOS, M.; JAÑA, B. C.; CORRÊA, I. C. Estudo comparativo das fontes de luz LED e halógena: análise da microdureza superficial. **Pesqui Odontol Bras**, v. 16, p. 106, 2002.

SAKAGUCHI, R.L.; DOUGLAS, W.H.; PETERS, M.C.R.B., Curing light performance and polymerization of composite restorative materials. **J Dent**, v. 20, p. 183-188. 1992.

SHORTALL, A.C.; WILSON, H.J.; HARRINGTON, E. Depth of cure of radiation-activated composite restoratives- Influence of shade and opacity. **J Oral Rehabil**, v.22, p. 337-342. 1995.

TARLE, Z. et al. Temperature rise in composite samples cured by blue superbright light emitting diodes. **J Dent Res**, v. 77, Abstracts, p. 686, 1998.

TEDESCO, A.D. **Avaliação do grau de conversão mononumérica de compósitos de alta densidade em diferentes profundidades por espectroscopia no infravermelho**. 2002. 119 f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

THOMÉ, T. et al. Influência da distância da fonte ativadora e da cor na microdureza de duas resinas compostas. **JBD: Rev Ibero-Am Odont Estet Dent**, v.3, n.12, p.447, out./dez. 2004.

TURBINO, M. L.; SANTOS, L. A.; MATSON, E. Microdureza de resina composta fotopolimerizável: a cor da matriz experimental pode alterar os resultados dos testes? **Pesqui Odontol Bras**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 232-236, jul./set. 2000.

VALENTINO, T.A.; CAVALCANTE L.M.A.; PIMENTAL A. F. Efeito das fontes de luz LED, laser de argônio e lâmpada halógena na dureza Knoop de diferentes compósitos. **Braz Oral Res**, v.19, Supl SBPqO, p.141, 2005.

WANG, X.; SANG, J. Vickers Hardness of Hybrid Composites cured by High power Curing Lights. **J Dent Res**, v. 80, Special Issue, p. 253, 2001.

WHITTERS, C.J.; GIRKIN, J.M.; CAREY, J.J. Curing of dental composites by use of InGaN light-emitting diodes. **Optics Letters**, v.24, n.1, p.67-68, 1999.

YAP, A.U.J.; WONG, N.Y.; SIOW, K.S. Composite cure and shrinkage associated with high intensity curing light, **Oper Dent**, v.28-4,p. 357-364. 2003.

YOON, T.H. et al. Degree of polymerization of resin composite by different light sources. **J Oral Rehabil**, v. 29, p.1165-1173, 2002.

## APÊNDICE-A – Conceitos

### Descrição técnica:

O material restaurador 3M ESPE Filtek Supreme é uma resina composta fotoativada, cuja parte inorgânica é composta por nanopartículas (um nanômetro é 1/1.000.000, um bilionésimo de um metro ou 1/1000 de um micrometro). Compostas por óxido de zircônio e sílica agregadas com tamanho médio da partícula de aglomerado de 0,6 a 1,4 microns e um tamanho primário de partícula de 5 a 20 nm, com uma pasta de enchimento de sílica de 20 nm não aglomerada não agregada. Contem BIS-GMA (bisfenol A diglicidil éter dimetacrilato), UDMA (uretano dimetacrilato), TEGDMA (trieteno glicol dimetacrilato) e BIS-EMA (bisfenol A polietilenoglicol diéter dimetacrilato). Foi desenvolvida para ser utilizada em restaurações de dentes anteriores e posteriores. Todas as cores, exceto as translúcidas, são radiopacas.

### Definição ASTM-E384:

O termo microdureza significa “resistência à penetração” e é resultado da interação de várias propriedades. Existem muitos ensaios para se medir a microdureza superficial, os mais usados são os de Brinell, Rockwell, Vickers e Knoop, e são baseados na habilidade da superfície do material resistir à penetração por uma ponta, sob uma carga específica. Os testes de microdureza são amplamente utilizados para se avaliar o grau de polimerização de resina composta, porém vários fatores podem influenciar os resultados obtidos. Com esta preocupação alguns cuidados devem ser tomados durante sua execução.

## APÊNDICE-B - Teste de Tukey

<b>FONTES DE VARIAÇÃO</b>	<b>GL</b>	<b>SQ</b>	<b>QM</b>
Tratamentos	7	657.165	93.881
Erro	72	2092.289	29.06

F = 3.2306

(p) = 0.0052

Média (Coluna 1) = 92.91

Média (Coluna 2) = 85.08

Média (Coluna 3) = 91.59

Média (Coluna 4) = 86.5

Média (Coluna 5) = 87.65

Média (Coluna 6) = 84.15

Média (Coluna 7) = 87.78

Média (Coluna 8) = 86.11

<b>Tukey:</b>	<b>Q</b>	<b>(p)</b>	
Médias ( 1 a 2) =	4.5932	< 0.05	Diferentes
Médias ( 1 a 3) =	0.7743	> 0.05	
Médias ( 1 a 4) =	3.7602	> 0.05	
Médias ( 1 a 5) =	3.0856	> 0.05	
Médias ( 1 a 6) =	5.1388	< 0.05	Diferentes
Médias ( 1 a 7) =	3.0093	> 0.05	
Médias ( 1 a 8) =	3.989	> 0.05	
Médias ( 2 a 3) =	3.8189	> 0.05	
Médias ( 2 a 4) =	0.833	> 0.05	
Médias ( 2 a 5) =	1.5076	> 0.05	
Médias ( 2 a 6) =	0.5456	> 0.05	
Médias ( 2 a 7) =	1.5839	> 0.05	
Médias ( 2 a 8) =	0.6042	> 0.05	
Médias ( 3 a 4) =	2.9859	> 0.05	
Médias ( 3 a 5) =	2.3113	> 0.05	
Médias ( 3 a 6) =	4.3644	> 0.05	
Médias ( 3 a 7) =	2.235	> 0.05	
Médias ( 3 a 8) =	3.2147	> 0.05	
Médias ( 4 a 5) =	0.6746	> 0.05	
Médias ( 4 a 6) =	1.3786	> 0.05	
Médias ( 4 a 7) =	0.7509	> 0.05	
Médias ( 4 a 8) =	0.2288	> 0.05	
Médias ( 5 a 6) =	2.0532	> 0.05	
Médias ( 5 a 7) =	0.0763	> 0.05	
Médias ( 5 a 8) =	0.9034	> 0.05	
Médias ( 6 a 7) =	2.1294	> 0.05	
Médias ( 6 a 8) =	1.1498	> 0.05	
Médias ( 7 a 8) =	0.9797	> 0.05	

O teste de Tukey, considerando 5% de significância, apontou que, considerando as oito amostras, não há diferenças significativas entre elas, com  $F = 3.2306$  para  $p = 0.0052$  ( $>0.05$ ). Entretanto, o teste mostrou que há diferenças significativas quando são consideradas as amostras 1 a 2 e 1 a 6.

## APÊNDICE-C - Teste T

Grupos		p	Resultado	
1	e	2	0.02	Diferentes
		3	0.65	Iguais
		4	0.03	Diferentes
		5	0.08	Iguais
		6	0.01	Diferentes
		7	0.17	Iguais
		8	0.02	Diferentes
2	e	3	0.01	Diferentes
		4	0.46	Iguais
		5	0.27	Iguais
		6	0.71	Iguais
		7	0.37	Iguais
		8	0.61	Iguais
3	e	4	0.01	Diferentes
		5	0.00	Diferentes
		6	0.00	Diferentes
		7	0.20	Iguais
		8	0.01	Diferentes
4	e	5	0.50	Iguais
		6	0.22	Iguais
		7	0.62	Iguais
		8	0.77	Iguais
5	e	6	0.13	Iguais
		7	0.96	Iguais
		8	0.41	Iguais
6	e	7	0.23	Iguais
		8	0.33	Iguais
7	e	8	0.53	Iguais

O teste t de Student (considerando 5% de significância) evidenciou que as amostras 2, 4, 5, 6, 7 e 8 possuem estatística iguais, assim como as amostras 1 e 3. Entretanto, o teste apontou para diferenças significativas entre as amostras 1 e 3 com



relação às demais. Os resultados não são, contudo, absolutamente claros, pois de acordo com o teste, não há diferenças significativas entre as amostras 1 e 5 e entre 1 e 7, apesar de 4, 5, 6, 7 e 8 terem estatísticas iguais.

Autorizo cópia total ou parcial desta obra, apenas para fins de estudo e pesquisa, sendo expressamente vedado qualquer tipo de reprodução para fins comerciais sem prévia e específica autorização.

Ana Luiza Vilas Boas Strang  
Taubaté,10/2005