

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA – MESTRADO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM CLÍNICA INTEGRADA

JULIANNA CRISTINA DE SOUZA

**ANÁLISE DA ESTABILIDADE DE COR E MICRODUREZA DE UMA RESINA COMPOSTA
EXTRACLARA FOTOATIVADA COM DIFERENTES FONTES DE LUZ**

PONTA GROSSA
2006

JULIANNA CRISTINA DE SOUZA

**ANÁLISE DA ESTABILIDADE DE COR E MICRODUREZA DE UMA RESINA COMPOSTA
EXTRACLARA FOTOATIVADA COM DIFERENTES FONTES DE LUZ**

Dissertação apresentada para obtenção do título de mestre na Universidade Estadual de Ponta Grossa, no curso de Mestrado em Odontologia – Área de concentração em Clínica Integrada.

Orientadora: **Prof^a. Dr^a. Stella Kossatz
Pereira**

Co-orientadora: **Prof^a. Dr^a. Christiane
Philippini Ferreira Borges**

PONTA GROSSA
2006

S729 Souza, Julianna Cristina de
Análise da estabilidade de cor e microdureza de uma resina
composta extraclara fotoativada com diferentes fontes de luz /
Julianna Cristina de Souza. Ponta Grossa, 2006.
121 f.; il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Ponta
Grossa, curso de Mestrado em Odontologia – área de concentração
em Clínica Integrada.

Orientadora: Profa. Dra. Stella Kossatz Pereira

1-Resina composta. 2-Resina composta-cor. 3-Resina
composta-dureza. I.T.

CDD: 617.675

TERMO DE APROVAÇÃO

JULIANNA CRISTINA DE SOUZA

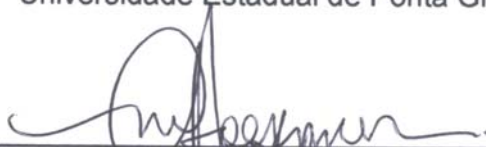
ANÁLISE DA ESTABILIDADE DE COR E MICRODUREZA DE UMA RESINA COMPOSTA EXTRACLARA FOTOATIVADA COM DIFERENTES FONTES DE LUZ

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Mestre no curso de Mestrado em Odontologia – Área de concentração em Clínica Integrada.

Ponta Grossa, 20 de fevereiro de 2006.



Prof.^a. Dr.^a. Stella Kossatz Pereira – Orientadora
Universidade Estadual de Ponta Grossa



Prof. Dr. Márcio Grama Hoepfner
Universidade Paranaense (UNIPAR)



Prof.^a. Dr.^a. Osnara Mongruel Gomes
Universidade Estadual de Ponta Grossa

À minha mãe, exemplo de vida e determinação,
que sempre esteve ao meu lado e não poupou
esforços para me ajudar.

Ao meu irmão Nando, por estar presente em
todas as horas, com seu apoio, carinho e
dedicação, sem medir esforços.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

À Deus por me dar condições para estar sempre aprendendo.

Aos meus pais Lauri de Souza e Leni Kuhl de Souza que me proporcionaram condições de realizar os meus sonhos.

Aos meus queridos irmãos Carlos Alexandre de Souza; Luiz Fernando de Souza e Jordanna Carolina de Souza Canlofski que sempre com muito amor me ajudaram... Amo demais vocês.

Aos meus irmãos de coração Adriana Ielpo de Souza (cunhada); Tarcísio Canlofski (cunhado) Luis Maurício Resende (amigo querido) Mariane Cristina Sloniak (amiga querida) a presença de vocês tornou minha família ainda mais especial.

À minha doce sobrinha Luiza Ielpo de Souza, você gatinha torna a vida mais feliz.

As grandes amizades feitas durante o mestrado: Veri, Fer, Carol e Sandrinha. A presença de vocês, amigas queridas, tornou mais fácil vários momentos difíceis durante o mestrado... As palavras, os conselhos, as risadas, as brincadeiras e festas. Valeu por tudo! Para sempre vocês estarão em meus melhores pensamentos e orações. Lembrarei com saudades cada momento que passamos juntas, obrigada.

À Sol e ao Rafinha pela grande ajuda e amizade.

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora Prof. Dr^a Stella Kossatz Pereira pela sua ajuda, incentivo e amizade desde os tempos de graduação.

A Mestre Adrina Postiglione Bühner Samra pela sua grande dedicação, conhecimentos e amizade.

Aos professores Dr. João Carlos Gomes e Dr^a Osnara Mongruel Gomes pela confiança e oportunidades oferecidas.

À Prof. Dr^a Christiane Phillippini Ferreira Borges por seus conhecimentos e dedicação para com o meu trabalho.

Aos professores Drs Sidney Pianaro e Sandra Masetto Antunes pelo acesso ao Laboratório Interdisciplinar de Materiais Cerâmicos (LIMAC), da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Aos professores Abraham Lincoln Calixto e Vânia Queiros pela ajuda e amizade.

À Denílson Antonio Cavina (*in memoriam*) pelo incentivo e amizade.

Ao Pof. Dr. Gibson Pilatti pela realização da análise estatística.

À Morgana Maria das Graças pela dedicação e ajuda em todas as horas.

Aos colegas da turma de mestrado: João Luis, José Laufer, Ricardo Ker, Jose David e sua esposa Margarida, Rafael Gomes, Marissol Romanelli, Priscila Paiva Portero, Márcia Rastelli, Carolina Oberg, Fernanda Zander Grande, Veridiana Camilotti , Patrícia Grau e Sandra Cristina Sgarbi Daniel aprendi muitas coisas com vocês... obrigada pela companhia e bons momentos que passamos juntos.

As amigas Taisiane Possamai e Milene Inês Trierweiler Giardini, a amizade de vocês é especial para mim.

À todos os funcionários, técnicos responsáveis pelos laboratórios da Universidade Estadual de Ponta Grossa utilizados no decorrer desta pesquisa.

Aos funcionários da biblioteca desta instituição, sempre prestativos em oferecer sua ajuda e seus serviços.

À CAPES pelo apoio e incentivo à pesquisa

À Universidade Estadual de Ponta Grossa.

RESUMO

O propósito deste estudo foi avaliar, através da aceleração de envelhecimento, a estabilidade de cor intrínseca e a microdureza Vickers da resina composta Charisma – (Heraeus-Kulzer) nas cores A2 e SL em relação à fonte de luz utilizada. Foram confeccionados 60 corpos-de-prova com 17mm de diâmetro e 1mm de espessura com auxílio de matrizes metálicas, divididos em 4 grupos: grupo 1- cor A2/ luz halógena ; grupo 2- cor SL/ luz halógena; grupo 3- cor A2/ aparelho à base de LEDs e grupo 4- cor SL/ aparelho à base de LEDs . Os espécimes foram submetidos à imersão em água deionizada a 60°C (30 dias) armazenados ao abrigo da luz. Realizaram-se duas leituras de cor uma inicial, 24 hs após a confecção dos corpos-de-prova, e uma final ao término do período experimental, após 30 dias. Utilizou-se espectrofotometria de reflectância (Espectrofotômetro Cary-Varian 100) com espectro entre 360 e 720 nm, espaço de cor CIE-Lab para a análise da alteração de cor. Na sequência os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de microdureza Vickers através do microdurômetro MMT-3 digital HMV-Shimadzu. A variável dependente microdureza foi avaliada pelo teste de Análise de Variância (ANOVA) a dois critérios, tendo como variáveis independentes: fonte de luz (halógena ou LEDs) e cor (A2 ou SL). Quando houve diferença entre os grupos pelo teste de ANOVA, o teste de Tukey foi utilizado para verificar entre quais grupos houve diferença. Para a alteração de cor, os resultados mostraram que não houve diferença estatística significativa entre os grupos estudados. No entanto, para o teste de microdureza houve diferença estatística significativa para o grupo 2, apresentando os maiores valores. Concluiu-se que: o aparelho à base de LEDs utilizado neste experimento foi eficiente em proporcionar estabilidade de cor intrínseca da resina composta testada; o aparelho de lâmpada halógena proporcionou os maiores resultados de microdureza Vickers, e a cor SL apresentou melhores estabilidade de cor e microdureza quando comparada a cor A2; mesmo a maior alteração de cor encontrada neste estudo está dentro dos valores aceitáveis clinicamente.

Palavras chave: Resinas compostas. Cor. Dureza

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate through the aging acceleration the stability of intrinsic color and the microhardness Vickers of the composed resin Charisma – (Heraeus-Kulzer) in colors A2 and SL in relation to the source of used light. Sixty bodies-of-test with 17mm of diameter and 1mm of thickness had been confectioned with metallic matrices and divided in 4 groups: group 1 - color A2/halógena light; group 2 - color SL/halógena light; group 3 - color A2/device to the base of LEDs and group 4 - color SL/device to the base of LEDs. The specimens had been submitted to the immersion in deionized water 60°C (30 days) stored under the cover of the light. Two readings of color had been become fulfilled an initial, then after the confection of the body-of-test, and final one to the ending of the experimental period, after 30 days. Espectrofotometria of reflectance (Espectrofotômetro Cary-Varian 100) with specter between 360 and 720 nm, space of color CIE-Lab was used for the analysis of changing of color. Then the bodies-of-test had been submitted to the test of microhardness Vickers through the microdurometer digital Mmt-3 HMV-Shimadzu. The dependent variable microhardness was evaluated by the test of Analysis of Variância (ANOVA) the two criteria, having had as changeable independent: source of light (halógena or LEDs) and color (A2 or S L). When it had difference enters the groups for the test ANOVA, the test of Tukey was used to verify between which groups had difference. For the color alteration, the results had shown that it did not have difference significant statistics between the studied groups. However, for the microhardness test it had difference significant statistics for group 2, presenting the biggest values. It concludes that: the device to the base of LEDs used in this experiment was efficient in providing stability of intrinsic color of the tested composed resin; the device of halógena light bulb provided the resulted greater of microhardness Vickers, and the color SL presented better stability of color and microhardness when compared with the color A2; exactly the biggest alteration of color found in this study is inside of the acceptable values clinically.

Key words: Composite resins. Color. Hardness.

DADOS CURRICULARES

JULIANNA CRISTINA DE SOUZA

NASCIMENTO 05-08-1977	Curitiba - Paraná
FILIAÇÃO	Lauri de Souza Leni Kuhl de Souza
1998/2002	Curso de Graduação em Odontologia. Universidade Estadual de Ponta Grossa
2003	Curso de Aperfeiçoamento em Prótese Fixa Escola de Aperfeiçoamento Profissional da Associação Brasileira de Odontologia Regional Ponta Grossa – Paraná
2004/2006	Curso de Pós-graduação em Odontologia Área de Concentração - Clínica Integrada, Nível Mestrado. Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Resina composta Charisma [®] (Heraeus Kulzer).....	66
Figura 2 -	Aparelho de lâmpada halógena Optilux (Demetron)	68
Figura 3 -	Aparelho à base de LEDs Optilight LD III (Gnatus).....	69
Figura 4 -	Matriz metálica utilizada na pesquisa	70
Figura 5 -	Placa de vidro com a matriz e o fio dental interposto.....	70
Figura 6 -	Disposição das matrizes e placas de vidro evitando o movimento de báscula	71
Figura 7 -	Divisão do corpo-de-prova em quadrantes	72
Figura 8 -	Seqüência ilustrativa da fotopolimerização dos quadrantes	72
Figura 9 -	Aparelho de lâmpada halógena sendo aferido no radiômetro Cure Cure (EFOS)	73
Figura 10 -	Aparelho à base de LEDs sendo aferido no radiômetro Cure Rite (EFOS)	73
Figura 11 -	Representação do Espaço de cor CIE-Lab	75
Figura 12 -	Espectrofotômetro Varian-Cary 100	76
Figura 13 -	Posição do corpo-de-prova no espectrofotômetro	77
Figura 14 -	Recipiente identificado individualmente	77
Figura 15 -	Escala utilizada na interpretação dos valores do delta E.....	79
Figura 16 -	Microdurômetro MMT-3 digital HMV-Shimadzu.....	80

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Os valores de média para a variável dependente microdureza segundo fonte de luz.....	82
Gráfico 2 -	Os valores de média para a variável dependente microdureza segundo cor.....	82
Gráfico 3 -	Os valores de média para a variável dependente microdureza segundo fonte de luz e cor.....	83
Gráfico 4 -	Os valores de média para a variável dependente variação de cor (delta E) segundo fonte de luz e cor	84
Gráfico 5 -	Os valores de média para a variável dependente variação de cor (delta E) segundo fonte de luz.....	84
Gráfico 6 -	Os valores de média para variável dependente variação de cor (delta E) segundo cor	85
Gráfico 7 -	Diagrama de dispersão para os valores das variáveis microdureza e variação de cor.....	85

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Características do material	66
Tabela 2 -	Características dos aparelhos fotopolimerizadores	67
Tabela 3 -	Grupos experimentais	69
Tabela 4 -	Valores de média e desvio padrão para a variável dependente microdureza	81
Tabela 5 -	Valores de média e desvio padrão para a variável dependente variação de cor (delta E).....	83
Tabela 6 -	Espectofotometria inicial.....	112
Tabela 7 -	Espectofotometria final.....	115
Tabela 8 -	Valores da variação total de cor.....	118
Tabela 9 -	Valores da microdureza Vickers.....	121

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Área
BAPO	Bis-Acryl-Phosphin oxide
BPO	Peróxido de Benzoíla
Bis-GMA	2,2-bis-[4-(2-hydroxy-3-methacryloxy-propyloxy) phenyl]propane
CIE-Lab	Commission Internationale de l'Eclairage, International Commission on Illumination. L* a* b* coordenadas da cor (L*= preto-branco, a*= verde-vermelho, b*= azul-amarelo)
cm	Centímetro
CQ	Canforoquinona
D65	Iluminante
FTIR	Fourier Transform Infrared Spectroscopy
g	Gramas
gf	Gramas força
°C	grau Celsius
InGaN	Nitrito de Gálio
ISO	International Organization for Standardization
J/m ²	Joule por metro quadrado
Kg	Quilograma
Kg/cm ²	Quilograma por centímetro quadrado
Kgf	Quilograma força
Kj/m ²	Quilojoule por metro quadrado
LED	Light Emitting Diode, Diodos Emissores de Luz
mA	Mili amper
mm	Milímetros
mm ²	Milímetros quadrados
mol/%	Número de moles por porcentagem
mW/cm ²	miliWatts por centímetro quadrado
nm	Nanômetros
pH	Potencial Hidrogênionico
PPD	1-phenyl-1,2propanedione, Propano Fenil Diona
TEGDMA	Triethyleneglycol dimethacrylate
UDMA	Urethane dimethacrylate
W	Watts
#	Número
&	E
®	Registrado
™	Marca registrada
ΔE	Alteração Total da cor

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	20
2.1	ESTABILIDADE DE COR	20
2.2	LEDs / MICRODUREZA	42
3	PROPOSIÇÃO.....	65
4	MATERIAL E MÉTODOS	66
4.1	MATERIAL RESTAURADOR	66
4.2	APARELHOS FOTOPOLIMERIZADORES	67
4.2.1	Aparelho de lâmpada halógena	67
4.2.2	Aparelho à base de LEDs	68
4.3	CONFEÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA.....	69
4.4	ARMAZENAMENTO	73
4.5	TRATAMENTO EXPERIMENTAL	73
4.5.1	Determinação da cor	73
4.5.2	Análise inicial da cor	76
4.5.3	Aceleração de envelhecimento	77
4.5.4	Análise final da cor	78
4.5.5	Cálculo da variação total da cor	78
4.5.6	Análise da microdureza superficial	79
4.6	PLANEJAMENTO ESTATÍSTICO	80
5	RESULTADOS	81
6	DISCUSSÃO	86
7	CONCLUSÕES	103
	REFERÊNCIAS	104
	APÊNDICE A Valores da coordenadas L^*, a^*, b^* avaliação inicial	111
	APÊNDICE B Valores da coordenadas L^*, a^*, b^* avaliação final.....	114
	APÊNDICE C Valores da variação total da cor (ΔE).....	117
	APÊNDICE D Valores da microdureza Vickers	120

1 INTRODUÇÃO

A odontologia atual busca por meio de novas tecnologias oferecer aos pacientes tratamentos conservadores, estéticos e com grande longevidade clínica. A estética dental tem sido definida como uma ciência, a ciência de copiar o belo natural ou harmonizar o artificial, tornando-a uma arte imperceptível (CHAIN; BARATIERI, 1998).

As resinas compostas introduzidas por Bowen (1960), revolucionaram os procedimentos restauradores, pois proporcionavam estética e propriedades físicas melhoradas em relação aos materiais estéticos até então utilizados, contudo, ainda com limitações (SALLES et al., 1997). Desde então muitas pesquisas têm sido realizadas com o intuito de encontrar soluções para minimizar estas limitações, como: sensibilidade pós-operatória, desgaste, contração de polimerização, infiltração marginal, alteração de cor e assim aumentar a longevidade clínica dos procedimentos restauradores com as resinas compostas (SANTOS; SOUZA Jr.; MONDELLI 2002).

A correta fotoativação das resinas compostas é um fator determinante no sucesso das propriedades físicas e biológicas deste material. Santos, Souza Jr., Mondelli (2002), advertiram para o risco de uma polimerização insuficiente das resinas compostas fotoativadas, uma vez que a conversão dos monômeros é importante para a manutenção de suas propriedades. A subpolimerização causa comprometimento estético, tendências à pigmentação, maior possibilidade de infiltração marginal, redução das propriedades mecânicas e maior risco de agressão pulpar devido às características tóxicas do monômero não

polimerizado (CARREIRA; VIEIRA, 2002; MEDEIROS; NASCIMENTO 2002; PEREIRA et al., 1997).

A fonte de luz mais utilizada pelos profissionais da odontologia para a polimerização das resinas compostas é a fonte convencional de lâmpada halógena (quartzo-tungstênio). A maior parte da energia luminosa produzida por esta lâmpada é de raios infravermelhos (95%), os quais são responsáveis pela produção de calor. Para reduzir os raios indesejáveis, são utilizados filtros nos aparelhos, a fim de que os raios produzidos fiquem restritos à faixa de luz visível (5%), com comprimento de onda entre 400 e 500 nm, responsável pela ativação da canforoquinona (CQ). Porém, o aquecimento do aparelho, a quantidade de luz que não é utilizada e o tempo de vida da lâmpada, fizeram com que novos tipos de fotoativadores fossem desenvolvidos (SANTOS; SOUZA Jr.; MONDELLI, 2002).

Com a preocupação de possuir aparelhos que contribuam para a longevidade do sucesso clínico de restaurações com materiais resinosos, proporcionando boas propriedades mecânicas e sem efeitos adversos para as estruturas dentárias, novas tecnologias surgiram no mercado. A tendência em avanços tecnológicos é a fotoativação à base de diodos que emitem luz: LED (diodos emissores de luz), que ao contrário dos outros aparelhos, emite luz dentro do espectro máximo de absorção do fotoiniciador mais usado nos compósitos dentais, a canforoquinona (CQ). Esta emissão estabelece menor geração de calor (sem necessidade de ventilação), pois a energia em comprimento de onda específico não gera energia luminosa desnecessária, que somente libera calor, além disso, dispensa a presença de filtros (FRANCO; BOSQUIROLI; LOPES 2003; SWIFTT Jr., 2001).

A literatura atual tem mostrado a efetividade dos aparelhos LED para a polimerização das resinas compostas em testes de profundidade de polimerização, resistência à compressão e resistência flexural (BENNET; WATT, 2004; JANDT et al., 2000; MILLS; JANDT, ASHWORTH, 1999). Por meio das propriedades mecânicas de um material avaliam-se as características intrínsecas do mesmo, e estas características dependem do grau de conversão de monômeros em polímeros. Se os fotoiniciadores deste material não forem adequadamente sensibilizados pela luz, o processo de polimerização será comprometido (NAKFOOR et al., 2005).

A canforoquinona (CQ) que é uma diquetona que absorve energia entre 400 e 500 nm com um pico de absorção em 468 nm é o iniciador mais utilizado nas formulações de resinas compostas (FRANCO; BOSQUIROLI; LOPES, 2003; NOMOTO, 1997; PARK; CHAE; RAWLS, 1999). A canforoquinona (CQ) tem uma cor amarelada, sendo uma limitação no momento de fabricar as resinas compostas de cores mais claras, ou brancas, principalmente indicadas para dentes clareados (PARK; CHAE; RAWLS, 1999; PEUTZFELD; ASMUSSEN, 1990). Atualmente, pesquisas têm sido realizadas para testar diferentes fotoiniciadores que possam minimizar o problema da cor do fotoiniciador canforoquinona (CQ). Os fotoiniciadores testados são: 1-phenyl-1,2 propanedione (PPD), Lucerina e Bis-Acetyl-Phosphinoxide (BAPO). Estes fotoiniciadores estão sendo incluídos na composição de várias resinas compostas com a intenção de melhorar a estética, proporcionando restaurações mais claras ou translúcidas (FRANCO; BOSQUIROLI, LOPES, 2003; PARK; CHAE; RAWLS, 1999).

Um grande problema encontrado é a diferença no comprimento de onda que sensibiliza estes fotoiniciadores em torno de 410 nm, que pode ser um fator limitante do uso dos LEDs (450-500 nm) para materiais que apresentam estes

componentes (FRANCO; BOSQUIROLI; LOPES 2003, DELGADO, 2004). Este fator poderia prejudicar a polimerização comprometendo o sucesso e a longevidade clínica das restaurações. A indicação dos aparelhos à base de LEDs para fotoativação destas resinas, vem demonstrando a necessidade de pesquisas que avaliem a eficácia da polimerização à base de LED para estes materiais (FRANCO; BOSQUIROLI; LOPES 2003; PARK; CHAE, RAWLS, 1999; NAKFOOR et al., 2005).

Uma das etapas fundamentais para o procedimento de uma restauração estética é a escolha da cor. A cor, a forma e a textura de superfície se destacam na estética, de forma a caracterizar e personalizar o sorriso (SAMRA, 2004). No entanto, a manutenção da cor da resina composta ao longo do tempo, na cavidade bucal, é um desafio para o cirurgião-dentista. Este fato depende além da técnica restauradora, também do paciente com relação a seus hábitos alimentares e de higiene oral (MINELLI; CHAVES; SILVA 1988a; SAMRA, 2004).

A estabilidade de cor das resinas compostas foi estudada por muitos pesquisadores, tendo sido correlacionada com a qualidade de polimerização (ASMUSSEM, 1983; SALLES et al. 1997; VERONEZI et al., 1999). Os materiais que apresentam falha na sua polimerização, quando submetidos a imersão em soluções corantes como: café, vinho tinto, chá ou refrigerantes à base de cola, desencadeiam pigmentação mais intensa (PEREIRA et al., 2003). A descoloração intrínseca do material ocorre como resultado de um processo de oxidação de alguns componentes da resina composta, sendo causada principalmente pelas aminas ativadoras do processo de polimerização (ASMUSSEN, 1983). Esta alteração de cor também pode ser influenciada pelas características do material, como quantidade e tipo de matriz orgânica, quantidade e tamanho das partículas de carga (CAMPOS et al., 1999; IONOKOSHI et al., 1996).

Propriedades como a microdureza e a estabilidade de cor das resinas compostas são associadas com a qualidade de polimerização (SCHULZE et al., 2003). Relacionar estas propriedades reproduzindo “in vitro” condições de temperatura e umidade semelhantes ao ambiente oral, e avaliá-las de forma combinada, de maneira a observar a interação entre microdureza superficial e alteração de cor na qualidade de polimerização, trazem benefícios científicos e clínicos relevantes para a comunidade odontológica. O objetivo desta pesquisa foi estudar a eficiência de um aparelho à base de LEDs na polimerização de uma resina composta na cor extraclara, através da avaliação de estabilidade de cor e microdureza superficial.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ESTABILIDADE DE COR

A estabilidade de cor de sete marcas comerciais de resinas compostas_ Adaptic (Universal), Concise (Universal), Nuva Fill (Light), Prestige (Universal), Simulate (Universal), Vytol (Light) e Sevitron (Ss-Light Yellow)- foi avaliada por Powers; Dennison e Koran (1978). Os autores utilizaram aceleração de envelhecimento realizada em uma máquina Weather-Ometer 25-WR com irradiação contínua de luz de xenônio, jatos intermitentes de água por 18 minutos , mantendo 90% de umidade e 43°C de temperatura. Foram confeccionados 5 discos de 36 mm de diâmetro e 1,3 mm de espessura, para cada material, e todos os materiais foram expostos às condições de aceleração de envelhecimento por 10, 20, 50, 100, 300 e 900 horas. As amostras foram avaliadas em um espectrofotômetro de feixe duplo com intervalo de 405 a 700 nm, emitindo luz nos espectros ultravioleta e visível. Concluiu-se que após 900 horas de envelhecimento todos os materiais mostraram diferenças com relação a sua cor inicial. No entanto, após 10 horas de tratamento as mudanças de cor foram semelhantes às obtidas com o tempo de 300 horas de tratamento.

Powers; Fan e Raptis (1980), avaliaram "in vitro" a estabilidade de cor de três resinas compostas híbridas e quatro de micropartículas. Foram confeccionados 3 corpos-de-prova para cada material com o auxílio de matriz metálica. Em seguida, os mesmos foram armazenados em estufa a 37°C $\pm$ 1°C por 24 horas antes da avaliação. Após a avaliação inicial, os corpos-de-prova foram submetidos à aceleração de envelhecimento através de luz, variação de temperatura

e umidade em câmara 25-WR, com medições realizadas após 300, 600 e 900 horas de tratamento. As medições foram realizadas por espectrofotometria de reflectância, na faixa de espectro visível e ultravioleta, com comprimento de onda emitido entre 405 e 700 nm, através de espectrofotômetro de feixe duplo e esfera integradora. Durante o envelhecimento inicial todos os materiais tornaram-se mais escuros, mais cromáticos e mais opacos. Os autores concluíram que a alteração de cor ocorreu de maneira e quantidade diferentes de acordo com as resinas compostas estudadas, sendo que as resinas de micropartículas apresentaram melhor estabilidade de cor.

Observando a ausência de testes de estabilidade de cor com relevância clínica Asmussen (1981), propôs um teste de aceleração de envelhecimento. Este processo foi estabelecido com a imersão, de corpos-de-prova, em água deionizada em diferentes temperaturas: 37°C, 50°C, 60°C e 70°C. Para a realização deste estudo foram testadas quinze marcas comerciais de resinas compostas. A partir destes materiais, confeccionaram-se corpos-de-prova com 15 mm de diâmetro e 2 mm de espessura, polimerizados seguindo as instruções do fabricante, polidos com lixa de papel de carborundum número 1000 e armazenados em água a 37°C durante seis dias. Depois de realizada a medição inicial, com colorímetro Hunterlab D-25, utilizando iluminante C e obtendo valores nas coordenadas L^* , a^* e b^* , iniciou-se a aceleração de envelhecimento. Os corpos-de-prova foram imersos em água deionizada em temperaturas pré determinadas e em recipientes abertos com livre acesso de ar, em ambiente escuro. Depois de trinta dias as amostras foram removidas da água e escovadas com escova macia, depois de secadas tiveram novamente a sua cor analisada. Utilizando o sistema CIE-Lab para mensuração de cor com a fórmula $\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$, a alteração de cor foi calculada. De acordo com os resultados de alteração de cor obtidos após o

armazenamento dos corpos-de-prova em diferentes temperaturas, considerou-se o armazenamento durante trinta dias, em água deionizada, em temperatura controlada de $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ clinicamente relevante. Estas condições proporcionaram aos corpos-de-prova as mesmas características do grupo em temperatura de 37°C após doze meses, e também correspondeu ao armazenamento em água 50°C por dois meses. O autor concluiu existir relevância clínica nesta metodologia para teste de estabilidade de cor de resinas compostas restauradoras estabelecendo correlação entre a imersão “in vitro” de corpos-de-prova em água deionizada a 60°C durante o período de trinta dias e o armazenamento em água a 37°C por doze meses.

Utilizando a metodologia de sua autoria, Asmussen (1983), estudou em bases quantitativas os fatores que governam a estabilidade de cor de resinas compostas restauradoras. Corpos-de-prova em forma de discos foram imersos em água deionizada com temperatura de 60°C por trinta dias na presença de oxigênio, estabelecendo a correlação entre este período e o equivalente a um ano de armazenamento em água a 37°C . Utilizando dezessete marcas comerciais de resinas compostas testou o efeito do tipo e quantidade de amina, quantidade de peróxido de benzoíla (BPO), quantidade de inibidor, pH, oxigênio e efeito da irradiação ultravioleta na alteração de cor destas resinas. O autor concluiu que a alteração de cor independe da quantidade absoluta de amina, entretanto depende da proporção amina/BPO e da quantidade de inibidor, que deve ser totalmente consumido na reação de polimerização para não interferir na cor. Pela diferença de proporção de Bis-GMA, aminas e BPO poderia ser explicada a diferença de resultado entre as marcas comerciais de resinas compostas estudadas. Na ausência do oxigênio, houve grande redução da alteração de cor, demonstrando a natureza oxidante do processo de formação da cor. Com relação à metodologia de irradiação

com a luz ultravioleta a alteração de cor foi menor quando comparada com o armazenamento em água deionizada durante trinta dias, comprovando a reduzida confiabilidade desta metodologia. Complementando os resultados, o autor afirmou que a presença de absorvedores de irradiação ultravioleta e fotoiniciadores, fez com que a alteração de cor obtida nestes testes fosse discreta.

O manchamento de algumas resinas compostas quando imersas em soluções comumente ingeridas foi observado por Minelli; Chaves e Silva (1988a). Estes autores estudaram o efeito do café, chá e vinho tinto sobre a alteração de cor de quatro marcas comerciais de resinas compostas. Corpos-de-prova em forma de disco com 10 mm de diâmetro por 1,2 mm de espessura foram confeccionados com auxílio de uma matriz metálica. Após 48 horas, os corpos-de-prova foram removidos da matriz e imersos nas soluções corantes selecionadas e em água, as quais eram trocadas a cada dois dias. Os corpos-de-prova eram removidos das soluções, lavados por cinco minutos em água corrente, secados e avaliados visualmente todos os dias. Os resultados evidenciaram que o maior manchamento foi causado pelo vinho tinto, seguido pelo café e posteriormente pelo chá. Os resultados mostraram que algumas resinas compostas têm maior propensão à pigmentação. Os autores atribuíram o maior manchamento do vinho à sua coloração e efeito fermentativo, produzindo ácidos capazes de amolecer a superfície da resina, alterando a resistência à abrasão e a suscetibilidade ao manchamento superficial.

Minelli; Chaves e Silva (1988b) testaram a alteração de cor de duas resinas compostas convencionais, duas resinas compostas de micropartículas e uma resina acrílica em relação a três tipos de tratamentos superficiais: superfície lisa, superfície rugosa e superfície glazeada. Foram confeccionados 90 corpos-de-prova com 10 mm de diâmetro e 1,2 mm de espessura. Os materiais em teste foram:

duas resinas convencionais Adaptic (Jonhson & Jonhson) e Concise (3M-ESPE) duas resinas com micropartículas Heliosit (Vivadent) e Isoplast (Vivadent) e uma resina acrílica Texton (S. S. White). As resinas foram colocadas em uma matriz de aço inoxidável e pressionada entre duas lâminas para microscopia. Após 48 horas os corpos-de-prova foram removidos da matriz e divididos em três tipos de tratamento: superfície lisa, mantida conforme obtida com lâmina de vidro; superfície rugosa, obtida pelo desgaste da superfície lisa com lixa número 150 e a superfície glazeada obtida a partir do glazeamento da superfície rugosa. Durante dez dias os corpos-de-prova foram imersos em solução de café, trocada a cada dois dias, à temperatura ambiente e ao abrigo da luz. Diariamente os corpos-de-prova foram removidos da solução, lavados durante 5 minutos em água corrente, secados e posicionados sobre um fundo branco para avaliação da coloração. Os resultados mostraram que as superfícies rugosas mancharam menos que as superfícies lisas e glazeadas, e que as superfícies glazeadas apresentaram o maior grau de manchamento. Os autores relacionaram o maior grau de conversão à maior estabilidade de cor e a maior quantidade de fase orgânica à maior suscetibilidade à pigmentação, pois a resina composta glazeada que recebeu camada superficial de glaze, constituída apenas de resina sem carga, apresentou maior manchamento.

A estabilidade de cor de três marcas comerciais de resinas indiretas foram avaliadas por Peutzfeldt e Asmussen (1990) por meio de irradiação com luz ultravioleta e armazenamento em água. As resinas testadas foram: Estilux Posterior C VS (Heraeus Kulzer), polimerizada apenas por luz; a resina composta Brilliant (Coltène) polimerizada por luz e polimerização complementar por luz e calor e o material SR-Isosit (Ivoclar), que utilizou polimerização em sistema hidropneumático. Os corpos-de-prova foram confeccionados com auxílio de matriz com 15 mm de

diâmetro e 2 mm de espessura, polimerizados e polidos com lixa de carborundum número 1000 até atingirem espessura entre 1,80 e 1,85 mm. Depois de realizada a medição inicial de cor todos os corpos-de-prova foram levados à exposição à luz ultravioleta ou à água deionizada a 60°C. As maiores alterações ocorreram para os corpos-de-prova submetidos ao armazenamento em água, no entanto, os corpos-de-prova em geral ficaram mais escuros, mais vermelhos e mais amarelos. Foram considerados relativamente estáveis, em situações clínicas, resultados de diferença de cor abaixo de 2 unidades, enquanto que valores acima de 7 unidades corresponderiam a uma notável descoloração na cavidade bucal. Os melhores resultados encontrados foram para o material Estilux Posterior C VS (Heraeus Kulzer), seguida das marcas comerciais Brilliant (Coltène) e SR-Isosit (Ivoclar). Os autores justificaram as diferenças entre eles pela quantidade de polímero, de Bis-GMA e de inibidor presente em cada material.

Khokhar; Razzoog e Yaman (1991) avaliaram a estabilidade de cor de resinas compostas após serem imersas em digluconato de clorexidina a 0,12%, café e chá. As resinas compostas testadas foram: Dentacolor (Kulzer), VisioGem (ESPE), Brilliant D. I. (Coltène) e Concept (Williams Dental Co.). Foram confeccionados corpos-de-prova com 6 mm de diâmetro e 2 mm de espessura. Estes foram testados em dispositivo Tuccillo-Nielson onde foram imersos por 15 segundos nas soluções propostas com interrupções de 45 segundos. As mensurações de cor foram realizadas no início, 6, 12, 24 e 48 horas em um espectrofotômetro de reflectância utilizando o sistema CIE-Lab para a determinação da cor. Todas as resinas compostas estudadas mostraram um aumento na mudança de cor de 6 para 48 horas de imersão. Os autores concluíram que a adição de clorexidina e saliva causaram um aumento no manchamento quando utilizada com o

chá e que a maior parte do manchamento superficial pode ser removido com higiene oral, no entanto este manchamento residual pode ser acumulativo. A resina Brilliant D. I. (Coltène) apresentou o maior manchamento e a resina Concept (Williams Dental Co.) o menor manchamento, apresentando a maior estabilidade de cor.

As restaurações estéticas com o tempo podem sofrer alterações de cor. Preocupados com este problema Burrow e Mackinson (1991) através de aceleração de envelhecimento, avaliaram dezesseis marcas comerciais de resinas compostas. Estas resinas foram avaliadas quando expostas à luz do dia, em água ou secas, e com mudanças de temperatura. Com o auxílio de uma matriz de resina acrílica os corpos-de-prova foram confeccionados e divididos em três grupos: grupo 1- submetido a diferentes variações climáticas; grupo 2- corpos-de-prova testados de maneira a expor apenas a metade da superfície à luz do sol; grupo 3- testou a influência da espessura na alteração de cor. Os corpos-de-prova foram analisados através de fotografias iniciais e dos diferentes períodos de análise: uma semana, três e seis meses após. As mudanças tenderam a ocorrer após três meses, provavelmente imperceptível clinicamente, e independentes do tratamento e da cor, mas sim, relacionadas a mudanças químicas da resina durante o tempo. Os autores destacaram que nas condições em que foi realizado o teste, os resultados de alteração de cor foram suaves, fazendo supor que a principal causa de alteração de cor deva ser de origem da dieta.

Utilizando o teste de aceleração de envelhecimento em água deionizada a 60°C por 30 dias, Inokoshi et al. (1996) estudaram três tipos de materiais restauradores: materiais autopolimerizáveis, fotopolimerizáveis por luz visível e resinas modificadas por poliácidos. Os autores avaliaram a opacidade intrínseca e alterações na cor destes materiais através do sistema CIE-Lab, definido

como o espaço tridimensional da cor. Foram confeccionados corpos-de-prova com uma matriz acrílica com 6 mm de diâmetro por 1 mm de espessura. Os corpos-de-prova foram avaliados semanalmente por um colorímetro utilizando iluminante C e obtendo os dados no sistema CIE-Lab. Através dos resultados, os autores concluíram que as resinas compostas fotopolimerizáveis apresentaram a menor alteração de cor, menor que 3,3 unidades, considerado insignificante clinicamente, ao contrário dos outros materiais com valores superiores. As alterações de cor ocorreram devido à diminuição do valor de L^* , leve aumento de a^* e de pequeno a moderado aumento de b^* . A alteração de cor, segundo os autores, é uma combinação de manchamento extrínseco e descoloração interna, que depende do tipo do material restaurador, da manipulação do material, da dieta e da higiene oral dos pacientes.

A estabilidade de cor de três tipos de materiais restauradores estéticos foram avaliados por Fruits; Duncanson Junior e Miranda (1997). Estes autores compararam o efeito da aceleração de envelhecimento nos seguintes materiais: resina composta de micropartículas (Prisma-Fil - LD Caulk), resina híbrida (A.P.H. - LD Caulk) e um cimento de ionômero de vidro modificado por resina (VariGlass - LD Caulk). Os corpos-de-prova foram confeccionados em anéis de borracha emoldurados em duas placas de vidro e polimerizados seguindo as instruções dos fabricantes. Depois de prontos, foram levados ao espectrofotômetro para medição inicial da cor e em seguida, submetidos a ciclos alternados de condensação por 4 horas em temperatura de 55°C, e ciclos de luz ultravioleta por 8 horas em temperatura de 66°C, com umidade constante de 100% em uma máquina (Accelerated Weathering Tester - Q-Panel Company) por 400 horas. As avaliações foram feitas após 100, 200, 300 e 400 horas em espectrofotômetro de reflectância

com feixe duplo, e intervalos de medições de 10nm obtendo dados no sistema CIE-Lab. A diferença total de cor foi definida como ΔE que representa a diferença entre a cor inicial e a cor final dos corpos-de-prova após o teste de aceleração de envelhecimento. A partir dos resultados os autores puderam concluir que as resinas compostas apresentaram os melhores resultados, com a resina híbrida apresentando o menor ΔE , seguida da resina de micropartículas.

Salles et al. (1997) avaliaram a influência da distância da ponta ativa de dois aparelhos fotopolimerizadores até a superfície de uma resina composta de micropartículas Silux Plus (3M-ESPE), sobre os valores de estabilidade de cor. Os aparelhos utilizados foram Fibrilux (Dabi-Atlante) com intensidade de luz de $\pm 150 \text{ mW/ cm}^2$ e Ultralux (Dabi-Atlante) com intensidade de luz de $\pm 450 \text{ mW/ cm}^2$. Foram confeccionados 18 corpos-de-prova com 10 mm de diâmetro e 2 mm de espessura com cada aparelho fotopolimerizador. A polimerização foi realizada com a ponta ativa posicionada a 0, 0,5 e 10 mm da superfície da resina composta totalizando 6 corpos-de-prova para cada distância. Os corpos-de-prova foram identificados e colocados em saliva artificial a 37°C por 24 horas e, em seguida, receberam acabamento e polimento com discos SofLex (3M) com granulação decrescente e seqüencial. A amostra foi dividida em dois grupos, um grupo permaneceu em saliva artificial e o outro em solução de café, ambos durante o período de dez dias. Os espécimes foram lavados em água corrente, secos e mantidos em frascos na ausência de luz. A partir da análise dos resultados os autores concluíram que o aparelho com maior intensidade de luz proporcionou melhor polimerização da resina composta mesmo com a maior distância, e que novas pesquisas relacionadas ao manchamento de resinas compostas devem ser realizadas. O café apresentou o maior manchamento quando comparado com a

imersão em saliva artificial.

Uchida et al. (1998), avaliaram o efeito da tonalidade da resina composta na degradação da cor. Para tanto utilizaram duas marcas comerciais de resina composta, ambas com partículas de carga de boro-silicato de bário, porém com matrizes orgânicas contendo monômeros diferentes. Uma das resinas compostas selecionadas foi a Conquest Direct Fill II (Jeneric/Pentron) nas cores LY, DY, LG, DG, e U, e a outra marca comercial Penta Fill II (Jeneric/Pentron) nas cores U, B, LY, DY e G. Foram confeccionados corpos-de-prova com 20 mm de diâmetro por 1 mm de espessura, os quais foram armazenados durante 24 horas a 37°C. Com um colorímetro fez-se a leitura inicial da cor e então os corpos-de-prova foram submetidos a aceleração de envelhecimento, através da exposição à luz ultravioleta com 275W em temperatura de 37°C por 24 horas, e em seguida a alteração de cor foi avaliada. Os autores utilizaram o espaço de cor CIE-Lab devido à proximidade deste sistema à sensibilidade visual humana e a correlação entre a distância de dois pontos, o ΔE , resultando na diferença de cor percebida. De acordo com os resultados, os autores puderam concluir que as cores mais claras dos materiais testados apresentaram maior tendência à alteração de cor.

Park; Chae e Rawls (1999) avaliaram o efeito sinérgico da combinação da canforoquinona (CQ) com um novo fotoiniciador: 1-phenyl-1,2-propanedione (PPD). A canforoquinona é freqüentemente utilizada como fotoiniciador em combinação com uma variedade de agentes redutores. Ela é, na fase alfa dicarbonil, o que absorve energia em 468 nm, conseqüentemente, é um efetivo fotoiniciador quando combinado com um doador de elétrons. No entanto, a canforoquinona é inerentemente amarela, o que causa problemas no momento de produzir a cor das resinas compostas. Este fato limita a concentração de

canforoquinona que pode ser utilizada na formulação, limitando o grau de polimerização e a profundidade de polimerização que pode ser atingido. Assim, os autores questionaram a possibilidade de o PPD ser um fotoiniciador adequado para ser incluído na composição de resinas compostas como um similar de melhor eficiência do que a canforoquinona. Com este propósito utilizaram uma mistura de monômeros Bis-GMA (30mol%), UDMA (40mol%) e TEGDMA (30 mol%) para formulação da resina composta. Os pesquisadores produziram diferentes materiais fotopolimerizáveis variando a quantidade de canforoquinona e 1-phenyl-1,2-propanedione. Foram avaliados os efeitos do tipo de fotoiniciador, se CQ ou PPD, e proporção dos fotoiniciadores no grau de conversão de monômeros em polímeros através de um espectrofotômetro FTIR. Os resultados mostraram que o PPD e a CQ funcionam como fotoiniciadores sinérgicos produzindo maior grau de conversão. Os autores concluíram que o PPD é um fotoiniciador de valor potencial que permite reduzir os problemas associados à cor amarelada da CQ.

Embora as resinas compostas apresentem algumas vantagens sobre os demais materiais estéticos utilizados até então, evidenciam ainda acentuada alteração de cor. Baseado neste fato Campos et al. (1999), avaliaram a influência de corantes (refrigerante, vinho, café e anti-séptico bucal) na translucidez de resinas compostas. Os materiais utilizados foram Charisma (Heraeus-Kulzer) e Durafill (Heraeus-Kulzer) na cor A2. Foram confeccionados corpos-de-prova a partir de matriz de aço inoxidável de 10 mm de diâmetro e 2 mm de espessura. Em seguida, os mesmos foram depositados em saliva artificial por 24 horas a 37°C. Utilizou-se o aparelho de eletroforese Jouan (Jouan, Paris, série 021A /10) para a obtenção dos valores de translucidez inicial dado em porcentagem. Os corpos-de-prova foram imersos em meios corantes de Coca-cola[®], vinho tinto, café e Listerine[®], sendo estas

soluções trocadas a cada 7 dias. As leituras de translucidez foram feitas nos tempos de 1 dia, 10 dias, 31 dias e 90 dias. Dentro das condições experimentais os autores concluíram que:- a resina composta Charisma apresentou menor nível de translucidez; - o vinho apresentou maior manchamento e por consequência, os menores valores de translucidez, seguido por café, Coca-cola[®] e Listerine[®] que promoveu o menor manchamento.

O manchamento de resinas compostas quando expostas a meios corantes foi avaliado por Veronezi et al. (1999). Os autores utilizaram três diferentes aparelhos fotoativadores: Heliomat II (Vigodent), Optilux (Demetron Res. Corp.) e Curing Light XL 1500 (3M-ESPE) com 1000, 750 e 600 mW/cm² de intensidade de luz respectivamente. O material Herculite XRV (Kerr) foi utilizado na forma de 40 corpos-de-prova imersos em três meios corantes: café, chá, Coca-cola[®] e água como controle, pelo período de quinze dias. De acordo com os resultados, a Coca-cola[®] não manchou os corpos-de-prova, enquanto que o café e o chá mancharam significativamente o material. Existiu uma relação do manchamento com a intensidade de luz, sendo que a menor intensidade promoveu maior manchamento. O aparelho Optilux (Demetron Res. Corp.) ofereceu aos corpos-de-prova maior resistência à pigmentação pelos corantes utilizados.

Para a avaliação do manchamento superficial de resinas compostas, Menezes et al. (1999) realizaram um estudo com a proposta de analisar topograficamente as superfícies das restaurações de resinas compostas híbridas. A resina composta APH Spectrum (Dentsply) na cor A3 foi condensada em incrementos em cavidades de classe V de dentes pré-molares. O aparelho utilizado para a fotoativação foi o Optilux 400 (Demetron Res. Corp.). Após 24 horas em estufa a 37°C, os dentes receberam os seguintes tratamentos: pontas diamantadas -

série dourada (K G Sorensen), Kit de borracha para acabamento (K G Sorensen), Kit Denstply para acabamento (taça de borracha + Enhance- Dentsply) e Pontas Enhance (Dentsply). Ao término do tratamento os dentes foram imersos em soluções de vinho tinto e café por 72 horas. Os dentes foram então lavados em água corrente e analisados visualmente por dois examinadores. Os autores afirmaram que quando a resina composta recebeu acabamento com ponta diamantada, o aumento de rugosidade e de manchamento foram evidentes e concluíram que os melhores sistemas de acabamento para resinas compostas em ordem decrescente foram: Enhance (Dentsply) e Kit de borracha para acabamento (K. G. Sorensen), seguidos do Kit Dentsply e, em último lugar, as pontas diamantadas.

A estabilidade de cor das resinas compostas Charisma (Heraeus-Kulzer) e Artglass (Heraeus-Kulzer) foi avaliada por Prado Júnior e Porto Neto (2000). Os autores estudaram a estabilidade de cor quando submetidas à imersão controlada em café. Foram confeccionados 15 corpos-de-prova, cor A3, utilizando-se matrizes de aço com dimensão de 10 mm de diâmetro e 2 mm de espessura. Todos os corpos-de-prova passaram por umidificação durante uma hora, em recipiente de isopor ($37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) antes de iniciar o experimento. Na estufa foi colocado um agitador, o qual mantinha as amostras submersas em solução DES-RE em constante agitação, simulando a dinâmica da cavidade bucal. O ciclo DES-RE constituiu de 18 horas de imersão na solução remineralizante seguida de 6 horas na solução desmineralizante. E na seqüência, 15 minutos em solução de café. Os valores percentuais de translucidez foram obtidos através do aparelho de eletroforese Jouan (Jouan-Paris – série 021A /10) nos tempos: T1 – inicial (1 hora após a polimerização, antes da imersão); T2 – 7 dias de imersão; T3 – 14 dias de imersão; T4 – 21 dias de imersão. De acordo com os resultados verificou-se

variabilidade estatisticamente significativa para os fatores material, tempo e para interação entre eles. Os autores concluíram que a resina composta Charisma, com dois diferentes métodos de polimerização, obteve estabilidade de cor igual ou superior à resina Artglass e que o manchamento provocado pelo café foi mais intenso nos sete primeiros dias.

A estabilidade de cor de resinas compostas para dentes clareados, após aceleração de envelhecimento, foi avaliada por Lee e Powers (2001). Os autores mensuraram a cor antes e depois da fotoativação e após a aceleração de envelhecimento com energia de 150J/m^2 , com o objetivo de determinar as mudanças de cor e propriedades óticas das resinas compostas. As resinas compostas utilizadas foram Vítallescence/Ultradent (pearl frost, pearl snow, trans gray, trans ice) e Synergy/Coltène-Whaledent (N, 0, P, transparent) e duas cores convencionais foram utilizadas como controle (A2 e A3). Foram confeccionados corpos-de-prova com 10mm de diâmetro e 2mm de espessura utilizando o aparelho fotopolimerizador The Max (Dentsply/Caulk). Para a mensuração da alteração de cor foi utilizada a escala de cor CIE-Lab e a partir dos resultados os autores puderam constatar que não houve alteração da cor das resinas compostas após a polimerização entre as cores claras e convencionais. No entanto, após a aceleração de envelhecimento a alteração de cor foi influenciada principalmente pela marca comercial, ou seja, pelas diferentes composições das resinas compostas.

Com a popularidade do clareamento dental surgiram as resinas compostas extraclaras. Paravina; Ontiveiros e Powers (2002) avaliaram a alteração de cor e translucidez após polimerização de resinas compostas para dentes clareados. Para este estudo, os autores selecionaram trinta cores de resinas micro-híbridas e de micropartículas. Foram confeccionados corpos-de-prova com 10 mm

de diâmetro e 2 mm de espessura utilizando-se uma matriz cilíndrica e fotopolimerização por 60 segundos. As diferenças de cor antes e depois da fotopolimerização foram avaliadas em um espectrofotômetro de reflectância com esfera integradora. As coordenadas de cor foram registradas no sistema CIE-Lab e o ΔE calculado. As diferenças de cor dependentes da polimerização variaram de 3,7 a 12,0 para as resinas micro-híbridas e de 3,9 a 7,0 para as resinas de micropartículas com diferenças estatisticamente significantes. Os autores concluíram que existe alta variabilidade na alteração de cor dependente da polimerização para as resinas compostas para dentes clareados. A fotoativação causou um aumento do valor de translucidez das resinas compostas micro-híbridas e um decréscimo do valor de translucidez das resinas compostas de micropartículas.

A fotoativação das resinas compostas está ligada diretamente à sua estabilidade de cor, de acordo com esta afirmação Carreira e Vieira (2002) avaliaram a profundidade de polimerização e o grau de pigmentação de uma resina composta. Foram confeccionados 10 corpos-de-prova com a resina tipo ormocer (Definite / Degussa) na cor A3,5, com 8 mm de diâmetro e 6,3 mm de espessura. O material foi inserido em único incremento, coberto com uma tira matriz, e polimerizado por 40 segundos. Depois de confeccionados, marcou-se a superfície de topo dos corpos-de-prova com uma lapiseira, no lado oposto procurou-se o centro do corpo-de-prova e um instrumento Hollenback 3S foi penetrado até encontrar material polimerizado. Mediu-se a profundidade de polimerização com um espessímetro. Os corpos-de-prova foram armazenados em água por 1 hora, em temperatura ambiente e, em seguida, imersos em solução de café por 7 dias ao abrigo da luz. Realizou-se avaliação dos corpos-de-prova dividindo-os em terço superior, médio e inferior em relação à superfície de topo. Esta avaliação foi realizada por profissionais

experientes, atribuindo valor de 1 a 5 às alterações de cor, no primeiro e após sete dias de imersão. A profundidade de polimerização variou de 5,9 mm a 6,3 mm, com média de 6,19 mm. Os escores atribuídos para a pigmentação foram: 1,05 no terço superior, 1,5 no terço médio e 2,05 no terço inferior no primeiro dia, e 2, 3,25 e 4,25 respectivamente, após uma semana. A profundidade de polimerização encontrada foi de 98,25%, em média, no entanto o terço mais distante da fonte de luz apresentou o maior grau de manchamento. Este resultado mostrou que a resina composta nas porções mais profundas não obteve polimerização efetiva mesmo estando endurecida ao toque. O maior grau de manchamento foi encontrado com o período de uma semana independente da região do corpo-de-prova.

A grande dificuldade nos dias atuais é encontrar uma resina composta que não sofra pigmentação nas restaurações estéticas. Diante deste problema Pereira et al. (2003) avaliaram a alteração de cor de resinas compostas em contato com soluções potencialmente corantes como café, vinho tinto, chá mate, Coca-cola[®] e água destilada (grupo controle). Foram confeccionados 25 corpos-de-prova de cada material: Charisma (Heraeus-Kulzer), Durafill VS (Heraeus-Kulzer) e Fill Magic Condensável (Vigodent), em uma matriz metálica com 6 mm de diâmetro e 2 mm de espessura, e polimerizados por 40 segundos com o aparelho Optilux 401 (Demetron Res. Corp.). Os corpos-de-prova foram divididos em 5 espécimes de cada material em teste para cada solução pigmentante e juntamente com o grupo controle os mesmos foram colocados em frascos opacos em estufa a $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. As trocas das soluções foram realizadas a cada 24 horas. A observação e a documentação fotográfica foram realizadas sob luz fluorescente nos tempos de 1 hora, 24 horas, 72 horas e 1 semana após a data de imersão. De acordo com os resultados, desde as primeiras horas de observação as resinas compostas Durafill

VS (Heraeus-Kulzer) e Charisma (Heraeus-Kulzer) mostraram-se altamente sensíveis ao manchamento. Já a resina composta Fill Magic Condensável (Vigodent) foi o material que apresentou menor índice de pigmentação. Os autores concluíram que materiais que apresentam quantidade maior de fase orgânica obtiveram pigmentação mais intensa, e relacionaram este fato com o grau de conversão destes materiais. Dentre as soluções, o café apresentou o maior potencial de pigmentação.

A microdureza das resinas compostas foi estudada extensivamente e a relação microdureza/alteração de cor recebeu atenção limitada, ou seja, poucos estudos foram realizados observando esta interação. Com a hipótese de que compósitos com maior microdureza apresentam uma menor alteração de cor Schulze et al. (2003) realizaram um estudo observando estes fenômenos após a aceleração de envelhecimento. Cinco marcas comerciais de resinas compostas ativadas quimicamente e cinco marcas de resinas compostas fotoativadas foram utilizadas. Corpos-de-prova de cada material foram confeccionados com 8 mm de diâmetro e 5 mm de espessura para a avaliação do teste de microdureza que foi realizado antes e depois da aceleração de envelhecimento. Para a observação da alteração de cor discos com 1 mm de espessura e 20 mm de diâmetro foram confeccionados e permaneceram durante uma semana a 37°C com umidade relativa de 100% antes da avaliação inicial da cor. Para obtenção da cor de cada amostra foi utilizado um espectrofotômetro com iluminante D65 e os valores de cor registrados através do sistema CIE-Lab. O processo de aceleração de envelhecimento foi realizado procedeu-se em uma máquina com energia de 150KJ/m² e exposição de 122 horas e após este período nova avaliação de cor no espectrofotômetro foi realizada. Todos os materiais mostraram, independentes da ativação, um aumento nos valores de microdureza após a aceleração de

envelhecimento. No entanto, os materiais fotoativados mostraram a maior microdureza. Mudanças perceptíveis na cor foram constatadas para todas as resinas compostas estudadas, com diferenças significativas entre as quimicamente ativadas e as fotoativadas, que apresentaram maior estabilidade de cor. A hipótese de que quanto maior a microdureza menor a alteração de cor após o envelhecimento foi rejeitada pois os autores concluíram que todos os materiais apresentaram um aumento nos valores de microdureza e mudanças de cor perceptíveis ($\Delta E=3,3$).

Vichi; Ferrari e Davidson (2004) realizaram um estudo com as resinas compostas Tetric Ceram (Ivoclar/Vivadent), TPH Spectrum (Dentsply) e Z100 (3M-ESPE) nas cores A2, A3, A3,5, A4, B2 e B3. Os autores estudaram a estabilidade de cor após aceleração de envelhecimento através da imersão dos corpos-de-prova em água deionizada em temperatura de 60°C por 30 dias. Foram confeccionados 5 corpos-de-prova com 15 mm de diâmetro e 1mm de espessura para cada cor de resina e depois mantidos por 24 horas em ambiente escuro. A avaliação da alteração de cor foi realizada em um espectrofotômetro e as leituras das cores apresentadas no sistema CIE-Lab. Após as medidas iniciais, os corpos-de-prova foram armazenados em água a 60 °C durante trinta dias. Após esta aceleração de envelhecimento uma nova avaliação foi realizada para a leitura final da cor dos corpos-de-prova. Os resultados mostraram que todos os materiais apresentaram um determinado grau de alteração de cor devido ao tratamento experimental adotado. Tendo o valor $\Delta E = 3,3$ como o limite aceitável clinicamente para a alteração de cor, um dos três materiais selecionados para este estudo, TPH Spectrum, sofreu alteração de cor significativamente maior que as outras resinas estudadas. Os autores concluíram que a distribuição e o tamanho das partículas de carga, bem como a composição da matriz orgânica são os responsáveis pela

suscetibilidade ao manchamento. Estabeleceu-se que quanto menor a partícula de carga, menor a sorção de água e, conseqüentemente, menor o manchamento.

A descoloração intrínseca do material restaurador é causada principalmente pelo sistema fotoiniciador na reação de conversão das resinas compostas, que além de influenciar nas propriedades do material, influenciam na estabilidade de cor. Janda et al. (2004) com a hipótese de que não existe diferença entre a qualidade de polimerização da luz halógena e da luz plasma na cor dos materiais testou a eficiência da fotoativação através da estabilidade de cor. Os materiais testados foram: Durafill (Heraeus-Kulzer), Charisma (Heraeus-Kulzer), Definite (Degussa-Dental) e Dyract AP (Dentsply), todos na cor A3. Os aparelhos fotoativadores utilizados foram Translux Energi de lâmpada halógena, e o Apollo 95-E (Dental/Medical) de arco-de-plasma. Foram confeccionados corpos-de-prova com 10mm de diâmetro e 1mm de espessura que permaneceram em ambiente seco por 90 minutos e na seqüência levados ao espectrofotômetro para a análise inicial da cor. Os corpos-de-prova permaneceram em água a 37°C por 24 horas em uma irradiação com lâmpada de xenon, e depois de secos foram levados novamente ao espectrofotômetro para análise final da cor. O sistema CIE-Lab foi utilizado na avaliação da cor dos materiais. Todos os materiais mostraram mudanças significativas e visíveis no valor da coordenada b^* (b^+ , mais amarelo; b^- , em direção ao azul), valor este devido à cor amarelada da canforoquinona. Valores de b^- , ou seja, perda de amarelo, foram encontrados nos corpos-de-prova fotoativados com a luz halógena, mostrando dessa maneira que o comprimento de onda deste aparelho converteu a canforoquinona melhor que o aparelho com a luz de plasma. Os autores concluíram que a luz halógena produziu emissão de luz ideal para manter a

estabilidade de cor, enquanto que a luz de plasma não conseguiu manter a estabilidade de cor dos materiais testados.

A estabilidade de cor de cimentos resinosos foi avaliada por Lu e Powers (2004), após aceleração de envelhecimento em uma máquina (Ci35 Weather-Ometer). Foram confeccionados corpos-de-prova com 10 mm de diâmetro e 2 mm de espessura com os cimentos resinosos: Unicem (3M) -autopolimerizável e dual-, Variolink II (Vivadent) -fotopolimerizável e dual-, Principle e FujiCEM (GC). Depois de confeccionados, os corpos-de-prova foram deixados em água a 37°C por 24 horas e foram analisados no espectrofotômetro (Color-Eye 7000) para a análise da cor inicial com o sistema CIE-Lab. Os corpos-de-prova permaneceram 115 horas na máquina de envelhecimento com radiações de 150, 300 e 450 Kj/m² com ciclos de diferentes temperaturas e umidade do meio. Após o envelhecimento, os corpos-de-prova foram novamente analisados no espectrofotômetro. A maior mudança de cor ocorreu com o ciclo de 150 Kj/m², sendo que o cimento Principle apresentou os menores valores, ou seja, apresentou maior estabilidade de cor. Segundo os autores, a aceleração de envelhecimento utilizando uma máquina que proporcione diferentes condições de luz, umidade e temperatura provoca oxidação. Essa oxidação ocorre com a amina -componente necessário na polimerização das resinas, alterando assim, a cor do material. Uma polimerização eficiente não deveria promover alteração de cor. Os autores concluíram que todos os materiais utilizados neste estudo apresentaram alteração de cor após a aceleração de envelhecimento.

Com o objetivo de avaliar a influência da aceleração de envelhecimento na cor e translucidez de resinas compostas para dentes clareados Paravina; Ontiveros e Powers (2004) testaram resinas compostas micro-híbridas e de micropartículas num total de 10 marcas comerciais. Foram confeccionados 5

corpos-de-prova com 10 mm de diâmetro e 2 mm de espessura. Estes foram fotoativados por 60 segundos com um aparelho de luz halógena Demetron® 501 (Kerr) com intensidade de luz monitorada de 650-760 mW/cm². A análise inicial da cor foi realizada em um espectrofotômetro (Color-Eye®) e a cor mensurada no sistema CIE-Lab. Na sequência, os corpos-de-prova foram levados à máquina de envelhecimento Ci35A Xenon® Whater-Ometer onde receberam ciclos com diferentes temperaturas, energia e umidade. Depois de uma nova análise no espectrofotômetro para verificação da cor final, foi analisado o ΔE de cada corpo-de-prova. De acordo com os resultados pôde-se observar que as resinas compostas micro-híbridas apresentaram a maior alteração de cor quando comparadas com as resinas compostas de micropartículas. Concluiu-se que a translucidez das resinas compostas para dentes clareados testadas neste estudo foi estável durante a aceleração de envelhecimento, tanto para as resinas compostas micro-híbridas como para as de micropartículas.

Samra (2004) verificou a estabilidade de cor de cinco materiais restauradores e a eficácia da profilaxia em reduzir a pigmentação promovida pelo café. Confeccionou-se 71 corpos-de-prova divididos em cinco grupos: G1- resina composta Tetric Ceram® - Ivoclar/Vivadent; G2- Targis - Ivoclar/Vivadent; G3- Resilab Máster – Wilcos; G4- BelleGlass™ HP- Kerr e G5- porcelana IPS Empress® 2- Ivoclar/Vivadent, com 17 mm de diâmetro e 1 mm de espessura. Os corpos-de-prova permaneceram imersos em solução de café por 15 dias, em estufa com temperatura controlada de 37°C ± 1 °C ao abrigo da luz. Depois do período de 15 dias os mesmos receberam profilaxia com bicarbonato de sódio. Os corpos-de-prova foram avaliados em espectrofotômetro Varian-Cary 100, por espectrofotometria de reflectância, nos períodos de 1, 7 e 15 dias e após profilaxia. De acordo com os

resultados o autor concluiu que os grupos 1 e 3 apresentaram maior alteração de cor, sendo que para todos os materiais, a alteração de cor foi mais intensa de 1 a 7 dias. A profilaxia foi eficiente para reduzir a alteração de cor de todos os materiais analisados.

A estabilidade de cor de materiais restauradores estéticos é um requisito importante para um tratamento de sucesso. Tendo em vista a grande importância do estudo da estabilidade de cor, bem como os meios utilizados para avaliar estas mudanças, Lee (2005) realizou um estudo com o objetivo de comparar o sistema CIE-Lab e o CIEDE 2000 depois da polimerização e termociclagem de resinas compostas. As resinas compostas utilizadas foram Synergy (Coltène) e Vitalescence (Ultradent) que foram avaliadas na forma de corpos-de-prova com 8 mm de diâmetro e 2 mm de espessura, fotopolimerizados com o aparelho de lâmpada halógena Spectrum 800 (Dentsply) com intensidade de luz de 400 mW/cm². Depois de polimerizados os corpos-de-prova foram levados para a termociclagem. Foram realizados 3000 ciclos com temperaturas de 5°C e 55°C durante 15 segundos cada ciclo. Com um espectrofotômetro de reflectância CM-3500, iluminante D 65 foi realizada a análise de cor do sistema CIE-Lab calculando o ΔE utilizando software Spectra-Magic versão 1.01. O cálculo de diferença de cor, ΔE CIEDE 2000, inclui em sua fórmula diferenças de luminosidade, croma e matiz entre os corpos-de-prova comparados. Os corpos-de-prova foram analisados após a polimerização e após a termociclagem. De acordo com os resultados existiu uma correlação significativa entre os sistemas CIE-Lab e CIEDE 2000. De acordo com o autor, o sistema CIEDE 2000 mostrou-se mais eficiente para aferir pequenas mudanças de cor. Dentro das limitações deste estudo o autor concluiu que os dois sistemas de verificação de cor

podem ser utilizados para a avaliação de estabilidade de cor, oferecendo uma maior confiabilidade de resultado quando comparados à percepção visual humana.

2.2 LEDs / MICRODUREZA

Vinha; Coelho e Campos (1990) testaram 5 aparelhos fotopolimerizadores na sua qualidade de polimerização de resinas compostas através do teste de microdureza Vickers. A resina composta utilizada foi a Silux (3M) nas cores L e DY. Os aparelhos testados foram: Fibrilux (Dabi Atlante), Primilite (Dentsply), Resilux (3M), Starlight (Funk) e Translux (Kulzer) todos com o tempo de 40 segundos. Foram confeccionados corpos-de-prova de 3mm de diâmetro por 6 mm de espessura. Em cada mm do corpo-de-prova foi realizada a microdureza. De acordo com os resultados os autores concluíram que: os corpos-de-prova da cor L de resina composta foram mais profundamente polimerizados; o aparelho Resilux (3M) apresentou o melhor desempenho.

A resina composta de micropartículas (Silux Plus – 3M) foi avaliada por Hansen e Asmussen (1993), através do teste de microdureza Vickers e de raspagem. Para este estudo foram utilizadas 10 marcas diferentes de aparelhos fotoativadores de lâmpada halógena que foram divididos em: unidades novas, unidades usadas e unidades danificadas. Com auxílio de uma matriz de teflon foram confeccionados corpos-de-prova com 3,6 mm de diâmetro que foram armazenados por 7 dias. Realizou-se 5 impressões em cada superfície e a profundidade de polimerização foi determinada pelo teste de raspagem. Segundo os autores não se deve considerar a eficácia de um aparelho fotoativador baseando-se na microdureza

da superfície de topo de uma resina composta. A superfície de base também deve ser utilizada, pois um aparelho de baixa emissão pode apresentar altos valores de microdureza na superfície de topo e baixos na superfície de base, mostrando um falso resultado, ou seja, uma polimerização deficiente. Os autores concluíram que não existe uma correlação entre a microdureza superficial (topo) e a profundidade de polimerização, pois um aparelho fotoativador de baixa emissão de luz pode produzir polimerização efetiva na superfície de topo e uma polimerização deficiente na superfície de base.

Nomoto (1997), realizou um estudo para determinar que a polimerização da resina composta além da quantidade de luz depende também da qualidade de luz, ou seja, comprimento de onda. Este autor avaliou através do grau de conversão, a influência do comprimento de onda da luz sobre a polimerização de uma resina composta experimental determinando o comprimento de onda mais eficiente. Foram utilizados filtros com diferentes comprimentos de onda mantendo-se a intensidade de luz constante. De acordo com os resultados aos 5 segundos de irradiação o grau de conversão foi afetado pelo comprimento de onda e, a influencia do comprimento de onda foi sendo reduzida a medida que se aumentava o tempo de exposição. O comprimento de onda mais adequado para cada tempo de exposição foi aquele mais próximo ao pico de absorção da canforoquinona (470nm). O autor concluiu que o efeito do comprimento de onda diminuiu com o aumento do tempo de exposição e que a absorbância da canforoquinona afetou a etapa inicial da polimerização.

Pereira et al. (1997), avaliaram a capacidade de polimerização, por meio de teste de dureza Vickers, de uma única resina composta, fotopolimerizável, em função de diferentes intensidades de luz e profundidade de polimerização. Com

o auxílio do radiômetro (Curing Radiometer- Demetron) registraram os valores de intensidade de luz emitida dos aparelhos utilizados, classificados em 12 grupos distintos, de acordo com o valor de intensidade de luz encontrado. Foram confeccionados corpos-de-prova com auxílio de uma matriz de poliacetato bipartida contendo uma cavidade interna com 7 mm de comprimento, 4 mm de largura e 3 mm de profundidade. A resina composta utilizada foi Herculite XR (cor L – Enamel) inserida através de um único incremento na matriz e fotoativada por 40 segundos. Após confeccionados estes foram armazenados a $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas. O teste de microdureza Vickers foi aplicado realizando-se 3 impressões a cada milímetro de profundidade, totalizando-se a profundidade padrão de 4mm para a amostra analisada. De acordo com os resultados pôde-se estabelecer uma relação diretamente proporcional entre microdureza e intensidade de luz, pois com o aumento da intensidade de luz obteve-se aumento dos valores de microdureza nos diferentes níveis de profundidade. Os autores concluíram que os aparelhos que emitem maior intensidade de luz proporcionam maior capacidade de polimerização da resina composta.

Fujibayashi et al. (1998) testaram aparelhos à base de LEDs como uma alternativa para a fotopolimerização. A eficiência desta nova tecnologia foi avaliada pelas variáveis: profundidade de polimerização e grau de conversão de monômeros. A resina composta Silux Plus (3M) foi utilizada com dois aparelhos LEDs: LED1 e LED2 (61 LEDs - Nichia Chemical Industries) e um aparelho de lâmpada halógena Optilux (Demetron Res. Corp.). A profundidade de polimerização foi avaliada através de teste de raspagem seguindo as normas da ISO 4049 (1998), com os tempos de exposição à luz na superfície de topo da resina composta variando entre 10, 20, 30 e 40 segundos. Já para a avaliação do grau de conversão

os corpos-de-prova foram expostos à luz durante 40 segundos. De acordo com as características dos aparelhos, o de lâmpada halógena apresentou comprimento de onda entre 380 e 510 nm, enquanto que o LED1 entre 380 e 600 nm e o aparelho LED2 entre 430 e 550 nm. A partir dos resultados, pôde-se observar que o aparelho LED2 promoveu maior profundidade de polimerização e maior grau de conversão entre todos os avaliados. Os autores concluíram que os aparelhos à base de diodos emissores de luz foram efetivos na polimerização da resina composta estudada.

Utilizando amostra confeccionada com 3 diferentes materiais polimerizáveis, Whitters (1999) estudou a efetividade de aparelhos fotoativadores à base de diodos emissores de luz (LED) confeccionados com 6 diodos em duas modalidades 40 e 60 mA. Este aparelho foi comparado com um aparelho de lâmpada halógena Aristolite (Litema GDS). Os materiais utilizados foram: Tetric (Ivoclar Vivadent) cor A3, Z100 (3M) cor A3,5 e Compoglass-F (Ivoclar Vivadent) cor A3, com os quais foram confeccionados 5 corpos-de-prova fotoativados por 60 segundos. Os testes realizados foram: microdureza Knoop, contração de polimerização e alteração de temperatura. Os resultados mostraram pequenas diferenças nos valores de microdureza entre os aparelhos utilizados. O teste de contração de polimerização indicou resultados independentes dos aparelhos utilizados. Já para o teste de temperatura, os menores valores foram atingidos pelo aparelho à base de LEDs nas duas modalidades ($4,1 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ – LED 40 mA; $4,1 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ – LED 60 mA) comparado com o aparelho de luz halógena ($4,8 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$). Concluiu-se que os aparelhos à base de LEDs utilizados neste experimento mostraram comportamento similar aos aparelhos de luz halógena com relação aos testes realizados.

Mills; Jandt e Ashwath (1999) compararam a profundidade de

polimerização obtida por um aparelho de lâmpada halógena Coltolux 4 (Coltène/Whaledent) com intensidade de luz de 455 mW/cm^2 e um aparelho experimental à base de LEDs com 25 LEDs azuis (Nichia Chemical Industries) com intensidade de luz de 299 mW/cm^2 . As resinas compostas escolhidas pelos autores para a realização do estudo foram: Silux Plus (3M-ESPE) cor U, Filtek P50 (3M-ESPE) cor U e Z100 (3M-ESPE) cor A 3,5, com as quais confeccionaram-se corpos-de-prova com 4 mm de diâmetro e 6 mm de espessura. Para cada resina composta em teste foram feitos 6 corpos-de-prova e os tempos de exposição utilizados foram os recomendados pelo fabricante: 40, 60 e 40 segundos respectivamente. Com a utilização de um penetrômetro, o qual apresentava uma agulha de 0,5 mm conectada a um peso de 1250 g, foi avaliada a profundidade de polimerização. Depois de analisados os espectros de emissão dos aparelhos, os autores observaram que o aparelho à base de LEDs apresentou alta irradiação na região de pico de absorção da canforoquinona (468nm) explicando assim os valores de profundidade de polimerização obtidos nas resinas compostas fotoativadas por este aparelho. De acordo com os resultados, os autores concluíram que o aparelho à base de LEDs testado foi capaz de gerar grau similar de profundidade de polimerização quando comparado ao aparelho de lâmpada halógena.

Jandt et al. (2000) com o objetivo de comparar a efetividade de aparelhos à base de LEDs e de lâmpada halógena testaram a profundidade de polimerização e a força de compressão de uma resina composta TPH (Dentsply) nas cores A2 e A4. Mediu-se a intensidade de luz e o comprimento de onda dos aparelhos LED (Dentsply) e aparelho de luz halógena 201R (Dentsply) para que os mesmos pudessem ser comparados, obtendo os seguintes valores, luz halógena: 755 mW/cm^2 e 497 nm e LEDs : 350 mW/cm^2 e 465 nm. Foram confeccionados 10

corpos-de-prova de resina composta nas cores A2 e A4, com 4 mm de diâmetro e 8mm de espessura, para cada aparelho, fotoativados por 40 segundos. Um penetrômetro foi utilizado para medir a profundidade de polimerização. Espécimes com 4 mm de diâmetro e 6 mm de espessura foram confeccionadas com as duas cores da resina composta para o teste de força de compressão. Seis corpos-de-prova de cada cor foram testadas após 6 e 72 horas, utilizando um verificador mecânico Zwich. De acordo com os resultados, a profundidade de polimerização proporcionada pelo aparelho de lâmpada halógena foi aproximadamente 20% mais elevada do que o aparelho à base de LEDs, para as cores A2 e A4. Os maiores valores, para o teste de força de compressão, foram encontrados para a lâmpada halógena. No entanto, nenhuma diferença estatística foi encontrada na amostra com relação a este teste. Os autores concluíram que os valores de profundidade de polimerização e de força de compressão encontrados neste estudo excederam os requeridos pelas especificações do fabricante.

Preocupados com a aplicação clínica da nova fonte de luz utilizada para a polimerização das resinas compostas Kurachi et al. (2001) testaram cinco aparelhos à base de LEDs em relação ao teste de microdureza. Para este estudo foram preparadas cinco pontas fotoativadoras com: dois (L2), três (L3), quatro (L4), cinco (L5) e seis (L6) diodos emissores de luz azul (LED) (Indústrias Químicas de Nichia). A resina composta Z100 (3M-ESPE) cor A3 foi polimerizada por 20, 40, 60, 120 e 180 segundos com cada dispositivo à base de LEDs e 40 segundos com uma lâmpada halógena na forma de corpos-de-prova de 0,35; 1,25 e 1,8 mm de espessura. Cinco corpos-de-prova para cada tempo e espessura foram confeccionados utilizando os seis aparelhos fotopolimerizadores. O aparelho com seis diodos emissores de luz (L6), foi o mais eficaz para todas as espessuras

testadas, sendo que os maiores valores foram relacionados ao maior tempo de exposição. Uma diminuição nos valores de microdureza com relação ao aumento da espessura foi similar para todos os tempos de polimerização. Concluiu-se que os aparelhos LEDs, quando comparados à lâmpada halógena, promoveram menores valores de microdureza em função da espessura e do tempo de exposição, mas apresentaram perspectivas futuras para um bom desempenho clínico.

Além do sistema convencional de lâmpada halógena, o laser de argônio, o arco de plasma de xenônio e ainda mais recentemente o LED, invadiram o mercado com a promessa de uma polimerização mais eficiente. Assim, Andrade et al. (2001) propuseram um estudo para avaliar a capacidade de polimerização de um novo dispositivo à base de LED à bateria. O aparelho utilizado foi o Ultra Blue 111 (DMC LTDA) com intensidade de luz de 190 mW/cm^2 e comprimento de onda em torno de 470 nm com variação de 20 nm aproximadamente. Foram confeccionados corpos-de-prova com a resina composta Herculite XRV (Kerr) para esmalte cor A4, utilizando uma matriz metálica circular apresentando 4 mm de diâmetro e 2 mm de espessura. No total foram confeccionados 20 corpos-de-prova divididos em 4 grupos em função do tempo em que o aparelho permaneceu fora do recarregador: T_0 - bateria totalmente carregada, T_1 - 5 minutos fora do carregador, T_2 - 10 minutos fora do carregador e T_3 - 15 minutos fora do carregador. A capacidade de polimerização foi testada através do teste de microdureza Vickers com impressões no topo e na base da amostra. Os resultados mostraram que os valores de microdureza diminuíram à medida que se aumentou o tempo em que o aparelho permaneceu fora do carregador. No entanto, os autores concluíram que independente do tempo de polimerização utilizado, todos os grupos apresentaram adequada polimerização, apesar de terem sido registrados, os maiores valores de microdureza na superfície

de topo dos corpos-de-prova.

Frentzen; Föll e Braun (2001) avaliaram a profundidade de polimerização em função da cor da resina composta e do tempo de polimerização, de um aparelho à base de LEDs comparando com um aparelho convencional. Foram confeccionados 240 corpos-de-prova com 4 mm de diâmetro e 6 mm de espessura. O material utilizado foi a resina composta Arabesk (Voco) nas cores A1, A2, A3, A3,5, B2 e B3, fotoativada com o aparelho: Translux CL (Heraeus Kulzer), de lâmpada halógena e com o aparelho à base de LEDs (Oshino Lamps) nos tempos de 1 e 3 minutos. De acordo com os resultados, os autores puderam observar que independente da cor, a profundidade de polimerização foi maior com o aparelho à base de LEDs do que com o aparelho de luz halógena. Os autores concluíram que a unidade à base de LEDs pode ser uma alternativa para a fotopolimerização das resinas compostas.

Quance et al. (2001), avaliaram o efeito da intensidade de luz (200 e 500 mW/cm²) e temperatura de armazenamento dos corpos-de-prova (18°C e 37°C) na microdureza de resinas compostas. Foram utilizadas as resinas compostas: Prodigy (Kerr) esmalte e dentina, Z100 (3M-ESPE), Silux Plus (3M-ESPE), TPH (Dentsply), Petrac-Hybrid (3M-ESPE) e Charisma (Heraeus Kulzer) com as quais foram confeccionados corpos-de-prova de 4 mm de diâmetro e 2 mm de espessura. A amostra foi fotoativada por 40 segundos com aparelho de lâmpada halógena Prismetics MK II (Dentsply). Os resultados mostraram que os valores de microdureza da superfície de base foram menores que os da superfície de topo, e a intensidade de 500 mW/cm² e o armazenamento em 37°C obtiveram os maiores valores de microdureza. Das resinas compostas utilizadas neste estudo só a TPH (Dentsply) atingiu porcentagens de polimerização maiores que 80 % para todas as condições

testadas, o que segundo os autores pode ser explicado pela composição deste material.

Yap e Seneviratne (2001) avaliaram a influência da densidade de energia (intensidade de luz x tempo de exposição) na efetividade de polimerização de resinas compostas através do teste de microdureza Knoop. Os autores testaram diferentes intensidades: 200, 300, 400, 500 e 600 mW/cm² e diferentes tempos: 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120 e 180 segundos, tendo como controle a intensidade de 400 mW/cm² e o tempo de 40 segundos. Foram confeccionados corpos-de-prova de 2 mm de espessura com a resina composta Z100 (3M-ESPE) cor A2 fotopolimerizados com o aparelho VIP (Bisco). Os autores atribuíram para uma adequada polimerização um valor que fosse estatisticamente comparável com o grupo controle. De acordo com os resultados, pôde-se observar adequada microdureza com 20 segundos de irradiação utilizando as intensidades de 200 e 300 mW/cm² na superfície de topo. A superfície de base apresentou polimerização eficiente aos 120 segundos com a intensidade de 300 mW/cm². Os autores concluíram que intensidades baixas, 200 e 300 mW/cm² não produzem uma polimerização efetiva e que altas intensidades de luz de 500 e 600 mW/cm² realizam polimerização efetiva a partir de 30 segundos de irradiação.

Swift JR. (2001) realizou um estudo resumindo detalhadamente as principais características das fontes de luz à base de LEDs lançadas recentemente no mercado odontológico. De acordo com as informações, o autor afirmou que estes aparelhos emitem luz azul em um estreito espectro de comprimento de onda, correspondente com o pico de absorção da canforoquinona (470 nm ± 20 nm) e que apresentam vantagens quando comparados aos aparelhos de lâmpada halógena, tais como tamanho reduzido, maior tempo de vida útil e não possuir lâmpada.

Porém, o autor preveniu quanto às possíveis limitações desta fonte de luz como a incompatibilidade com algumas resinas compostas que absorvem luz com intervalos de comprimento de onda entre 400 e 450 nm, não compatíveis com o comprimento de onda emitido pelos LEDs.

Mills; Uhl e Jandt (2002) utilizaram três aparelhos fotoativadores, dois à base de LEDs e um de lâmpada halógena para avaliar a profundidade de polimerização da resina composta Spectrum TPH (Dentsply) nas cores A2 e A4. Foram confeccionados corpos-de-prova com esta resina composta que apresentava canforoquinona como fotoiniciador. Os corpos-de-prova foram fotoativados com o aparelho à base de LEDs LuxOmax (Akedo Dental) constituído por 7 LEDs, LED experimental (Nichia Chemical Industries) com 63 LEDs e o aparelho de lâmpada halógena Coltolux 4 (Coltène/Whaledent). Para cada combinação de cor e aparelho foram utilizados dez corpos-de-prova e avaliou-se a profundidade de polimerização com um penetrômetro. Os resultados mostraram que: para as duas cores de resina composta o aparelho LuxOmax proporcionou os menores valores de profundidade de polimerização; os aparelhos, experimental com 63 LEDs e o de lâmpada halógena, não produziram diferenças estatisticamente significantes para as duas cores analisadas. Os autores concluíram que o LED experimental obteve profundidade de polimerização semelhante ao comercial, e que os LEDs podem ter um potencial em odontologia pela descoberta de emissão de luz ser capaz de polimerizar as resinas compostas.

Silva; Araújo e Francisconi (2002), avaliaram a interferência dos métodos de ativação não só quanto à formação de fendas marginais, mas também, quanto ao grau de polimerização de resinas compostas através da microdureza Vickers. As resinas compostas utilizadas foram: Z100 (3M-ESPE) e Solitaire

(Heraeus Kulzer). Para a realização do estudo foram elaboradas diferentes técnicas de fotoativação: GI- 650 mW/cm² por 60 segundos, GII- 380 mW/cm² por 20 segundos seguida de 650 mW/cm² por 40 segundos, GIII- 280 mW/cm² por 20 segundos seguida de 650 mW/cm² por 40 segundos e GIV- 180 mW/cm² por 20 segundos seguida de 650 mW/cm² por 40 segundos. Para o teste de fenda marginal foram utilizados 80 molares humanos hígidos extraídos. Já para o teste de microdureza Vickers foram confeccionados corpos-de-prova com auxílio de uma matriz acrílica dando origem a corpos-de-prova de 5 mm de diâmetro e 2 mm de espessura. Com base nos resultados verificou-se que para as duas resinas compostas testadas, os grupos polimerizados com a intensidade máxima e única de 650 mW/cm² apresentaram os maiores valores de fendas marginais. Para o teste de microdureza foi constatado diferenças significantes, não só entre os materiais, mas também entre as intensidades de fotoativação. Os autores concluíram que a resina Z 100 (3M-ESPE) apresentou as menores fendas e os melhores valores de microdureza, e também que a ativação seqüencial do G- IV além de menores fendas promoveu os maiores valores médios de microdureza na superfície de topo dos corpos-de-prova.

Martins et al. (2002), avaliaram a influência da intensidade da luz do aparelho Elipar Trilight (3M) e da cor de uma resina composta, Fill Magic (Vigodent), nas cores A3, B3, C3, D3 e I, através do teste de microdureza Knoop. Este aparelho foi calibrado para produzir 3 intensidades de luz diferentes: 450 mW/cm², 800 mW/cm² e uma intensidade de luz crescente de 100 a 800 mW/cm². Com o auxílio de um anel de cobre foram confeccionados 90 corpos-de-prova de 6 mm de diâmetro por 2 mm de espessura, fotoativados por 40 segundos. Depois de prontos, os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada a 37°C durante 24 horas.

O teste de microdureza foi realizado com um microdurômetro HMV-2000 Shimadzu Microhardness Tester (Japão) com carga de 100 gramas durante 10 segundos. Dentro das condições experimentais do estudo, os autores concluíram que o maior valor de microdureza Knoop foi alcançado com a intensidade de luz progressiva – inicial 100 mW/cm^2 e final de 800 mW/cm^2 associado ao tempo de exposição de 40 segundos. A cor do compósito utilizado não influenciou no valor de microdureza Knoop em corpos-de-prova com 2 mm de espessura.

Dunn e Bush (2002), pesquisaram a eficácia de polimerização dos aparelhos com LEDs. Os autores utilizaram dois aparelhos de lâmpada halógena Optilux 400 e Optilux 501 (Demetron Reserch Corp.) e dois aparelhos de LEDs disponíveis no mercado LumaCure (Lumalite Spring Valley) e Versalux (Centrix, Shelton). Confeccionaram-se 20 corpos-de-prova com resina composta híbrida Filtek Z-250 (3M – ESPE), na cor A1 e 20 com a resina composta de micropartículas Renamel (Cosmedent), cor A1, em matrizes de acetado de 8 mm de diâmetro e 2 mm de espessura. Os corpos-de-prova foram testados quanto à sua microdureza nas superfícies de topo e base, após o período de armazenamento de 24 horas em recipiente à prova de luz. Em cada superfície realizaram-se três impressões, obtendo-se uma média. Para determinar a porcentagem da profundidade de polimerização, dividiu-se o valor de microdureza da superfície de base pelo valor de microdureza da superfície de topo, multiplicando o resultado por 100. Os autores concluíram que independente da resina utilizada, o aparelho de lâmpada halógena produziu superfícies de topo e base com maior microdureza do que o aparelho à base de LEDs. E, sugeriram estudos clínicos de acompanhamento ao longo do tempo para a avaliação das restaurações de resinas compostas polimerizadas com LEDs.

Cotrina et al. (2003) realizaram um estudo com o objetivo de comparar o efeito de três aparelhos fotopolimerizadores sobre a microdureza Vickers da resina composta Filtek™ Z250 (3M-ESPE) cor B O.5. Os aparelhos utilizados foram: GI-Curing Light 2500/3M-ESPE (775 mW/cm²), GII-LED: Elipar® FreeLight 2 (3M- ESPE) (609 mW/ cm²) e GIII-Ultra Lume™ LED 2/ Ultradent (818 mW/cm²). Foram confeccionados 5 corpos-de-prova com 5 mm de diâmetro e 2 mm de espessura com auxílio de matriz metálica, para cada grupo avaliado. Cada corpo-de-prova foi fotoativado por 40 segundos e após a fotoativação identificados, diferenciando a superfície de topo e base, e armazenados em recipiente escuro à prova de luz por 24 horas. Procedeu-se então o teste de microdureza Vickers através do microdurômetro MMT-3 Digital Microhardness Tester, Buehler (Lake Bluff, Illinois, USA), com carga de 50 gf durante 30 segundos para cada impressão. Foram realizadas 8 impressões em cada corpo-de-prova sendo 4 na superfície de base e 4 na superfície de topo, resultando em 120 impressões. De acordo com os resultados, quando comparadas as diferenças dos valores de microdureza entre a superfície de topo e base de cada grupo avaliado, constatou-se diferenças estatísticas significantes para GI e GII ($p < 0,05$). Para os valores da superfície de topo, quando comparado aparelho de luz halógena (GI) com os aparelhos à base de LEDs (GII e GIII, $p < 0,05$), houve diferença estatisticamente significante. De acordo com os autores, o resultado desta pesquisa demonstra um importante significado clínico mostrando a importância de conhecer dados fornecidos pelos fabricantes com relação à intensidade de luz e faixas de comprimento de onda que são fatores chaves no sucesso da fotoativação das resinas compostas. Concluiu-se que o aparelho de lâmpada halógena apresentou os maiores valores de microdureza na

superfície de topo. E que este e o aparelho à base de LEDs Elipar® FreeLight 2/3M-ESPE proporcionaram maiores valores de microdureza na superfície de base.

Franco, Bosquioli e Lopes (2003), verificaram a viabilidade do LED para a fotopolimerização de um cimento de ionômero de vidro modificado por resina Vitremer (3M) nas cores, B2 e A4. O teste utilizado foi à resistência a tração deste material ao ser fotopolimerizado com LED e com lâmpada halógena. Foram confeccionados corpos-de-prova em matriz de aço inoxidável composta de duas partes, com diâmetro de 5mm e 1mm de espessura. A inserção do material foi realizado em um único incremento e fotopolimerizado por 40 segundos. Após dez minutos foi realizado o teste de em uma máquina de ensaios com velocidade de 0,5mm/mim. De acordo com os resultados pôde-se observar que o LED foi capaz de polimerizar o cimento de ionômero de vidro modificado por resina, assemelhando-se ao sistema de luz halógena.

Utilizando a microdureza knoop como teste experimental, Price; Felix e Andreou, (2003) compararam a segunda geração de LEDs com a lâmpada halógena na eficiência da polimerização de resinas compostas. As resinas compostas utilizadas foram: Filtek Z250 (3M), Solitaire (Heraeus-Kulzer), Prodigy Condensable (Kerr), Pyramid Dentin (Bisco). Foram confeccionados 10 corpos-de-prova com 1,6 mm de espessura para cada material testado. Os mesmos foram fotoativados com: o LED FreeLight (3M) durante 20 e 40 segundos; e pelo aparelho de lâmpada halógena Optilux 501 (demetron) por 40 segundos, com uma distância de 2 e 9mm da ponta ativa a superfície a ser polimerizada. Um outro aparelho utilizado foi o aparelho de arco de plasma Sapphire (Dent-Mat) com o tempo de 3 segundos a uma distancia de 9mm. Após 15 minutos e 24 horas a microdureza knoop realizada nas superfícies de topo e base de cada corpo-de-prova. Os

resultados mostraram que os diferentes aparelhos fotopolimerizadores bem como o tempo de polimerização não mostraram desempenho semelhante para todos os corpos-de-prova. Com o tempo de 24 horas após a irradiação o aparelho LED, com o tempo de 20 segundos, polimerizou 5 corpos-de-prova como o aparelho de lâmpada halógena com 40 segundos. Já com o tempo de 40 segundos o LED polimerizou 6 corpos-de-prova como o aparelho de lâmpada halógena, sendo que , todos os 10 corpos-de-prova deste grupo experimental alcançaram mais que 80% da dureza produzida com o aparelho de lâmpada halógena. Os autores concluíram que o aparelho LED quando usado por 40 segundos polimerizou mais da metade das amostras tão bem quanto a lâmpada halógena, e todos corpos-de-prova alcançaram valores de microdureza comparáveis com o da lâmpada halógena.

Price et al. (2003) determinaram a qualidade de polimerização de resinas compostas extraclaras através do teste de microdureza. Foram utilizados os seguintes aparelhos: Arco de plasma, aparelho de lâmpada halógena, aparelho de lâmpada halógena de alta intensidade e LEDs. Tais aparelhos foram utilizados seguindo as instruções dos fabricantes sendo respectivamente com os tempos de: 3, 5, 40 e 40 segundos, com distancias de 2 e 9 mm da ponta ativa dos aparelhos fotoativadores. A microdureza Knoop foi mensurada no topo e base de cada corpo-de-prova após o período de 15 minutos e 24 horas. De acordo com os resultados a distancia da ponta do aparelho fotopolimerizador influenciou nos resultados de microdureza sendo menores para a distancia de 9mm. De acordo com os resultados pôde-se observar que o LED não polimerizou a resina Pyramid de esmalte com 40 segundos e que os valores mais altos foram encontrados com o aparelho de lâmpada halógena com 40 segundos. Os autores concluíram que quando a resina composta recebe inadequada energia, diminuem-se os valores de microdureza,

necessitando de adequada intensidade de luz e tempo de exposição para uma completa polimerização do material.

Preocupados em ajudar o clínico na seleção correta dos materiais restauradores Wang et al. (2003) realizaram uma descrição dos testes laboratoriais mais importantes para avaliar as propriedades, aplicabilidade e relevância clínica destes materiais. Os testes descritos foram: teste de tração, teste de compressão, teste de compressão diametral, coeficiente de Poisson, resistência flexural, resistência à fadiga e teste de microdureza superficial. A microdureza superficial foi definida como uma propriedade intrínseca que avalia a deformação plástica da superfície de um material. Uma importante aplicação deste teste é na observação da qualidade de polimerização dos materiais como resinas compostas e cimentos. De acordo com os autores, os testes Vickers e Knoop dentre outros, Brinell e Rockwell, são os mais utilizados, pois foram considerados os mais adequados para avaliar a microdureza superficial e profundidade de polimerização dos materiais polimerizáveis e avaliar a sua qualidade de polimerização, geralmente em relação ao tipo e qualidade de fonte polimerizadora.

Uhl; Sigusch e Jandt (2004) avaliaram um aparelho à base de LEDs de segunda geração que apresentava maior intensidade de luz que os aparelhos à base de LEDs da primeira geração. Os autores propuseram a hipótese de que a resina composta não apresenta diferença estatisticamente significativa na profundidade de polimerização e microdureza Knoop quando polimerizada com aparelhos de lâmpada halógena e aparelhos à base de LEDs de segunda geração. Uma segunda proposta foi demonstrar que o teste de profundidade de polimerização não discrimina com a mesma eficácia que o teste de microdureza Knoop o desempenho das diferentes tecnologias de fotopolimerização quando as resinas

compostas contêm co-iniciadores na composição. O aparelho utilizado foi à base de luz halógena Polofil (VOCO) com espectro de emissão entre 450 e 485 nm e intensidade de luz de 860 mW/cm². O aparelho à base de LEDs utilizado foi um protótipo fabricado por FSU Jena o qual contém 1 LED com intervalo de emissão de 458 nm e intensidade de luz de 901 mW/cm². As resinas compostas utilizadas foram Z100 (3M-ESPE) cores A2 e A4, Revoclin Flow (Merz Dental) cores A2 e A3,5, Admira (VOCO) cores A2 e A3,5. As resinas compostas Z100 e Admira continham canforoquinona como fotoiniciador. A resina composta Revoclin Flow continha, além da CQ, outros co-iniciadores os quais absorvem comprimentos de onda mais baixos em torno de 410nm. Para avaliar a microdureza superficial foram confeccionados corpos-de-prova com 4 mm de diâmetro e 2 mm de espessura. Os corpos-de-prova foram armazenados secos em recipientes escuros a 37°C durante 24 horas. Quando foram aferidos os espectros de emissão dos aparelhos observou-se que o aparelho de lâmpada halógena apresentou um intervalo de emissão de energia mais amplo, de aproximadamente 370 a 520 nm. Para o aparelho à base de LEDs, os autores determinaram que o espectro de emissão foi mais reduzido, entre 420 e 510 nm. Os resultados, quanto à profundidade de polimerização, evidenciaram que o aparelho protótipo à base de 1 LED promoveu maior profundidade de polimerização que o aparelho de lâmpada halógena, para todas as resinas e cores. Já para os resultados de microdureza Knoop não apontaram o mesmo desempenho. A resina Revoclin Flow, quando polimerizada com o aparelho de 1 LED, apresentou menores valores de microdureza, provavelmente por conter na sua composição outros co-iniciadores além da CQ. Os autores ressaltaram que a presença de co-iniciadores que absorvem baixos comprimentos de onda não afetaram os resultados de maneira significativa quando foi avaliada a profundidade de polimerização. Os mesmos

concluíram que o teste de profundidade de polimerização não foi adequado para avaliar o desempenho dos aparelhos à base de LEDs quando testaram resinas compostas que apresentavam co-iniciadores na sua composição.

Para avaliar o desempenho de dois diodos emissores de luz (LEDs) Bennett e Watts (2004) observaram a profundidade de polimerização de uma resina composta Tetric Ceram (Vivadent), cor A3, HB A3 e Bleach L com o auxílio de um penetrômetro. A profundidade de polimerização foi obtida em função do tipo de aparelho e da distância – 0,4 e 8 mm- da ponta ativa do aparelho fotopolimerizador à superfície da resina composta, nos tempos de 10, 20 e 40 segundos de fotopolimerização. Os aparelhos utilizados foram: LED 1- Elipar-Freelight (3M-Espe), LED 2- Ultralume LED -2 (Optident) e o aparelho de lâmpada halógena Optilux-500 (Sybron-Kerr) com os respectivos comprimentos de onda 486,4 nm, 458,2 nm e 495,2 nm. Foram confeccionados 2 corpos-de-prova com 4 mm de diâmetro e 6 mm de espessura para cada condição proposta, onde se realizou cinco aferições com o penetrômetro na superfície de base de cada corpo-de-prova. De acordo com os resultados, em relação à distância de 0,4 e 8 mm encontrou-se respectivamente: LED 1 – 2,7 mm e 1,7 mm; LED 2- 3,1 mm e 2,3 mm e a lâmpada halógena 3,4 mm e 2,6 mm para profundidade de fotopolimerização e, quanto maior o tempo de exposição maior foi o valor encontrado. Os autores concluíram que há evidências estatísticas que relacionam a variável tempo com a distância da ponta ativa do aparelho fotoativador, independente deste aparelho ser de lâmpada halógena ou à base de LEDs, e que o desempenho do aparelho diodo emissor de luz pode ser considerado clinicamente satisfatório.

As propriedades mecânicas das resinas compostas são influenciadas pela qualidade de sua polimerização. Uhl et al. (2004) avaliaram a microdureza

Knoop variando o tempo de armazenamento e o peso da impressão no momento do teste de microdureza em relação a diferentes fontes de luz e resinas compostas. Os aparelhos à base de LEDs utilizados foram: Free Light (3M-ESPE) -270 mW/cm²- com 19 LEDs e um aparelho à base de LEDs experimental/LED63, (Universidade de Bristol) 638 mW/cm². O aparelho de lâmpada halógena foi o Elipar Trilight (3M-ESPE) -660 mW/cm². As resinas compostas utilizadas foram: Z100 (3M-ESPE), Spectrum TPH (Dentsply), Definite (Degussa AG) e Solitaire (Heraeus Kulzer), sendo que as duas últimas apresentavam co-iniciadores em adição a canforoquinona. Vinte corpos-de-prova com 4 mm de diâmetro e 2 mm de espessura foram confeccionados para cada combinação de resina composta e fonte de luz. Dez espécimes de cada grupo tiveram a microdureza determinada com carga de 200 gf e 400 gf para a impressão cinco minutos após a polimerização, e o restante permaneceu durante cinco dias em ambiente escuro e seco a 37°C. Decorridos os cinco dias, foi realizado o teste de microdureza nas mesmas condições iniciais. A resina composta Definite (Degussa AG) apresentou valores estatisticamente mais baixos de microdureza independente do peso utilizado. Somente a resina composta Z100 (3M-ESPE) não mostrou diferença estatística no valor de microdureza após o armazenamento com carga de 200 gf, no entanto mostrou diferença com 400 gf. Todas as resinas compostas apresentaram aumento de microdureza após o armazenamento de cinco dias. Diferenças estatísticas foram encontradas com a variável carga de impressão no momento do teste de microdureza. Os autores concluíram que independente do tempo de armazenamento, este não pode compensar os compostos que contêm co-iniciadores e não atingem uma qualidade de polimerização quando fotoativados com um aparelho à base de LEDs em vez de um aparelho de lâmpada halógena.

Pereira et al. (2004) compararam a capacidade de fotoativação do aparelho de lâmpada halógena Ultralux/Dabi Atlante (538 mW/cm^2) e do aparelho à base de LEDs Ultradent/Dabi Atlante (180 mW/cm^2) através do teste de microdureza Vickers. Foram utilizadas a resina composta híbrida Charisma (Heraeus Kulzer) e a resina composta de alta densidade Filtek P60 (3M-ESPE) cor A3. Os corpos-de-prova foram confeccionados através de uma matriz metálica com um orifício central de 5 mm de diâmetro e 2 mm de espessura. O teste de microdureza Vickers foi aplicado com carga de 50 gf durante 30 segundos. Depois de obtidos os valores de microdureza, foi calculada a porcentagem de polimerização. Os resultados evidenciaram que as duas resinas compostas testadas atingiram porcentagens de polimerização acima de 80%, independente do aparelho fotoativador utilizado. O aparelho de lâmpada halógena proporcionou maiores valores de microdureza do que o aparelho à base de LEDs e a resina Filtek P60 apresentou maiores médias de microdureza do que a resina composta Charisma.

Tsai; Meyers e Walsh (2004) avaliaram a profundidade de polimerização e a microdureza da resina composta FiltekTM Z250 (3M-ESPE), nas cores A3, B1 e C4, com a polimerização realizada através da lâmpada halógena e de aparelhos à base de LEDs. Os aparelhos utilizados foram, à base de LEDs: E-Light (GC) Elipar FreeLight (3M-ESPE), 475H (RF Systems Lab) e dois aparelhos de lâmpada halógena: Sirona S1 (Sirona Dental) e outro de alta intensidade Optilux 501 (Demetron). Foram confeccionados corpos-de-prova de 2,5 mm de diâmetro e 10,0 mm de espessura com auxílio de uma matriz de alumínio. De acordo com os resultados para a cor A3 não existiu diferença significativa pela luz utilizada, já para as cores B1 e C4, os três LEDs utilizados neste estudo proporcionaram menores valores do que quando foi utilizada a lâmpada halógena. Segundo os autores pôde-

se concluir que os LEDs: E-Light (GC) Elipar FreeLight (3M-ESPE) comercialmente disponíveis forneceram adequada profundidade de polimerização e microdureza para a espessura de resina composta recomendada clinicamente, 2 mm. Para uma espessura superior a esta, os aparelhos à base de LEDs não apresentam um desempenho satisfatório como o encontrado com os aparelhos de lâmpada halógena.

Com o objetivo de avaliar a microdureza superficial de quatro resinas compostas micro-híbridas de cor extraclara, Delgado (2004) utilizou duas fontes de luz. Os aparelhos utilizados foram: Curing Light 2500 (3M-ESPE) – lâmpada halógena- e Elipar[®] FreeLight (3M-ESPE)- aparelho à base de LEDs. Foram confeccionados corpos-de-prova com 5 mm de diâmetro por 2 mm de espessura com auxílio de uma matriz metálica. Depois de confeccionados, os mesmos foram identificados e armazenados em recipientes secos e ao abrigo da luz durante 24 horas. Através do microdurômetro digital MMT-3 (Buehler) foi verificada a microdureza Vickers com carga de 50gf durante 30 segundos. Os fatores avaliados neste experimento: resina composta, cor e fonte de luz, influenciaram na microdureza. O autor concluiu que o aparelho à base de LEDs proporcionou valores mais baixos de microdureza e que a cor extraclara obteve os menores valores de microdureza quando comparada com a cor A2, independentemente da fonte utilizada.

Os LEDs estão se transformando em uma opção para a fotoativação dos materiais restauradores. No entanto, falhas na polimerização causam problemas como sensibilidade pós-operatória, cáries recorrentes e falha na estabilidade de cor das resinas compostas. Com o objetivo de testar a eficiência fotoativadora dos LEDs (diodos emissores de luz), Nakfoor et al. (2005) avaliaram o efeito destes aparelhos

na contração de polimerização e na microdureza de duas resinas compostas: Point 4 (Kerr), micro-híbrida e Filtek Z 250 (3M-ESPE), híbrida. Seis aparelhos à base de LEDs foram testados: Elipar FreeLight (3M-ESPE), Versalux (Centrix), Ultra-Lume LED2 (Ultradent), ZapLED (CMS-Dental), Zap Dual Light (CMS-Dental) e L. E. Demetron I (Kerr); e um aparelho de lâmpada halógena Optilux 501 (Kerr). A metodologia foi dividida em duas partes: avaliação da contração de polimerização e avaliação da microdureza. Para a primeira parte foram confeccionados corpos-de-prova de 5 a 8 mm de diâmetro e 1,5 a 2 mm de espessura totalizando 140 corpos-de-prova, 70 corpos-de-prova com cada resina composta, sendo, 10 fotopolimerizados com o mesmo aparelho fotopolimerizador formando 7 grupos para cada material. A contração de polimerização foi avaliada através de um Linometer[®], aparelho feito com mercúrio utilizado para medir pequenas diferenças de temperatura. Para o ensaio de microdureza foram confeccionados 140 corpos-de-prova de 8 mm de diâmetro e 2 mm de espessura, formando os mesmos grupos experimentais do teste de contração de polimerização. Depois de confeccionados, os corpos-de-prova permaneceram por 24 horas em ambiente escuro. O microdurômetro utilizado foi Tukon Tester (Wilson Instrumentos) com a microdureza Knoop, com carga de 200 gf durante 40 segundos. De acordo com os resultados de contração de polimerização não houve diferença estatística entre os LEDs estudados e o aparelho de lâmpada halógena. Já com relação aos resultados de microdureza, todos os LEDs testados apresentaram valores inferiores de microdureza que o aparelho de luz halógena Optilux 501. Os autores concluíram que os LEDs apresentaram valores inferiores de microdureza do que encontrados com a lâmpada halógena para as resinas compostas testadas, à exceção do L.E.Demetron 1 com a resina composta Point 4 (Kerr).

Através de uma revisão de literatura Rueggeberg; Blalock e Callan (2005) avaliaram os avanços tecnológicos dos LEDs. Na primeira geração os autores observaram que ainda não houve uma melhora nos níveis de produção de luz relacionado ao comprimento de onda. Na sequência houve ainda uma melhora nos níveis de produção de luz no modelo do chip utilizados nos aparelhos de LEDs. O próximo passo foi a utilização de aparelhos de LEDs convencionais com o uso de chips de produção melhorados. Esses chips podem promover um maior poder elétrico, com um modelo para reduzir o aquecimento interno e evitar possíveis danos ao aparelho. O novo modelo de LEDs usa um nível de troca periódico para o intermitente nível de saída sobre a linha base e também pulso de ampla modulação. Fazendo assim, pode ser alcançada a produção máxima do chip, mas sem o risco de destruir a fonte.

3 PROPOSIÇÃO

Devido a grande importância da estabilidade de cor na longevidade clínica das restaurações e, com o objetivo de correlacioná-la à qualidade de polimerização, propõe-se:

Avaliar a alteração de cor e microdureza superficial de uma resina composta micro-híbrida após tê-la submetido a processo de aceleração de envelhecimento, em função de:

- duas cores da resina composta: A2 e SL;
- dois aparelhos de fotoativação: à base de lâmpada halógena e LEDs

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL RESTAURADOR

Para a realização deste estudo foi utilizada a resina composta Charisma[®] (Heraeus-Kulzer)¹ na cor A2, como grupo controle, e SL, cor extraclara, Figura 1, com tamanhos médios das partículas de 0,04 a 1µm; como mostra a Tabela 1.



Figura 1- Resina composta Charisma[®] (Heraeus-Kulzer)

Tabela 1- Características do material restaurador

MARCA COMERCIAL	COR	TIPO	TAMANHO DAS PARTÍCULAS	FABRICANTE
Charisma	A2	microhíbrida	0,04 a 1µm	Heraeus-Kulzer
Charisma	SL	microhíbrida	0,04 a 1µm	Heraeus-Kulzer

¹ Lote 010085

4.2 APARELHOS FOTOATIVADORES

Foram utilizados dois tipos de aparelhos fotoativadores, um aparelho de lâmpada halógena e outro aparelho à base de LEDs, como mostra o Tabela 2.

Tabela 2- Características dos aparelhos fotoativadores

APARELHO	FONTE DE LUZ	FABRICANTE	INTENSIDADE DE LUZ (mW/cm ²)	COMPRIMENTO DE ONDA (nm)
Optilux 401	Halógena	Demetron	563	380 a 530nm
Optilight LD III	1 LED	Gnatus	450	470nm

4.2.1. Aparelho de lâmpada halógena

O aparelho de lâmpada halógena funciona através da passagem de uma corrente elétrica por um fino filamento de tungstênio. Este filamento funciona como uma resistência que é aquecida pela corrente elétrica produzindo radiação eletromagnética na forma de luz visível (FRANCO; BOSQUIROLI; LOPES, 2003). Com o aquecimento de aproximadamente 100°C o filamento libera calor e energia na forma de radiação infravermelha. Com temperaturas entre 2000°C e 3000°C uma significativa radiação é emitida no espectro da luz visível. Estes aparelhos possuem filtros que são utilizados para filtrar porções não desejáveis do espectro, e também possuem filtros de calor e ventiladores para que o calor produzido com esta tecnologia seja dissipado (DELGADO, 2004). O aparelho de lâmpada halógena utilizado foi o Optilux 401² (Demetron) apresentado na Figura 2.

² Bitola 4830671



Figura 2- Aparelho de lâmpada halógena Optilux 401 (Demetron)

4.2.2 Aparelho à base de LEDs

Os aparelhos à base de LEDs (Light Emitting Diodes) produzem luz por efeitos mecânicos-quânticos. Os diodos são construídos com materiais semicondutores (silício, germânio, arseneto de gálio, etc), cada material forma uma região que é denominada P (ânodo) ou N (cátodo). O diodo é um dispositivo eletrônico que possui a função de controlar o fluxo da corrente elétrica. Quando se aplica uma tensão externa fazendo com que o lado P se torne mais positivo do que o N há uma redução da diferença de potencial elétrico (ddp), que tende a nivelar as duas regiões. Com isso, os elétrons podem passar da região N para a P, resultando em circulação de corrente (DELGADO, 2004).

Segundo o fabricante, o aparelho Optilight LD III³ é um aparelho com LED de alta potência, multifuncional, utilizado para fotopolimerização através da luz fria com comprimento de onda na faixa de 470 nm e intensidade de luz de aproximadamente 450 mW/cm² ilustrado na Figura 3.

³ Bitola 4319049081



Figura 3- Aparelho à base de LEDs Optilight LD III (GNATUS)

4.3 CONFECÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA

Foram confeccionados 60 (sessenta) corpos-de-prova, divididos em 4 grupos (n= 15), como mostra a Tabela 3.

Tabela 3- Grupos experimentais

GRUPO	MATERIAL RESTAURADOR	APARELHO FOTOATIVADOR	NÚMERO DE CORPOS-DE-PROVA
1	Charisma [®] cor A2	Optilux	15
2	Charisma [®] cor SL	Optilux	15
3	Charisma [®] cor A2	Optilight LD III	15
4	Charisma [®] cor SL	Optilight LD III	15

Os corpos-de-prova foram confeccionados em matrizes metálicas com dimensões de 17 mm de diâmetro por 1 mm de espessura (SAMRA, 2004), conforme ilustrada na Figura 4. O tamanho da matriz estava de acordo com o compartimento da amostra do espectrofotômetro e da norma ISO 7491 (2000). (PRECISE ..., [2000?])

Antes do preenchimento da matriz com resina composta, utilizou-se uma fina película de vaselina sólida, para isolar a resina do metal e desta maneira facilitar a remoção do corpo-de-prova após a fotoativação (DELGADO, 2004).

Todos os corpos-de-prova foram confeccionados pelo mesmo operador, de forma padronizada iniciando-se pela colocação de papel celofane em uma placa de vidro. Sobre este papel celofane, foi colocado um fio dental e sobre ele, de maneira que o fio fizesse parte do corpo-de-prova, foi colocada a matriz, (Figura 5). O fio dental fazia parte do corpo-de-prova para que este seja colocado na mesma posição nas leituras inicial e final da cor no espectrofotômetro (Figura 13). Com o auxílio de uma espátula ⁴ a resina composta Charisma[®] foi inserida em um único incremento completando a matriz. Sobre a matriz preenchida de resina composta foi colocado outro papel celofane e também uma placa de vidro superior, de modo que esta acomodasse a resina composta. Para que não houvesse movimento de báscula da placa de vidro superior foram colocadas duas matrizes da mesma espessura (1 mm) na placa de vidro inferior (Figura 6). Este procedimento permitiu o escoamento do excesso de material e a obtenção de uma superfície nivelada com a matriz metálica, garantindo que todos os corpos-de-prova apresentassem espessuras iguais em toda a sua extensão. A placa de vidro superior foi removida antes de se proceder a fotoativação.



Figura 4 - Matriz metálica utilizada na pesquisa



Figura 5 - Placa de vidro com a matriz e o fio dental interposto

⁴ Thompson TD4x

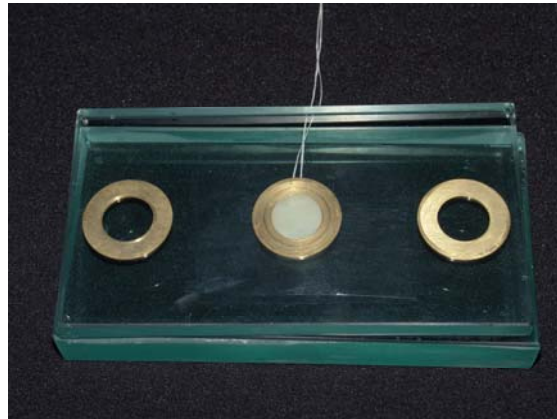


Figura 6 - Disposição das matrizes e placas de vidro evitando o movimento de báscula

Como o corpo-de-prova apresentava 17 mm de diâmetro, a fotoativação foi realizada dividindo o corpo-de-prova em quatro quadrantes (Figura 7). Sendo que cada quadrante foi fotoativado por 40 segundos, respeitando sempre a mesma seqüência como mostra a Figura 8. Cada corpo-de-prova foi fotoativado por 160 segundos, com a distância de aproximadamente 0,0 mm da ponta ativa do aparelho na superfície da resina composta. Este procedimento não alterou a uniformidade de polimerização do corpo-de-prova, pois cada quadrante foi fotoativado uma vez e recebeu luz remanescente dos quadrantes vizinhos três vezes. Este fato foi comprovado pelos resultados obtidos no experimento piloto onde através do teste de microdureza observou-se não existir diferença, com relação a microdureza, entre os quadrantes. Após a fotoativação de cada cinco corpos-de-prova, a intensidade de luz dos aparelhos fotoativadores foi aferida com o auxílio de um radiômetro Cure Rite (EFOS), obtendo em média para o aparelho de lâmpada halógena e para o aparelho à base de LEDs, respectivamente os valores de: 522mW/cm^2 e 450 mW/cm^2 (Figuras 9 e 10 respectivamente). O número de corpos-de-prova foi determinado no teste piloto. Foram produzidos 15 (quinze) corpos-de-

prova para cada grupo, respeitando sempre a mesma seqüência relatada anteriormente para a confecção de cada corpo-de-prova. No entanto, foi modificada para cada grupo experimental, a cor da resina composta bem como a fonte de luz ativadora, como especificado na Tabela 3.

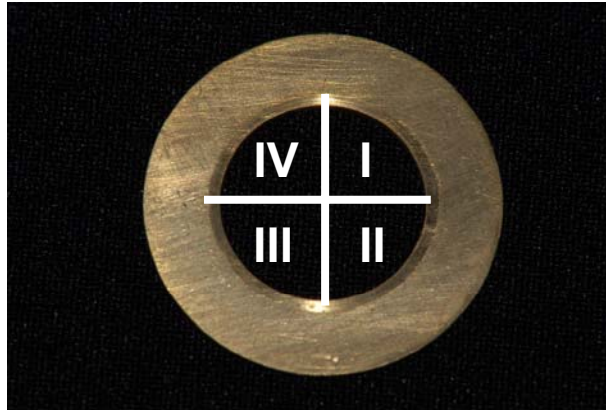


Figura 7- Divisão do corpo-de-prova em quadrantes

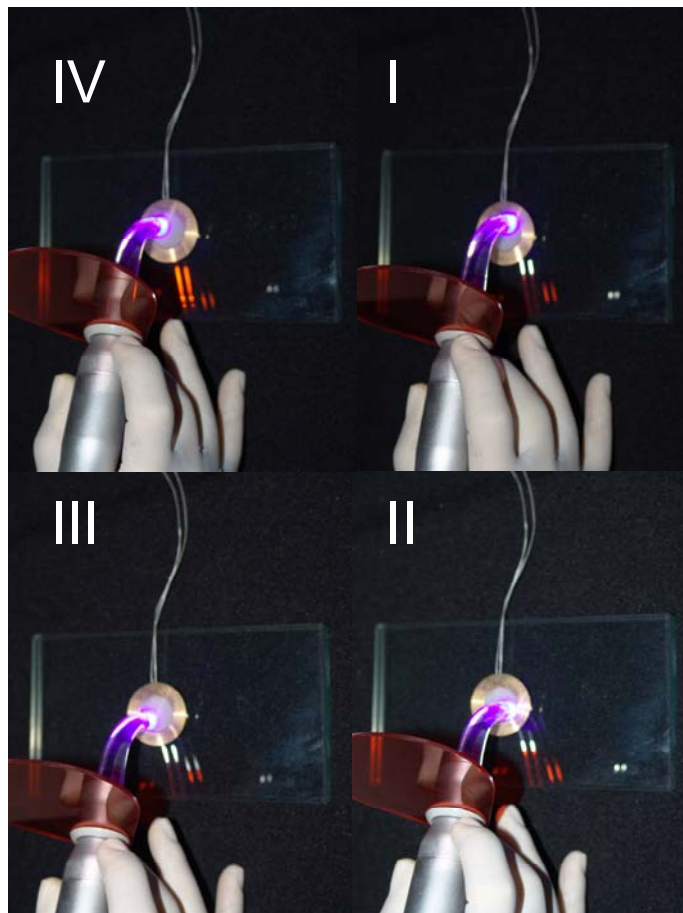


Figura 8 – Seqüência ilustrativa de fotopolimerização dos quadrantes



Figura 9- Aparelho de lâmpada halógena sendo aferido no radiômetro Cure Rite (EFOS)



Figura 10- Aparelho à base de LEDs sendo aferido no radiômetro Cure Rite (EFOS)

4.4 ARMAZENAMENTO

Depois de confeccionados, os corpos-de-prova devidamente identificados permaneceram em água destilada a $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}$ (na estufa QUIMIS Diadema / SP) por 24 horas ao abrigo da luz (MENEZES et al., 1999; POWERS; FAN; RAPTIS, 1980; UCHIDA et al., 1998).

4.5 TRATAMENTO EXPERIMENTAL

4.5.1 Determinação da cor

A percepção visual das cores é provocada pela absorção seletiva, por um objeto corado, de certos comprimentos de onda da luz incidente. Os outros

comprimentos de onda ou são refletidos ou são transmitidos, e são percebidos pelo olho humano como a cor do objeto. (PRECISE ..., [2000?])

A colorimetria visa a tradução numérica da percepção visual humana da cor para linguagem de computadores, no sentido de tratar a informação obtida dos aparelhos espectrofotômetros de forma a produzir interpretação em valores matemáticos. Entre os sistemas de cores está o sistema CIE-Lab (Figura 11). O modelo $L^*a^*b^*$ é baseado no modelo original proposto pela Comissão Internationale d'Eclairage (CIE) em 1931 como uma norma internacional para medições de cor. Em 1976, este modelo foi revisto e melhorado tendo passado a chamar-se CIE-Lab.

A cor deste sistema consiste da soma de um componente a que se chama luminância, ou componente de luminosidade (L), e dois outros componentes de cromaticidade: o componente a^* e o componente b^* .

L: é uma medida da luminosidade de um objeto e varia do 0 (para o preto) até o 100 (para o branco).

a^* : é uma medida que varia do vermelho (a positivo) ao verde (a negativo)

b^* : é uma medida que varia do amarelo (b positivo) ao azul (b negativo)

Estas coordenadas (a e b) aproximam-se do zero ao medir cores neutras (branco, cinza e preto).

O espaço CIE-Lab é representado por uma esfera, em que o eixo Y representa a coordenada L^* , o eixo X representa a coordenada b^* e o eixo Z, representa a coordenada a^* . A combinação destas coordenadas resulta em uma posição espacial que expressa a cor.

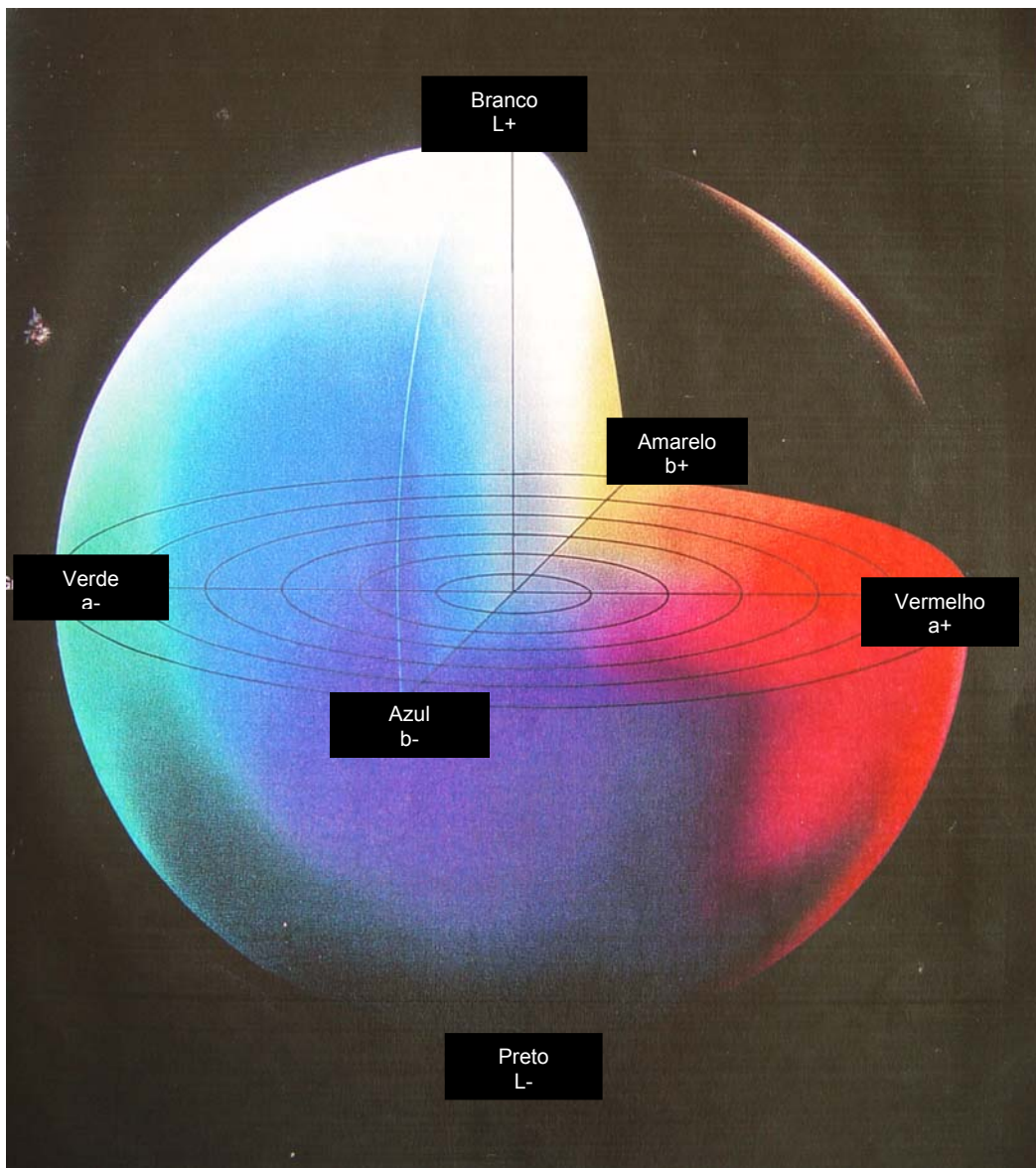


Figura 11- Representação do Espaço de cor CIE-Lab
 FONTE: adaptado de PRECISE ...([2000?])

Nesta pesquisa foi utilizado o espectrofotômetro (Varian-Cary 100), ilustrado na Figura 12, para a leitura da cor. A operação de um espectrofotômetro é basicamente a iluminação da amostra com luz branca e, o cálculo do montante de luz que é refletido pela amostra em cada intervalo do comprimento de onda. Utilizou-se espectrofotometria de reflectância com esfera integradora (SAMRA, 2004). Selecionou-se iluminante D65 (KHOKHAR; RAZZOOC; YAMAN, 1991; PARAVINA; ONTIVEIROS; POWERS, 2002; SAMRA, 2004), com o espectro entre 360 e 720nm, espaço de cor CIE-Lab, com ângulo de observador de 10° (PARAVINA; ONTIVEIROS; POWERS, 2002; SAMRA, 2004). A angulação de 10° equivale à

visualização de uma pequena área de 8,8 mm a uma distância de 50 cm. Fez-se a leitura de padrão branco (Certified Reflectance Standard / Labsphere), para a correção de linha de base.



Figura 12- Espectrofotômetro Varian-Cary 100

4.5.2 Análise inicial da cor

Após o armazenamento em água destilada, os corpos-de-prova foram secos com papel absorvente e acomodados no compartimento de amostra do espectrofotômetro Varian-Cary 100, para a leitura da cor inicial. Neste momento o fio dental do corpo-de-prova demarcava a face voltada para o aparelho, superfície de topo, bem como a posição em que o corpo-de-prova seria colocado na esfera integradora do espectrofotômetro, com o fio dental posicionado para cima (Figura 13).



Figura 13- Posição do corpo-de-prova no espectrofotômetro

4.5.3 Aceleração de envelhecimento

Após a leitura, os corpos-de-prova foram acomodados em recipientes individuais e identificados de acordo com cada grupo experimental (Figura 13). Em seguida, foram armazenados em estufa a $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}$, imersos em água deionizada durante 30 dias. (ASMUSSEN, 1981, 1983; VICHÍ; FERRARI; DAVIDSON, 2004). Os recipientes foram preparados de forma que as amostras estivessem em contato com o oxigênio. O armazenamento de 30 dias nestas condições apresenta um coeficiente de correlação com um ano de armazenamento a 37°C , reproduzindo “in vitro” condições do meio oral, podendo ser considerado clinicamente relevante para teste de estabilidade de cor de resinas compostas restauradoras (ASMUSSEN, 1981).



Figura 14- Recipiente identificado individualmente

4.5.4 Análise final da cor

Decorridos os 30 dias de aceleração de envelhecimento os corpos-de-prova foram removidos da estufa, da água deionizada e secos com papel absorvente, e novamente levados para a leitura no espectrofotômetro Varian-Cary 100, utilizando os mesmos parâmetros, para a obtenção dos valores relacionados às coordenadas L^* , a^* e b^* para posterior cálculo da variação de cor (ΔE).

4.5.5 Cálculo da variação total da cor

A partir de valores numéricos ilustrados pelo sistema CIE-Lab é possível identificar variações em cores de objetos que não podem ser detectadas a olho nu. Os valores das coordenadas L^* , a^* e b^* da avaliação inicial e os valores obtidos na avaliação final são inseridos em uma fórmula matemática que apresenta como resultado o ΔE , que pode ser definido como alteração de cor total ocorrida pelo corpo-de-prova durante o experimento.

$$\Delta E = \sqrt{(L_f^* - L_o^*)^2 + (a_f^* - a_o^*)^2 + (b_f^* - b_o^*)^2}$$

L_f^* – Luminosidade final

L_o^* – Luminosidade inicial

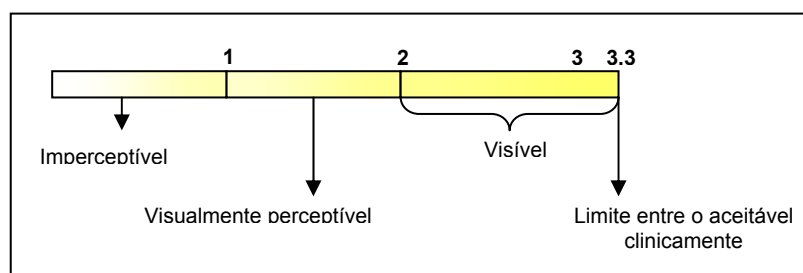
a_f^* – Posição final do eixo a^*

a_o^* – Posição inicial do eixo a^*

b_f^* – Posição final do eixo b^*

b_o^* – Posição inicial do eixo b^*

Para a avaliação da cor foi utilizada escala de valores do ΔE . Foi considerada imperceptível a diferença de cor (delta E) menor ou igual a 1 unidade, entre 1 e 2 visualmente perceptível para o examinador experiente sob determinadas condições, enquanto que o limite entre o aceitável clinicamente situou-se em 3,3 unidades, (Figura 15).



Fiura 15- Escala utilizada na interpretação dos valores do delta E

4.5.6 Análise da microdureza superficial

Após a análise final da cor, os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de microdureza Vickers na superfície de topo. Utilizou-se o mesmo corpo-de-prova para o teste de alteração de cor e ensaio de microdureza com a finalidade de reduzir ao máximo a variabilidade dos dados (ESTRELA, 2001). Para o ensaio de microdureza foram utilizados 10 corpos-de-prova de cada grupo experimental, sorteados de forma aleatória. Cada corpo-de-prova foi dividido em 4 quadrantes com a ajuda de uma lâmina de bisturi n°15. O ensaio de microdureza Vickers foi realizado por meio do microdurômetro MMT-3 digital HMV-Shimadzu (Figura 15) com carga de 50 gf durante 30 segundos para cada impressão (DELGADO, 2004). Foram realizadas 8 impressões na superfície de topo de cada corpo-de-prova, 2 impressões por quadrante, totalizando 320 impressões. Com base nos valores obtidos, foram calculadas as médias de microdureza para cada superfície analisada.

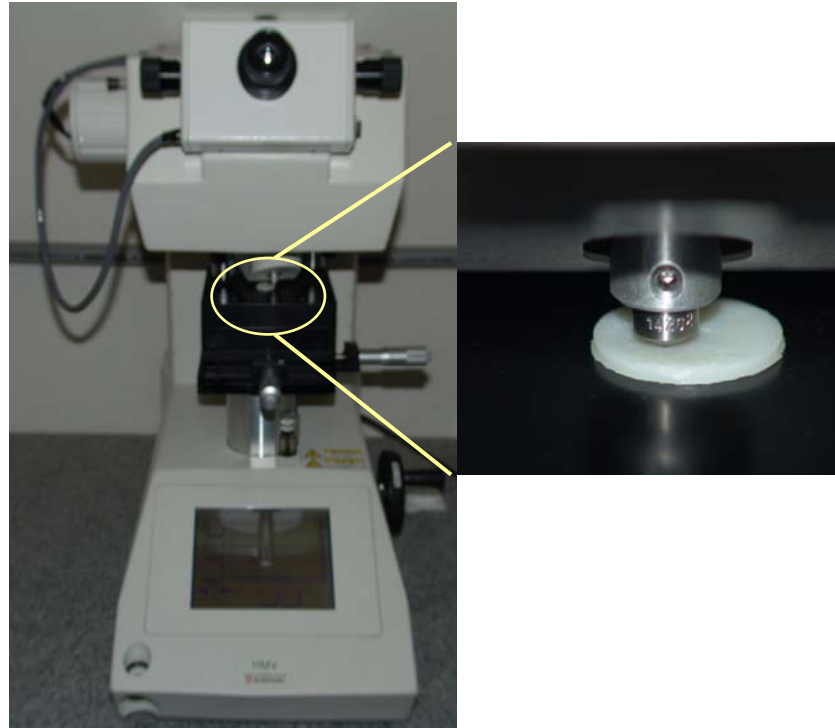


Figura 16- Microdurômetro MMT-3 digital HMV-Shimadzu

4.6 PLANEJAMENTO ESTATÍSTICO

A variável dependente microdureza foi avaliada pelo teste de Análise de Variância (ANOVA) a dois critérios, tendo como variáveis independentes: fonte de luz (halógena ou LEDs) e cor (A2 ou XL). A variável dependente variação de cor (delta E) foi avaliada pelo teste de Análise de Variância a dois critérios fixos, tendo também como variáveis independentes: fonte de luz (halógena ou LEDs) e cor (A2 ou XL). Quando houve diferença entre os grupos pelo teste de ANOVA, o teste de Tukey foi utilizado para verificar entre quais grupos houve diferença. A avaliação do grau de correlação entre as variáveis microdureza e variação de cor (delta E) foi feita por meio do teste de correlação de Pearson. Para todos os testes foi adotado como nível de significância o valor de $p \leq 0,05$. Os testes foram executados utilizando-se o software SPSS versão 10.0 for Windows.

5 RESULTADOS

Os valores de média e desvio padrão para a variável dependente microdureza encontram-se expressos na Tabela 4. A aplicação do teste de Análise de Variância a dois critérios revelou haver diferenças estatisticamente significantes para as variáveis independentes: fonte de luz, cor, bem como para a interação fonte de luz*cor.

Tabela 4 – Valores de média e desvio padrão para a variável dependente microdureza

Fonte de luz	Cor	n	Média	Desvio padrão
Halógena	A2	10	36,77	5,44
	SL	10	47,63	3,90
	Total	20	42,20	7,23
LEDs	A2	10	36,18	2,91
	SL	10	35,42	2,44
	Total	20	35,80	2,64
Total	A2	20	36,47	4,26
	SL	20	41,52	7,01
	Total	40	39,00	6,27

Estatisticamente significativa para tratamentos, fonte de luz, cor, interação fonte de luz*cor ($p < 0,001$), segundo o teste ANOVA a dois critérios.

Os valores de microdureza foram estatisticamente superiores para a fonte de lâmpada halógena, em comparação à fonte de luz LEDs, ao se analisar a variável dependente fonte de luz, como pode -se observar no Gráfico 1.

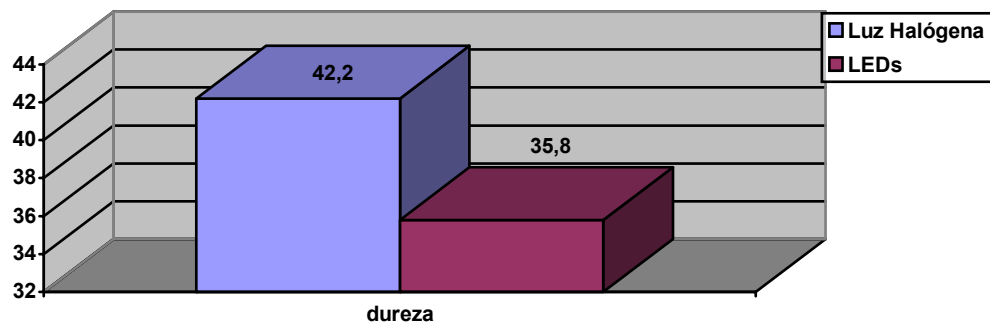


Gráfico 1 – Os valores de média para a variável dependente microdureza segundo fonte de luz

No Gráfico 2 observa-se que, para a variável independente cor, houve um maior valor de média para microdureza com a cor SL em relação à cor A2.

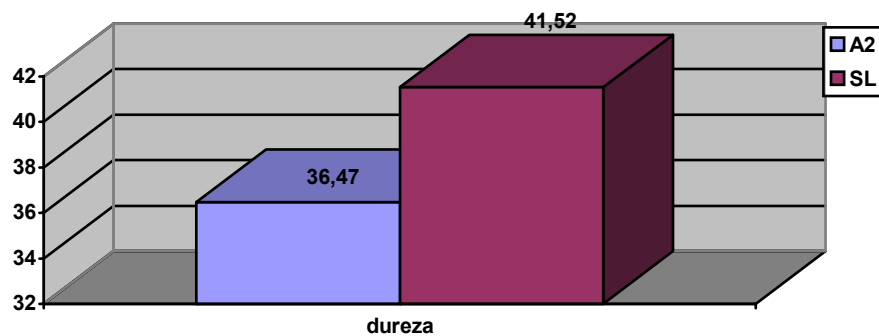


Gráfico 2 – Os valores de média para a variável dependente microdureza segundo cor

No Gráfico 3 pode-se observar os valores de média de microdureza para os quatro grupos experimentais. A Análise de variância a um critério revelou haver diferença estatisticamente significativa entre o grupo Lâmpada halógena / cor SL e os demais grupos.

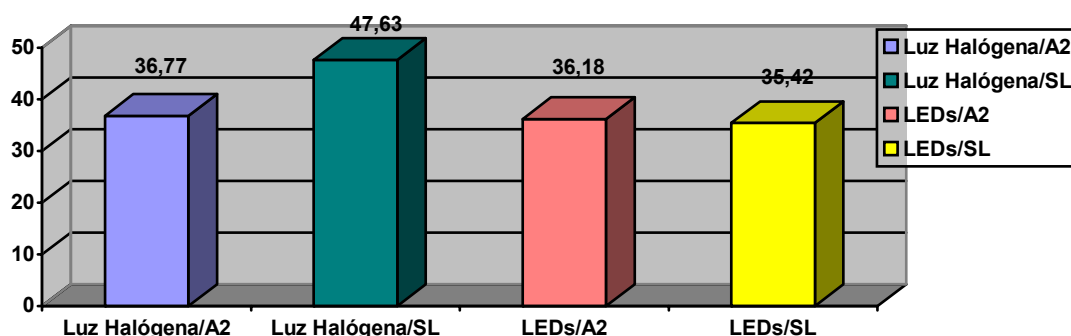


Gráfico 3 – Os valores de média para a variável dependente microdureza segundo fonte de luz e cor

Houve diferença estatisticamente significativa entre Luz Halógena/cor SL e demais grupos segundo o teste ANOVA a um critério e teste de Tukey ($p < 0,001$).

Na Tabela 5 e Gráfico 4 são apresentados os valores de média e desvio padrão para a variável dependente variação de cor (delta E). Não foi possível detectar diferenças estatisticamente significantes entre os tratamentos ($p = 0,222$), fontes de luz ($p = 0,696$), cor ($p = 0,072$), bem como para interação fonte de luz*cor ($p = 0,318$) segundo o teste ANOVA a dois critérios.

Tabela 5 – Valores de média e desvio padrão para a variável dependente variação de cor (delta E).

Fonte de luz	Cor	n	Média	Desvio padrão
Halógena	A2	15	2,255	1,190
	SL	15	1,509	0,700
	Total	30	1,88	1,032
LEDs	A2	15	1,888	0,658
	SL	15	1,671	1,338
	Total	30	1,78	1,042
Total	A2	30	2,07	0,963
	SL	30	1,59	1,053
Total	Total	60	1,831	1,029

Sem diferenças estatisticamente significantes entre os tratamentos ($p = 0,222$), fontes de luz ($p = 0,696$), cor ($p = 0,072$), bem como para interação fonte de luz*cor ($p = 0,318$) segundo o teste ANOVA a dois critérios.

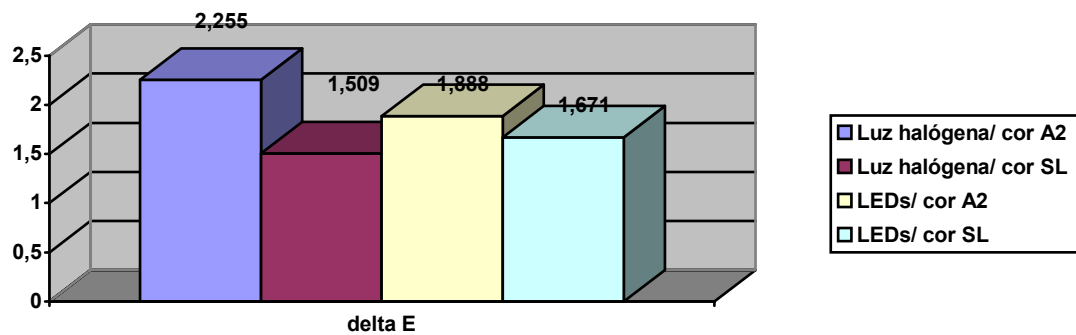


Gráfico 4 – Os valores de média para a variável dependente variação de cor (delta E) segundo fonte de luz e cor

No Gráfico 5 observa-se os valores de média para a variável dependente variação de cor (delta E) segundo fonte de luz. Não houve diferenças estatisticamente significantes entre os grupos ($p=0,696$).

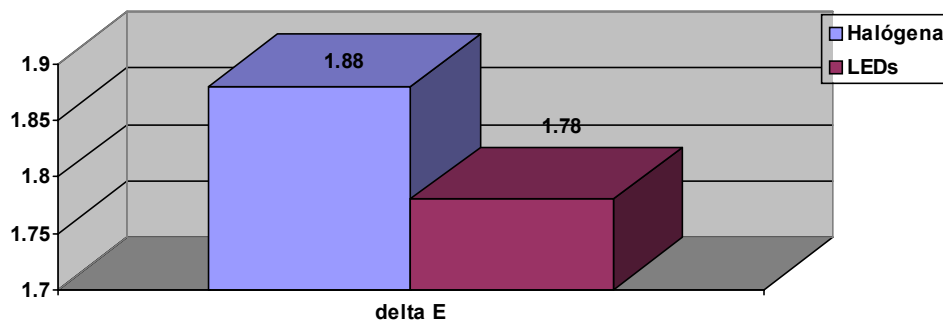


Gráfico 5 – Os valores de média para a variável dependente variação de cor (delta E) segundo fonte de luz

No Gráfico 6 observa-se os valores de média para a variável dependente variação de cor (delta E) segundo cor. Novamente não houve diferenças estatisticamente significantes entre os grupos ($p=0,072$).

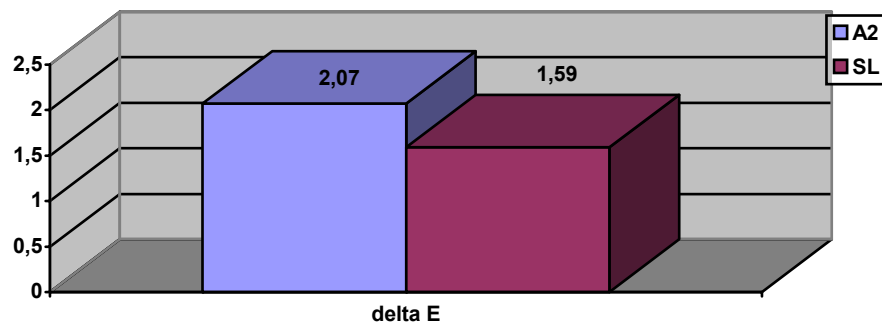


Gráfico 6 – Os valores de média para a variável dependente variação de cor (delta E) segundo cor

No Gráfico 7 observa-se o diagrama de dispersão para os valores das variáveis microdureza e variação de cor, analisadas através do teste de correlação de Pearson. Houve uma correlação negativa entre as variáveis ($r = -0,258$), porém estatisticamente não significativa ($p = 0,108$).

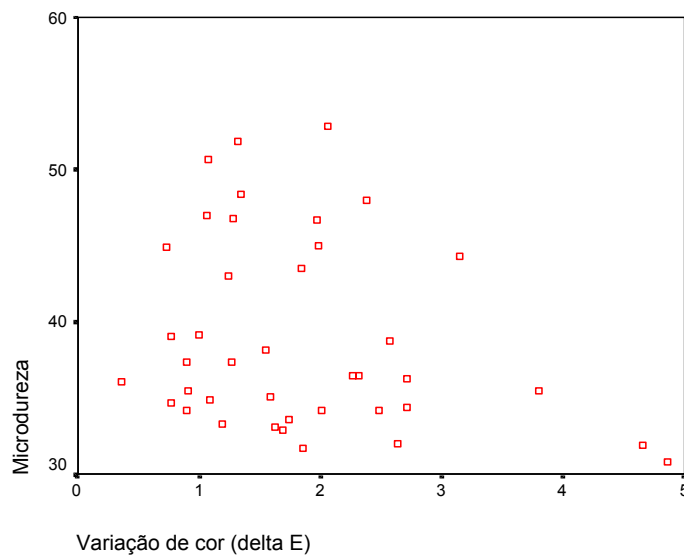


Gráfico 7 – Diagrama de dispersão para os valores das variáveis microdureza e variação de cor

6 DISCUSSÃO

A utilização das resinas compostas fotoativadas gerou uma grande produção de aparelhos fotopolimerizadores e como consequência, a questão quanto a compatibilidade entre esses aparelhos e os materiais fotoativados. (CHAIN, 1995). Isto ocorreu devido ao fato de que, para que a polimerização seja realizada e a conversão dos monômeros em polímeros seja eficiente, o comprimento de onda da luz emitida pelos aparelhos deve coincidir com o pico de absorção dos fotoiniciadores presentes nos materiais restauradores. (NOMOTO, 1997). Se os fotoiniciadores deste material não forem adequadamente sensibilizados pela luz, existirá uma falha nesta conversão. (FRANCO; BOSQUIROLI; LOPES, 2003). A compatibilidade entre a resina composta e o aparelho fotopolimerizador está intimamente ligada ao sucesso clínico da restauração e tem sido alvo de muitas pesquisas (PARK; CHAE; RAWLS, 1999; PEUTZFELDT; ASMUSSEN, 1990; SWIFT JR, 2001).

O comprometimento estético de uma restauração está diretamente relacionado à alteração de cor da mesma, sendo que vários foram os estudos realizados com o objetivo de minimizar este problema (BURROW; MACTINSON, 1991; CAMPOS et al., 1999; CARREIRA; VIEIRA, 2002; FRUITS; DUNCANSON JÚNIOR; MIRANDA, 1997; IONOKOSKI et al., 1996; JANDA et al., 2004; LEE; POWERS (2001); LU; POWERS 2004; MENEZES et al., 1999; PARAVINA; ONTIVEIROS; POWERS 2002; 2004; PEREIRA et al., 2003; PARK; CHAE; RAWLS, 1999; PEUTZFELDT; ASMUSSEN, 1990; POWERS; DENNISON; KORAN, 1978; PRADO JÚNIOR; PORTO NETO, 2000; SALLES et al., 1997; SAMRA, 2004;

SCHULZE et al., 2003; UCHIDA et al., 1998; VERONEZI et al., 1999; VICHI; FERRARI; DAVIDSON, 2004).

Segundo Lu e Powers (2004), uma correta polimerização deveria evitar a alteração de cor dos materiais restauradores. Esta alteração de cor é causada pela oxidação da amina, componente necessário à polimerização das resinas, que deveria ser consumida, no caso de uma polimerização eficiente.

Lançados recentemente no mercado odontológico, as fontes de luz à base de LEDs emitem luz azul em um estreito espectro de comprimento de onda, correspondente ao pico de absorção da canforoquinona. Estes aparelhos apresentam vantagens quando comparados aos aparelhos de lâmpada halógena, tais como: tamanho reduzido, maior tempo de vida útil e o fato de não possuírem lâmpada. Problemas relacionados com a polimerização das resinas compostas extra-claras pelos aparelhos à base de LEDs foram constatados por Price et al., (2003) e Delgado, (2004). Estes autores, mesmo utilizando metodologias diferentes, observaram em seus estudos a diminuição dos valores de microdureza das resinas compostas extra-claras polimerizadas com LEDs quando comparadas aos os valores obtidos com as resinas compostas extra-claras polimerizadas com a lâmpada halógena. Desta maneira evidenciou-se a falta de compatibilidade entre os possíveis fotoiniciadores presentes nas resinas compostas estudadas e o comprimento de onda da luz emitida pelos LEDs utilizados.

Para um melhor desempenho na polimerização dos materiais resinosos, novos aparelhos à base de LEDs foram lançados pelas indústrias, com a perspectiva de qualidade de polimerização, independente do fotoiniciador presente na composição do material. De acordo com suas características, os LEDs foram sendo classificados em: primeira, segunda e terceira geração, sendo esta

classificação baseada na intensidade de luz do aparelho, sendo respectivamente: 150 mW/cm², 350 a 500 mW/cm² e acima de 600 mW/cm². (PRICE; FELIX; ANDREOU, 2003; RUEGGERBERG; BLALOCK; CALLAN, 2005). No entanto, estas gerações de LEDs apresentam desvantagens, dentre elas a emissão de luz em um espectro estreito, polimerizando apenas materiais restauradores fotoativados que utilizam a canforoquinona como fotoiniciador. (COTRINA et al., 2003; DELGADO, 2004; DUNN; BUSH, 2002; KURACHI et al., 2001; PEREIRA et al., 2004; NAKFOOR et al., 2005). Com uma intensidade de luz acima de 800 mW/cm², surgiu a quarta geração de LEDs. A alta intensidade destes aparelhos está em desenvolvimento junto com a capacidade de ampliar seu espectro de luz, abrangendo desta maneira um maior intervalo de comprimento de onda. (RUEGGERBERG; BLALOCK; CALLAN, 2005).

Devido à grande demanda de materiais restauradores, com diferentes composições, e à existência de aparelhos fotopolimerizadores com intensidades e comprimentos de onda particulares, várias pesquisas estão sendo desenvolvidas para observar a qualidade de polimerização dos materiais com os diferentes aparelhos fotopolimerizadores. Entre estes estão os aparelhos de lâmpada halógena e os aparelhos à base de LEDs. (BENNETT; WATT, 2004; DELGADO, 2004; DUNN; BUSH, 2002; JANDT et al., 2000; FUJIBAYASHI et al., 1998; FRENTZEN; FOLL; BRAUN, 2001; KURACHI et al., 2001; MILLS; JANDT, ASHNORTH, 1999; MILLS; UHL, JANDT, 2002; NAKFOOR et al., 2005; PEREIRA et al., 2004; TSAI; MEYERS; WALSH, 2004; UHL; SIGUSCH; JANDT, 2004; UHL et al., 2004; WHITTERS, 1999;). Esta pesquisa foi desenvolvida devido à importância da qualidade de polimerização no sucesso dos procedimentos

restauradores com materiais odontológicos, bem como a grande demanda por novos materiais que acompanham o avanço da odontologia estética.

Este estudo verificou a capacidade de um aparelho à base de LED-Optilight LD III (Gnatus) polimerizar uma resina composta extra-clara Charisma S/L (Hereaus-Kulzer) através do teste de estabilidade de cor e ensaio de microdureza.

A microdureza superficial foi definida como uma propriedade intrínseca que avalia a deformação plástica da superfície de um material. Este é considerado um teste *in vitro* de importante aplicação na observação da qualidade de polimerização dos materiais como as resinas compostas. (WANG et al., 2003). Para esta pesquisa utilizou-se a microdureza Vickers, (ANDRADE et al., 2001; COTRINA et al., 2003; DELGADO, 2004; HANSEN; ASMUSSEN, 1993; PEREIRA et al., 1997; PEREIRA, 1999; PEREIRA et al., 2004; SILVA; ARAÚJO, FRANCISCONE 2002;) a qual utiliza um diamante em forma de pirâmide de base quadrada e um ângulo de 136° entre as faces opostas (CRAIG; POMERS, 2004), sendo este diamante utilizado com a carga de 50gf durante 30 segundos. (ANDRADE et al., 2001; DELGADO, 2004; HANSEN; ASMUSSEN, 1993; PEREIRA, 1999; PEREIRA et al., 2004). Este teste avalia indiretamente a capacidade de conversão dos monômeros em polímeros e, conseqüentemente, a qualidade de polimerização da resina composta. (COTRINA, 2003; DUNN; BUSH, 2002; HANSEN; ASMUSSEN, 1993; WANG et al., 2003).

Ao se analisar a variável dependente fonte de luz, de acordo com os resultados expressos no Gráfico 1, os valores de microdureza foram estatisticamente superiores para a fonte de luz halógena, em comparação à fonte de luz LEDs, concordando com os resultados de Cotrina et al. (2003); Dunn e Bush (2002);

Kurachi et al. (2001); Pereira et al. (1997); Pereira et al. (2004); Nakfoor et al. (2005).

O aparelho de lâmpada halógena utilizado neste estudo emitiu uma intensidade de média de 522 mW/cm^2 , sendo esta maior que a emitida pelo aparelho de LEDs utilizado 388 mW/cm^2 , ou seja, foi capaz de produzir maior quantidade de fótons, os quais são absorvidos pelas moléculas de fotoiniciadores para a reação de polimerização. Este aparelho apresenta também um espectro de luz maior, podendo atingir comprimentos de onda entre 400 e 500 nm, fato bastante importante quando comparado aos aparelhos à base de LEDs. Tal característica é ressaltada quando são utilizadas resinas compostas extraclaras, as quais apresentam outros tipos de fotoiniciadores além da canforoquinona. Por apresentar estas características, o aparelho de lâmpada halógena promoveu melhor polimerização e maiores valores de microdureza, justificando assim sua indicação para a ativação de todos os tipos de materiais restauradores fotoativados.

Kurachi et al. (2001) testaram 5 aparelhos à base de LEDs através do teste de microdureza e observaram que estes aparelhos apresentaram menor desempenho quando comparados aos obtidos pelo aparelho de lâmpada halógena. Tais resultados foram obtidos em função da espessura do corpo-de-prova e do tempo de exposição, variáveis que não foram utilizadas nesta pesquisa, onde todos os corpos-de-prova, além de apresentarem a mesma espessura, foram fotoativados por um período de 160 segundos.

Através de seus resultados, Cotrina et al. (2003) mostraram a importância de conhecer as características dos aparelhos fotoativadores, como intensidade de luz e comprimento de onda, fatores chave no sucesso da fotoativação das resinas compostas. Estes autores demonstraram, através do teste

de microdureza, que o aparelho de lâmpada halógena apresentou os melhores resultados quando comparado com o sistema LED.

Segundo Pereira et al. (2004), vários são os fatores que controlam a fotopolimerização: a composição e o matiz da resina composta, o comprimento de onda emitido pelo aparelho, a distância da ponta ativa à superfície do material, a intensidade de luz e o tempo de irradiação. Na mesma oportunidade os autores concluíram que o aparelho de luz halógena proporcionou os melhores resultados de microdureza, quando comparado ao aparelho à base de LEDs. Fato este ratificado pelos resultados da presente pesquisa. A resina composta Charisma (Heraeus-Kulzer), utilizada também nesta pesquisa, apresentou os piores resultados quando comparada à resina composta Filtek™ P60 (3M). Os autores justificaram este comportamento para a resina composta Charisma (Heraeus-Kulzer) pela presença de pequenas partículas inorgânicas que fazem a luz se espalhar, diminuindo, desta forma, a efetividade da luz polimerizadora.

Para este estudo foi utilizada apenas a resina composta Charisma (Heraeus-Kulzer) nas cores A2 e SL. Dunn e Bush (2002), mostraram em seu estudo que as resinas compostas micro-híbridas atingiram maior profundidade de polimerização quando comparadas às resinas compostas de micropartículas. Os autores sugerem que tal resultado é devido ao fato de que as resinas compostas de micropartículas contêm cargas pequenas que fazem com que a luz se disperse e reduza a profundidade de polimerização. Delgado (2004) utilizou em seu estudo apenas resinas compostas micro-híbridas que, embora classificadas no mesmo grupo de resinas, mostraram valores diferentes de microdureza entre si, pois apresentavam tamanhos diferentes de partículas de carga.

Na presente pesquisa, foi utilizada a resina composta Charisma (Heraeus-Kulzer) cor SL associada ao aparelho à base de LEDs, devido à suspeita da presença de diferentes fotoiniciadores, os quais poderiam ser incompatíveis com o comprimento de onda deste aparelho. Outros estudos com o mesmo objetivo foram desenvolvidos, como o de Bennett e Watts (20004) que testaram a profundidade de polimerização de uma resina composta de diferentes cores, (entre elas a Bleach L, indicada para dentes mais claros), fotoativadas com um aparelho de lâmpada halógena e também aparelhos à base de LEDs com diferentes comprimentos de onda. De acordo com os seus resultados, os autores concluíram que a lâmpada halógena produziu melhor polimerização, mas que também os LEDs utilizados no estudo obtiveram um desempenho satisfatório.

Nos resultados desta pesquisa, quando se observa a variável independente cor, verifica-se que a resina composta cor SL apresentou valores de microdureza superiores à de cor A2, Gráfico 2. Este resultado pode ser justificado pela presença de pigmentos diferentes nas cores A2 e SL da resina composta Charisma (Heraeus-Kulzer).

Segundo Delgado (2004), os pigmentos incorporados às resinas compostas determinam a cor destas e podem influenciar na qualidade de polimerização. Discordando dos resultados desta pesquisa, em seu estudo, Delgado (2004) encontrou os valores maiores de microdureza para a resina composta de cor A2 quando comparadas com as respectivas extraclaras.

Concordamos com os resultados de Vinha; Coelho e Campos (1990), quando relataram que a cor escura promoveu menor profundidade de polimerização e, como consequência, a menor microdureza quando comparada à cor mais clara do mesmo material. Estes autores justificam seus resultados pela incorporação de

pigmentos escuros, os quais absorvem a luz que passa através da resina composta interferindo na polimerização, atuando como filtros seletivos de determinados comprimentos de onda. Martins et al. (2002) discordam dos resultados desta pesquisa ao afirmar que a cor da resina composta não tem influência sobre a microdureza de topo das resinas compostas testadas.

Quando da interação entre as variáveis independentes fonte de lâmpada e cor, os resultados mostraram existir diferença estatística entre o grupo que utilizou a resina de cor SL fotoativada com a luz halógena e os demais grupos experimentais. Estes resultados concordam, em parte, com os resultados encontrados por Martins et al. (2002), os quais observaram que o grau de polimerização de uma resina composta muitas vezes é avaliado pela microdureza e está associado à intensidade de luz dos aparelhos fotopolimerizadores. Em nosso estudo, o aparelho de lâmpada halógena com maior intensidade de luz promoveu os maiores valores de microdureza. Os mesmos autores concluíram que a cor do compósito não influenciou no grau de microdureza dos corpos-de-prova enquanto que nossos resultados mostraram diferenças nos valores de microdureza relacionados com a cor da resina composta.

Diversos fatores controlam a fotopolimerização, tais como: a composição e o matiz da resina composta, o comprimento de onda emitido pelo aparelho de luz, a distância entre a fonte de luz e o material, a intensidade da luz e o tempo de irradiação. De acordo com esta afirmação, Pereira et al., (2004) observaram que apesar de os sistemas de LEDs estarem sendo comercializados, pesquisas ainda não determinaram se essa tecnologia está desenvolvida o suficiente para substituir os aparelhos de lâmpada halógena.

Torna-se interessante destacar que os resultados aqui relatados podem ser justificados pelo fato de que, apesar do pico de emissão da luz emitida pelo sistema de LEDs coincidir com o pico de absorção da canforoquinona, a sua intensidade luminosa ainda é inferior em relação à luz halógena. (DUNN, BUSH, 2002; KURASCHI et al., 2001). O aparelho fotopolimerizador com a maior intensidade de luz produz maiores valores de microdureza, pois promove maior conversão de monômeros em polímeros, melhorando a qualidade de polimerização. (DUNN, BUSH, 2002; KURASCHI et al., 2001; PEREIRA et al., 1997; PEREIRA et al., 2004). Discute-se o fato da resina composta Charisma (Hereaus-Kulzer) na cor SL ter apresentado maior microdureza que a de cor A2, quando fotoativada com o aparelho de lâmpada halógena. Vinha; Coelho e Campos (1990) relataram que a cor escura promoveu menor profundidade de polimerização, quando comparada à cor mais clara do mesmo material, sendo este resultado consequência dos pigmentos absorverem luz, diminuindo desta forma a quantidade da mesma para a ativação dos fotoiniciadores.

Ainda com relação aos resultados representados no Gráfico 3, pode-se observar que não existiu diferença estatística entre os grupos experimentais fotoativados com o sistema LED e as duas cores de resina composta utilizada. Os valores médios para a variável dependente microdureza segundo fonte de luz e cor são próximos, demonstrando que o LED foi capaz de excitar os fotoiniciadores presentes na composição da resina composta, tanto na cor A2 como na cor SL, concordando assim com os resultados de Bennett e Watt (2004). Estes autores utilizaram uma resina composta extraclara fotoativada com um aparelho à base de LEDs e, através de seus resultados, observaram que o desempenho dos aparelhos à base de LEDs pode ser considerado clinicamente satisfatório. No entanto, deve-

se levar em consideração Swift Jr. (2001) que realizou um estudo resumindo detalhadamente as principais características das fontes de luz à base de LEDs, prevenindo quanto às possíveis limitações desta fonte de luz. Este autor, destacou como principal limitação a incompatibilidade com algumas resinas compostas que absorvem luz com intervalos de comprimento de onda entre 400 e 450 nm, não compatíveis com o comprimento de onda emitido pelos LEDs. Este fato, de acordo com os resultados desta pesquisa, parece não ocorrer com a resina composta Charisma (Heraeus-Kulzer).

A estabilidade de cor das resinas compostas foi associada à qualidade de polimerização destes materiais. (CARREIRA; VIEIRA, 2002; JANDA et al., 2004; SALLES et al., 1997; VERONEZI et al., 1999). Segundo Samra (2004) a polimerização pode ter influência significativa na alteração de cor, desde que quanto maior o grau de conversão, menor a quantidade de monômeros residuais disponíveis para a formação de produtos de degradação coloridos. Asmussen (1983), estudou em bases quantitativas os fatores que governam a estabilidade de cor de resinas compostas restauradoras e concluiu que a alteração de cor independe da quantidade absoluta de amina. Entretanto, segundo este autor, a estabilidade de cor depende da proporção amina/BPO e da quantidade de inibidor, que deveria ser totalmente consumido na reação de polimerização, a fim de não interferir na cor. Pesquisas mostraram que a alteração de cor tem natureza oxidativa e que, na ausência de oxigênio, existiu uma redução na variação de cor, comprovando que a oxidação ocorre com a amina, alterando assim a cor do material. (ASMUSSEN, 1983; LU; POWERS, 2004).

As resinas compostas podem sofrer alteração de cor extrínseca ou intrínseca. Segundo Samra (2004) os fatores intrínsecos se relacionam a alterações

internas do material, relacionadas à interface da matriz, à própria matriz ou sua carga (PEUTZFELDT; ASMUSSEN, 1990) e também, como já citado, através da oxidação de monômeros residuais (ASMUSSEN, 1983; FRUITS; DUNCANSON JUNIOR; MIRANDA, 1997; IONOKOSHI et al., 1996; POWERS; DENNISON; KORAN, 1978; UCHIDA et al., 1998).

A literatura mostra diferentes metodologias para realização do teste de alteração de cor dos materiais restauradores estéticos, entre elas a metodologia de aceleração de envelhecimento, através da reprodução *in vitro* de diferentes condições de temperatura, umidade relativa e presença de irradiação de luz de xenônio (ASMUSSEN, 1983; BURROW; MACKINSON, 1991; FRUITS; DUNCANSON JUNIOR; MIRANDA, 1997; LEE; POWERS, 2001; SCHULZE et al., 2003; UCHIDA et al., 1998). No entanto, Burrow e Mackinson (1991) consideram que a principal causa de alteração de cor é a presença de pigmentos, provenientes da dieta alimentar. Vários estudos utilizaram como metodologia a imersão dos materiais estéticos restauradores em meios como: café, chá, bebidas à base de cola e vinho, para observar a impregnação dos corantes nos materiais restauradores, promovendo um manchamento extrínseco, diferente da primeira metodologia citada. (CAMPOS et al., 1999; CARREIRA; VIEIRA, 2002; MINELLI; CHAVES; SILVA, 1988a, 988b; KHOKHAR; RAZZOOG; YAMAN, 1991; PRADO JÚNIOR; PORTO NETO, 2000; PEREIRA et al., 2003; SALLES et al., 1997; SAMRA, 2004; VERONEZI et al., 1999).

Nesta pesquisa utilizou-se a metodologia de aceleração de envelhecimento proposta por Asmussen (1981). Este autor preconizou que a permanência dos corpos-de-prova em imersão em água deionizada, a uma temperatura de 60°C durante 30 dias, teria a mesma relevância que a permanência

destes corpos-de-prova a 37°C em água deionizada durante doze meses. (ASMUSSEN, 1981, 1983; IONOKOSKI et al., 1996; PEUTZFELDT; ASMUSSEN, 1990; VICHI; FERRARI; DAVIDSON, 2004). Esta metodologia exclui o manchamento extrínseco pela ausência de pigmentos, no entanto, promove o manchamento intrínseco do material testado, comprovando a natureza oxidativa da alteração de cor. (ASMUSSEN, 1983). Samra (2004), destaca que, independente da metodologia utilizada, aceleração de envelhecimento ou imersão em meios corantes, é impossível estabelecer a correlação exata entre testes *in vitro* e situações *in vivo*, pois o meio oral não pode ser reproduzido em laboratório. O mesmo autor observa que, clinicamente, os materiais restauradores nunca estão sujeitos a contato tão longo com meios corantes. Justifica-se assim a escolha da metodologia de imersão em água deionizada para esta pesquisa, pois simula condições clínicas mais próximas da realidade. Outro fator considerado neste teste é que ele promove a oxidação da amina que deveria ser totalmente consumida na conversão de monômeros em polímeros, comprovando a qualidade de polimerização do material pelos aparelhos testados neste experimento.

A metodologia proposta por Asmussen (1981) não foi suficiente para promover uma variação de cor (ΔE) estatisticamente significativa entre os grupos experimentais aqui avaliados através das variáveis fonte de luz e cor, bem como para a interação entre estas. Estes resultados podem ser observados na Tabela 2 e Gráfico 4.

Os valores de variação de cor (ΔE) foram obtidos através da leitura inicial e final dos corpos-de-prova, respectivamente, antes e depois do tratamento experimental. Estas aferições para a leitura da cor foram realizadas em espectrofotômetro e expressas através do sistema de coordenadas CIE-Lab, que

transforma a leitura de cor em números para promover uma melhor confiabilidade dos resultados. (ASMUSSEN, 1981; IONOKOSHI et al., 1996; PARAVINA; ONTIVEROS; POWERS, 2004; POWERS; DENNISON; KORAN, 1978; POWERS; FAN; RAPTIS, 1980). Uchida et al. (1998) utilizaram o espaço de cor CIE-Lab devido a proximidade deste sistema à sensibilidade visual humana e a correlação entre a distância de dois pontos, o ΔE , resultando na diferença de cor percebida.

De acordo com os resultados ilustrados no Gráfico 4, a maior variação de cor foi encontrada no grupo experimental que utilizou a resina composta Charisma (Hereaus-Kulzer) na cor A2, fotoativada com o aparelho de luz halógena. Mesmo apresentando os piores resultados, de acordo com a metodologia utilizada, o valor de ΔE de 2,255 ainda está dentro das variações clinicamente aceitáveis. A alteração de cor aceitável clinicamente situa-se em valores até $\Delta E = 3,3$ unidades (IONOKOSHI, et al., 1996). Este fato mostra a qualidade de polimerização obtida pelos aparelhos fotoativadores testados neste estudo, que, de acordo com as condições da metodologia, pôde-se observar uma correta polimerização, ou seja, conversão dos monômeros em polímeros. A causa da alteração de cor proposta pela metodologia testada é a presença da amina, que deve ser totalmente consumida na reação de conversão dos monômeros em polímeros. (ASMUSSEN, 1983; FRUITS; DUNCANSON JUNIOR; MIRANDA, 1997; IONOKOSHI et al., 1996; POWERS; DENNISON, KORAN, 1978; UCHIDA et al., 1998). De acordo com os nossos resultados, pode-se suspeitar de uma limitação na presença desta amina nos grupos experimentais, fato este justificado por uma qualidade de polimerização independente da fonte de luz e da cor da resina composta Charisma (Hereaus-Kulzer) utilizada. Concordando assim com os resultados de Lu e Powers (2004) quando observaram que uma polimerização eficiente não deveria promover

alteração de cor, e que, no entanto, todos os materiais utilizados em seu estudo apresentaram alteração de cor após aceleração de envelhecimento. Como nesta pesquisa, em que todos os grupos experimentais, Gráfico 5, apresentaram uma pequena alteração de cor não sendo considerada estatisticamente significativa.

Vichi; Ferrari e Davidson (2004) realizaram um estudo com diferentes marcas comerciais de resinas compostas. Os autores utilizaram a mesma metodologia de aceleração de envelhecimento que a desta pesquisa e observaram, como em nossos resultados, valores de ΔE clinicamente aceitáveis para a alteração de cor. No entanto, como utilizaram resinas compostas com diferentes características, estes concluíram que a distribuição e o tamanho das partículas de carga, bem como a composição da matriz orgânica, são os responsáveis pela susceptibilidade ao manchamento. Conclusão esta que não pode ser encontrada neste estudo pelo fato de apenas uma marca comercial de resina composta ter sido testada.

Mesmo que os resultados não tenham apresentado diferenças estatisticamente significantes, os valores das coordenadas do sistema CIE-Lab mostram mudanças em relação aos dados iniciais. Após a aceleração de envelhecimento, os corpos-de-prova tiveram seus valores mais negativos na coordenada a^* , ou seja, mais para o verde, e na coordenada b^* tiveram seus valores mais positivos, ou seja aproximando-se do amarelo.

A maior estabilidade de cor foi obtida com as médias para a variável dependente variação de cor (ΔE) segundo a fonte de luz com aparelho à base de LEDs, discordando dos resultados de Janda et al. (2004), os quais concluíram que a lâmpada halógena produziu emissão de luz ideal para manter a estabilidade de cor das resinas compostas.

No Gráfico 6, embora sem diferença estatisticamente significativa, observa-se que a resina composta cor SL obteve a melhor estabilidade de cor quando comparada à cor A2. Estes resultados demonstram a qualidade de polimerização tanto do aparelho à base de LEDs quanto do aparelho de lâmpada halógena para a cor SL. Como a resina composta na cor SL é mais clara, acredita-se que em sua composição estejam presentes outros tipos de fotoiniciadores como 1-phenyl-1,2 propanedione (PPD), Lucerina e Bis-Acryl-Phosphin oxide (BAPO) além da canforoquinona (CQ) que apresenta o problema de sua cor amarela, o que seria incoerente com as resinas compostas extra-claras (FRANCO; BOSQUIROLI; LOPES 2003; PARK; CHAE; RAWLS, 1999). Park; Chae e Rawls (1999) testaram o efeito sinérgico da combinação de canforoquinona (CQ) com um novo fotoiniciador: 1-phenyl-1,2-propanedione (PPD) e os resultados mostraram que o PPD e a CQ funcionam como fotoiniciadores sinérgicos produzindo maior grau de conversão e que o PPD permite reduzir os problemas associados à cor amarelada da canforoquinona. O estudo de Swift Jr. (2001) mostra limitações no uso de aparelhos à base de LEDs com relação ao comprimento de onda de fotoiniciadores com comprimentos diferentes daquele exigido pela CQ. Nesta pesquisa pôde-se observar que mesmo a resina composta Charisma (Heraeus-Kulzer) na cor SL foi polimerizada com qualidade, ou seja, a possível presença de fotoiniciadores diferentes da canforoquinona não interferiu no sucesso de sua polimerização. O aparelho à base de LEDs utilizado nesta pesquisa mostrou-se eficiente na conversão dos monômeros em polímeros, demonstrando sua capacidade de polimerização.

Para a avaliação da qualidade de polimerização testada nesta pesquisa, utilizaram-se dois testes: o de estabilidade de cor da resina composta e o

de microdureza da superfície de topo dos corpos-de-prova, com a hipótese de que os corpos-de-prova que tivessem a menor alteração de cor apresentariam a maior microdureza. Esta hipótese foi também levantada por Schulze et al., (2003) estabelecendo uma interação entre a estabilidade de cor e a microdureza. Os autores confeccionaram corpos-de-prova individuais para cada teste, diferente desta pesquisa, na qual os dois testes foram realizados no mesmo corpo-de-prova (ESTRELA, 2001). De acordo com os resultados, os autores descartaram a hipótese de quanto maior a microdureza, menor a alteração de cor, pois os mesmos concluíram que todos os materiais apresentaram um aumento nos valores de microdureza e mudanças de cor perceptíveis.

Sendo a estabilidade de cor e a microdureza dois testes realizados nesta pesquisa sob as mesmas condições, buscou-se relacionar estes dados. Para tanto, foi utilizado, como se pode observar no Gráfico 7, a correlação de Pearson. O termo correlação significa relação nos dois sentidos, descrevendo a associação entre duas variáveis, não fazendo julgamento sobre se uma é causa ou consequência da outra. Este tipo de teste estatístico é utilizado quando se deseja estudar quão consistentemente duas variáveis mudam em conjunto, e quando isto ocorre, pode-se dizer que existe uma correlação. (DORIA FILHO, 1999; VIEIRA; HOFFMANN, 1989). O coeficiente de Pearson (r), pode variar de -1 a +1 e, quanto mais próximos desses valores, mais forte a correlação das variáveis. (AYRES et al., 2000).

O diagrama de dispersão para valores das variáveis microdureza e alteração de cor, Gráfico 7, mostra que o valor de r mostrou-se negativo ($r = -0,258$), correlação negativa entre as duas variáveis, porém sem atingir significância do ponto

de vista estatístico. Ou seja, a correlação de Pearson nesta pesquisa sugere que quanto maior a microdureza dos corpos-de-prova, menor a variação total de cor.

Seria talvez pretensão afirmar a hipótese antes questionada, no entanto, os resultados mostram uma tendência para tal afirmação. Sugere-se que outras pesquisas sejam realizadas com o intuito de reforçar os achados aqui relatados.

Nossos resultados mostram o quão importante para a comunidade odontológica, em especial aos clínicos, são os estudos *in vitro*. Pois a cada pesquisa, a cada resultado diferente, concordando ou discordando de outros autores que realizaram a mesma metodologia, ou pesquisaram o mesmo material, pode-se passar informações importantes à comunidade odontológica. Através de artigos científicos, chegam aos clínicos estas informações, diminuindo os problemas relacionados aos procedimentos restauradores e, por consequência, aumentando a longevidade e a qualidade dos trabalhos odontológicos. Este é o propósito e a recompensa do pesquisador.

7 CONCLUSÕES

De acordo com a metodologia proposta e com os resultados obtidos pôde-se concluir que:

- o aparelho de lâmpada halógena promoveu os maiores valores de microdureza, independente da cor de resina composta utilizada;
- o aparelho à base de LEDs utilizado promoveu a menor alteração de cor independente da cor de resina composta utilizada, porém a diferença não teve significância estatística.
- mesmo a maior alteração de cor encontrada neste estudo está dentro dos valores aceitáveis clinicamente;
- a resina composta de cor SL , Charisma[®] , obteve os melhores resultados para microdureza e também para a alteração de cor;
- as propriedades alteração de cor e microdureza foram correlacionadas e apresentaram uma tendência a serem inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior a microdureza menor a alteração de cor do material testado.

REFERÊNCIAS

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

ASMUSSEN, E. An accelerated test for color stability of restorative resins. **Acta Odontologia Scandinava**, v.39, p.329-332, 1981.

ASMUSSEN, E. Factors affecting the color stability of restorative resins. **Acta Odontologia Scandinava**, v.41, p.11-18,1983.

AYRES, M; AYRES JR. M. BioEstat 2.0. **Aplicações Estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas**. / Manual Ayres – Belém: Sociedade Civil Mamirauá; Brasília: CNPq, 2000.

BENNET, A. B.; WATTS, W. Performance of two blue light-emitting-diode dental light curing units with distance and irradiation-time. **Dental Materials**, v. 20, n.1, p. 72-79, 2004.

BURROW, M. ; MACKINSON, O. Color change in light-cured resins exposed to day light. **Quintessence Internacional**, v. 22, n. 6, p. 447-452, 1991.

CAMPOS, E. A. et al. Influência de corantes sobre a translucidez de resinas compostas. **Revista da Faculdade de Ciências Odontológicas**, ano 2, n.2, p.67-72, 1999.

CARREIRA, A. J.; VIEIRA, D. Profundidade de polimerização e grau de pigmentação de uma resina composta. **JADA- Brasil**, v. 5, n. 1, p. 245-251, jan./fev. 2002.

COTRINA, D. L. et al. Efeito de diferentes sistemas de fotopolimerização na microdureza de uma resina composta “bleach shade”. **JBD-Revista Iberoamericana de Odontologia, estética e dentística**, v. 2, n. 8, p. 348-357, out./dez. 2003.

CHAIN, M. C.; BARATIERI, L. N. Restaurações estéticas com resina composta em dentes posteriores. **EAP-APCD**. Editora Artes Médicas Ltda. 1 edição, 1998.

CHAIN, M. C. Unidades Fotopolimerizadoras de luz visível-fotopolimerizadores. In: BARATIERI, L. N., et al. *Estética: restaurações adesivas diretas em dentes anteriores fraturados*. São Paulo: Santos, p.114-133, 1995.

CRAIG, R. G.; POWERS, M. J. *Materiais Dentários Restauradores*. Trad. Cimara Fontes Ferreira. 11 ed. São Paulo: Ed. Santos, 2004.

DELGADO, L. **Avaliação da microdureza superficial de resinas compostas extraclaras fotopolimerizadas por luz halógena e LEDs**. Descrição das características dos aparelhos fotopolimerizadores, 147f. Dissertação (Mestrado em Clínica Integrada) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2004.

DÓRIA FILHO, U. **Introdução à bioestatística**: para simples mortais. São Paulo: Negócio, 1999.

DUNN, W. J; BUSH, A. C. Uma comparação da polimerização de resinas compostas através de aparelhos com LEDs (Luz emitida por diodo) e aparelhos com luz halógena. **JADA-Brasil**, v. 5, n. 3, p. 142-148, maio/jun. 2002.

ESTRELA, C. **Metodologia Científica**: ensino e pesquisa em odontologia. São Paulo: Artes Médicas, 2001. 483f

FUJIBABAYASHI, K. et al. Newly developd curing unit using blue light-emitting diodes. **Dentistry in Japan**, v. 34, p. 49-53, mar. 1998.

FRANCO, E. B.; BOSQUIROLI, V.; LOPES, L. G. LED- Uma nova tecnologia para fotopolimerização. Avaliação com cimento Ionomérico Modificado por resina. **Jornal Brasileiro de Clínica Odontológica Integrada**, v. 7, n. 38, p. 116-118, mar./abr, 2003.

FRENTZEN, M.; FÖLL, V.; BRAUN, A. Photopolymerization of composite resin using LED technology. **Journal Oral Laser Applications**, v. 1, p. 189-194, 2001.

FRUITS, T. J.; DUNCANSON JÚNIOR, M. G.; MIRANDA, F. J. In Vitro weathering of selected direct esthetic restorative materials. **Quintessence Internacional**, v.28, n.6, p.409-414, 1997.

HANSEN, E. K.; ASMUSSEN, E. Correlation between depth cure and surface hardness of a light-actived resin. **Scandinavian Journal Dental Research**, v. 22, n. 3, p. 62-64, 1993.

IONOKOSHI, S. et al. Opacity and color Changes of Tooth-colored Restorative Materials. **Operative Dentistry**, v.21, n. 2, p.73-80, 1996.

JANDA, R. et al. Color stability of resin matrix restorative materials as a function of the method of light activation. **European Journal of Oral Sciences**, v. 112, p. 280-285, 2004.

JANDT, K. D. et al. Depth cure and compressive strength of dental composites cured with blue light emitting diodes (LEDs). **Dental Materials**, v. 16, n. 1, p. 41-47, 2000.

KURACHI, C. et al. Hardness evaluation of dental composite polymerized with experimental LED-based devices. **Dental Materials**, v. 17, n. 4, p.309-315, july. 2000.

KHOKHAR, Z. A.; RAZZOOG, M. E.; YAMAN, P. Color stability of restorative resins. **Quintessence Internacional**, v.22, n.9, p.733-737, 1991.

LEE, Y. Comparison of CIELAB ΔE^* and CIEDE2000 color-differences after polymerization and thermocycling of resin composites. **Dental Materials**, v. 21, p. 678-682, 2005.

LEE, Y. K.; POWERS, J. M. Color and optical proprieties of resin based composite for bleached teeth after polymerization and accelerated aging. **American Dental Journal**, v.14, n. 6, p.349-354, dec. 2001.

LU H.; POWERS, J. M. Color stability of resin cemets after accelerated aging. **American Journal of Dentistry**, v. 17, n. 5, p. 354-358, 2004.

MARTINS, F. et al. Microdureza de resina em função da cor e luz halógena. **Pesquisa Odontológica Brasileira**, v. 16, n. 3, p. 246-250, jul./set. 2002.

MEDEIROS, E. B.; NASCIMENTO, A. B. L. Causas e conseqüências da fotopolimerização inadequada da resina composta. **RBO- Revista Brasileira de Odontologia**, v. 59, n. 6, p. 403-405, nov./dez. 2002.

MENEZES, C. C., et al. Manchamento em resinas compostas híbridas- Ação dos Agentes Polidores. **RBO- Revista Brasileira de Odontologia**, v.56, n. 5, p.239-241, set./out. 1999.

MILLS, R.; JANDT, K. D.; ASHWORTH, S. H. Dental composite depth of cure with halogen and light emitting diode technology. **British Dental Journal**, v. 186, n. 8, p. 388-391, April. 1999.

MILLS, R. W.; UHL, A.; JANDT, K. D. Optical power output, spectra and dental composite depths of cure, obtained with blue light emitting diode (LED) and halogen light curing units (LCUs). **British Dental Journal**, v. 192, n. 8, p. 459-463, Oct. 2002.

MINELLI, C. J.; CHAVES, P. H.; SILVA, E. M. C. Alterações de cor de resinas compostas. Parte I. Influência das soluções de café, chá e vinho. **Revista Odontologia da USP**, v. 2, n. 3, p.143-147, jul./set. 1988a.

MINELLI, C. J.; CHAVES, P. H.; SILVA, E. M. C. Alterações de cor de algumas resinas restauradoras. Parte II. Superfícies lisas, rugosas e glaseadas. **Revista Odontologia da USP**, v. 2, n. 3, p. 167-171, jul./set. 1988b.

NAKFOOR, B.; et al. Effect of a Light-Emitting Diode on Composite Polymerization Shrinkage and Hardness. **Journal of Esthetic & Restorative Dentistry**, v. 17, n. 2, p. 110-116, 2005.

NOMOTO, R. Effect of light wavelength on polymerization of light-cured resins. **Dental Materials Journal**, v. 16, p. 60-73, 1997.

PARAVINA, R. D.; ONTIVEIROS, J. C.; POWERS, J. M. Curing-Dependent Changes in Color and Translucency Parameters of Composite Bleach Shades. **Journal of Oral Rehabilitation**, v. 31, n. 1, p.62, jan. 2002.

PARAVINA, R. D.; ONTIVEIROS, J. C.; POWERS, J. M. Accelerated Aging Effects on Color and translucency of Bleaching-Shade Composites. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 16, p. 117-127, 2004.

PARK, Y. J.; CHAE, K. H.; RAWLS, H. R. Development of a new photoinitiation system for dental light-cure composite resins. **Dental Materials**, v. 15, p.120-127, 1999.

PEREIRA, S. K. et al. Intensidade de luz e profundidade de polimerização de aparelhos fotopolimerizadores. **Revista da Associação Paulista de Cirurgiões Dentistas**, v. 51, n. 3, p. 257-260, maio/jun. 1997.

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

PEREIRA, S. K. et al. Avaliação da alteração de cor de resinas compostas em contato com soluções potencialmente corantes. **Publicatio UEPG – Ciências Biológicas da Saúde**, Ponta Grossa, v. 9, n. 1, p. 13-19, mar. 2003.

PEREIRA, S. K. et al. Novas fontes de polimerização. Efeito da luz halógena e LEDs na microdureza de resinas compostas. **Revista Gaúcha de odontologia**, v. 52, n. 1, p. 7-12, jan./mar. 2004.

PEUTZFELDT, A.; ASMUSSEN, E. Color stability of three composite resins used in the inlay/onlay technique. **Scandinavian Journal Dental Research**, v. 98, p.257-260, 1990.

POWERS, J. M.; DENNISON, J. B.; KORAN, A. Color Stability of restorative Resins Under Accelerated Aging. **Journal of Dental Research**, v. 57, n.11-12, p.964-970, nov/dec. 1978.

POWERS, J. M.; FAN, P. L.; RAPTIS, C. N. Color Stability of New Composite Restorative Materials Under Accelerated Aging. **Journal of Dental Research**, v. 59, n. 12, p. 2071-2074, dec. 1980.

PRADO JÚNIOR, R. R.; PORTO NETO, S. T. Estudo comparativo da estabilidade de cor de materiais estéticos: efeito de materiais e tempo. **Revista Odontológica UNESP**, v. 29, n. 1/2, p. 31-41, 2000.

PRECISE COLOR COMMUNICATION Color control from perception to instrumentation Minolta (manual), 2000?, 57p.

PRICE, R. B.; FELIX, C. A.; ANDREOU, P. Evaluation of a second-generation LED curing light. **Journal of the Canadian Dental Association**., v. 69, n. 10, p. 666, Nov, 2003.

PRICE, R. B. T.; EHRNFORD, L.; ANDREOU, O.; FELIX, C. A. Comparasion of quartz-tunsten-halogen, light-emitting diode, and plasma arc curing lights. **The Journal of Adhesive Dentistry**, v. 5, n. 3, p. 193-207, 2003.

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

RUEGGEBERG, F. A.; BLALOCK, J. S.; CALLAN, R. S. LED Curing lights – What's new? **Compendium**, v.26, n. 8, p. 596-591, 2005.

SALLES, C. L. F. et al. Influence of the polymerization process on microfill composite resin. **Journal of dental Research**, n.76, p.73, 1997. (IADR abstracts).

SAMRA, A. P. B. **Avaliação espectrofotométrica da estabilidade de cor materiais restauradores estéticos**. 2004 147f. Dissertação (Mestrado em Clínica Integrada) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2004.

SANTOS, M. J. M.; SOUZA Jr. M. H. S.; MONDELLI, R. F. L. Novos Conceitos relacionados à fotopolimerização das resinas Compostas. **Jornal Brasileiro de Dentística & Estética**, v. 1, n. 1, p. 14-21, jan./mar. 2002.

SILVA, E. V.; ARAÚJO, P. A.; FRANCISCONI, P. A. S. Adaptação marginal e dureza de métodos de fotoativação: avaliação da adaptação com moldes de elastômeros. **Revista FOB**, v. 10, n. 1, p. 7-16, jan./mar. 2002.

SHULZE, K. A; et al. Color stability and hardness in dental composite after accelerated aging. **Dental Materials**, v. 19, n. 7, p. 612-619, nov. 2003.

SWIFT Jr, E. J. Visible light-Curing. **Journal of Esthetic and Restorative Dentistry**, v. 13, n. 1, p. 16-17, 2001.

TSAI, P. C. L.; MEYERS, I. A.; WALSH, L.J. Depth o cure and surface microhardness of composite resin cured with blue LED curing lights. **Dental Materials**, v. 20, n. 4, p. 364-369, 2004.

UHL, A. et al. The influence of storage and indenter load on the Knoop hardness of dental composites polymerized with LED and halogen technologies. **Dental Materials**, v. 20, p. 21-28, 2004.

UHL, A.; SIGUSCH B. W.; JANDT K. D. Second generation LEDs for the polymerization of oral biomaterials. **Dental Materials**, v. 20, p. 80-87, 2004.

UCHIDA, H. et al. Color stability of dental composite as a function of shade. **The Journal of Prosthetic Dentistry**, v.79, n. 4, p. 372-377, 1998.

VERONEZI, M. C. et al. The influence of the quality of the light-curing units on composite resin staining. **Journal Dental Research**, n.78, p. 396, 1999. (IADR, abstracts)

VIERA, S.; HOFFMANN, R. **Estatística experimental**. São Paulo: Atlas, 1989.

VICHI, A.; FERRARI, M.; DAVIDSON, C. L. Color and opacity variations in three different resin-based composite products after water aging. **Dental Materials**, v. 20, n. 6, p. 530-534, jul. 2004.

VINHA, D.; COELHO, M. T.; CAMPOS, G. M. Eficácia de alguns aparelhos geradores de luz visível na polimerização de resinas compostas. **Revista Brasileira de Odontologia**, v. 47, n. 4, p. 10-14, 1990.

WANG, L. et al. Mechanical properties of dental restorative materials: relative contribution of laboratory test. **Journal of Applied Oral Science**, v. 11, n. 3, p. 162-167, 2003.

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

YAP, A. U. J.; SENEVIRATNE, C. influence of light energy density on effectiveness of composite cure. **Operative Dentistry**, v. 26, n. 5, p. 460-466, Sept./Oct. 2001.

APÊNDICE A

Valores da coordenadas L^* , a^* , b^* avaliação inicial

Tabela 6- Espectrofotometria Inicial

Grupo	Corpo-de-prova	Continua		
		L*	a*	b*
1	1	68,4702	- 0,4121	4,9605
1	2	70,2198	- 0,3887	4,3865
1	3	68,0543	- 0,4923	4,3353
1	4	67,6676	- 0,5202	4,1020
1	5	67,3602	- 0,6711	4,7808
1	6	66,8958	- 0,5630	4,6981
1	7	65,4586	- 0,4562	4,7840
1	8	68,0212	- 0,3253	5,3085
1	9	68,9486	- 0,0950	5,8255
1	10	66,7137	- 0,4696	4,7493
1	11	68,1758	- 0,3513	4,9356
1	12	67,1741	- 0,5872	4,5213
1	13	67,8661	- 0,5647	4,5883
1	14	67,2448	- 0,7723	3,8065
1	15	67,9467	- 0,6157	3,9613
2	16	75,7989	- 1,8864	2,7884
2	17	75,2281	- 1,9865	3,7604
2	18	75,1946	- 1,9700	3,5624
2	19	75,5778	- 1,9432	3,6891
2	20	74,6211	- 1,9308	2,9798
2	21	74,6627	- 1,8492	2,9928
2	22	76,1091	- 1,9667	4,0929
2	23	75,5378	- 1,9168	3,6777
2	24	76,0402	- 1,9743	4,4285
2	25	75,7007	- 1,9440	3,6761
2	26	76,1570	- 1,8118	4,0083
2	27	76,0827	- 1,9040	3,9336
2	28	73,3593	- 1,9758	2,5506
2	29	75,7835	- 2,0076	3,9714
2	30	74,9430	- 2,0563	3,2610
3	31	66,9090	- 0,6758	4,7453
3	32	68,0921	- 0,3228	5,3847
3	33	68,1860	- 0,5050	5,0696
3	34	68,6829	- 0,3009	4,5479
3	35	67,6456	- 0,5972	4,2033
3	36	69,1796	- 0,0286	5,5338
3	37	69,2331	- 0,3067	4,8653
3	38	68,2616	- 0,3614	5,4880
3	39	67,8563	- 0,5692	4,8453
3	40	66,8675	- 0,6648	4,3999
3	41	68,6138	- 0,3719	5,0183
3	42	68,0498	- 0,1497	3,7301
3	43	66,3283	- 0,5350	2,8503
3	44	66,6110	- 0,5727	2,9786
3	45	66,4701	- 0,5376	3,6261
4	46	75,3935	- 1,8577	3,8033
4	47	75,5762	- 1,8108	3,6345
4	48	73,6075	- 1,7392	3,9369
4	49	72,5885	- 1,9041	4,0031
4	50	73,1199	- 1,7470	3,9713
4	51	75,3195	- 1,9048	3,9537
4	52	76,2215	- 1,9939	4,4630
4	53	76,2795	- 2,0534	4,5973

Tabela 6- Espectrofotometria Inicial

Grupo	Corpo-de-prova	L*	a*	Conclusão
				b*
4	54	75,7666	- 1,8665	3,8841
4	55	75,9896	- 1,9113	3,9851
4	56	75,7429	- 1,9320	4,4766
4	57	75,8679	- 2,1004	4,8353
4	58	75,9264	- 1,9888	4,4360
4	59	75,3207	- 2,1934	3,3882
4	60	75,0684	- 2,2460	3,9959

APENDICE B

Valores da coordenadas L^* , a^* , b^* avaliação final

Tabela 7- Espectrofotometria final

				Continua
Grupo	Corpo-de-prova	L*	a*	b*
1	1	67,3175	-0,8105	6,3522
1	2	66,3318	-0,8115	5,8734
1	3	68,8347	-0,3857	6,1825
1	4	67,4569	-0,7321	5,2549
1	5	67,6471	-0,8282	5,6104
1	6	70,3118	-0,5848	5,2049
1	7	70,0535	-0,7168	5,4615
1	8	70,5965	-0,7677	4,9610
1	9	69,0320	-0,4984	7,3448
1	10	68,2900	-1,0121	6,8899
1	11	67,4412	-0,5861	5,3165
1	12	67,1250	-0,8894	5,3302
1	13	68,0326	-0,7439	6,4077
1	14	68,1180	-1,0546	5,5563
1	15	68,3495	-1,1752	7,0258
2	16	75,7097	-2,2655	4,8072
2	17	75,6321	-2,2064	4,3251
2	18	75,8995	-2,0798	4,6232
2	19	74,9350	-2,0264	3,8242
2	20	77,3332	-1,9631	3,1916
2	21	74,4478	-2,0448	4,2997
2	22	75,5799	-2,1818	4,9062
2	23	76,5991	-1,9760	3,6346
2	24	78,5437	-2,1411	3,4799
2	25	75,5408	-2,2605	4,3107
2	26	75,6823	-2,2965	4,8338
2	27	76,2438	-2,2906	5,1817
2	28	74,7532	-2,1380	4,4763
2	29	76,1047	-2,2624	5,5749
2	30	76,5843	-2,0470	4,3582
3	31	68,7048	-0,4812	6,1051
3	32	69,2283	-0,4333	6,4247
3	33	67,4079	-0,1479	6,3995
3	34	68,9592	-0,3345	6,2077
3	35	69,2604	-0,4333	6,3788
3	36	69,8776	-0,1335	6,7418
3	37	70,1140	-0,4693	5,7550
3	38	69,1311	-0,5782	6,9781
3	39	69,4546	-0,5663	6,6268
3	40	69,2321	-0,5327	6,6669
3	41	69,0509	-0,2669	6,1760
3	42	67,4169	-0,5794	5,3287
3	43	66,8481	-0,7196	4,9915
3	44	66,7038	-0,4507	3,7277
3	45	68,9169	-0,1950	3,7846
4	46	76,2189	-1,9029	4,2936
4	47	75,8443	-2,0527	4,3052
4	48	75,9573	-2,1022	4,8983
4	49	77,2946	-1,9087	5,2192
4	50	76,8234	-1,9410	4,7928
4	51	75,7536	-1,9738	4,5600
4	52	76,1234	-1,9739	4,8085
4	53	77,1468	-1,9082	4,8122

Tabela 7- Espectrofotometria final

Grupo	Corpo-de-prova	L*	a*	Conclusão
				b*
4	54	76,2366	-1,8483	4,5314
4	55	77,1418	-1,7932	5,1306
4	56	76,0708	-1,9208	4,8116
4	57	76,7871	-1,9585	5,3931
4	58	76,7167	-1,7988	4,8086
4	59	76,9373	-1,8498	5,0161
4	60	77,8409	-1,8016	4,7610

APENDICE C

Valores da variação total da cor ΔE

Tabela 8- valores da variação total de cor
Continua

	ΔE
1	1,8505
2	4,1840
3	2,0081
4	1,1910
5	0,8918
6	3,4535
7	4,6519
8	2,6360
9	1,5742
10	2,7132
11	0,8601
12	0,8649
13	1,8358
14	1,9758
15	3,1411
16	2,0560
17	0,7283
18	1,2784
19	0,6621
20	2,7205
21	1,3388
22	0,9939
23	1,0638
24	2,6824
25	0,7270
26	1,0685
27	1,3165
28	2,3828
29	1,6551
30	1,9743
31	2,2609
32	1,5443
33	1,5816
34	1,6830
35	2,7143
36	1,3991
37	1,2625
38	1,7388
39	2,3934
40	3,2784
41	1,2419
42	1,7722
43	2,2111
44	0,7646
45	2,4757
46	0,9611
47	0,7617
48	2,5647
49	4,8607
50	3,7985
51	0,7489
52	0,3597
53	0,9052
54	0,8001
55	1,6290

Tabela 8- valores da variação total de cor
Conclusão

Corpo-de-prova	ΔE
56	0,4689
57	1,0845
58	0,8942
59	2,3198
60	2,9103

APENDICE D

Valores da Microdureza Vickers

Tabela 9- Valores da microdureza Vickers

Grupo	Corpo-de-prova experimental	corpo-de-prova	1	2	3	4	5	6	7	8	Média
1	8	1	24,9	36,5	27,8	30,0	39,8	25,1	34,0	38,2	32,0
1	3	2	48,5	42,8	20,6	28,0	35,5	34,5	27,8	35,5	34,2
1	1	3	33,1	18,3	23,8	35,1	30,0	24,5	33,6	55,4	31,7
1	10	4	44,7	38,2	27,6	35,9	33,7	36,9	24,3	33,9	34,4
1	7	5	25,8	26,5	38,9	31,0	36,4	32,1	32,1	32,0	31,9
1	4	6	38,8	32,8	45,8	35,0	31,6	23,3	28,7	30,3	33,3
1	15	7	39,4	34,9	36,7	33,8	44,6	41,6	62,3	56,7	44,3
1	5	8	35,4	32,9	33,0	41,6	43,6	30,9	40,6	41,3	37,4
1	13	9	40,2	43,5	37,0	37,2	38,6	33,5	53,3	65,0	43,5
1	14	10	41,5	65,6	46,0	33,9	63,5	31,9	39,3	38,4	45,0
2	22	11	35,6	40,2	34,9	32,0	29,5	32,5	41,6	36,4	39,1
2	30	12	54,7	40,3	38,1	37,8	44,6	41,0	50,4	66,3	46,7
2	21	13	42,2	45,8	55,7	33,3	33,7	45,2	55,7	75,5	48,4
2	25	14	31,0	48,5	43,1	54,4	50,2	47,8	42,1	41,8	44,9
2	28	15	38,8	33,9	39,6	61,3	51,2	58,0	47,1	53,9	48,0
2	23	16	38,3	56,1	41,1	38,9	49,3	52,1	44,3	55,7	47,0
2	18	17	41,1	45,6	46,3	41,1	51,4	44,3	48,1	56,6	46,8
2	27	18	36,9	43,9	56,7	53,5	54,0	63,2	57,1	49,7	51,9
2	26	19	38,9	52,8	63,9	46,4	48,7	49,0	53,7	51,6	50,7
2	16	20	78,3	57,4	61,4	44,1	51,9	45,3	48,8	35,5	52,8
3	45	21	41,0	35,2	38,1	30,6	37,2	28,0	33,3	30,1	34,2
3	44	22	34,0	35,0	40,6	28,3	35,3	26,2	48,6	29,6	34,7
3	37	23	26,1	30,6	45,6	37,7	43,8	43,3	35,1	37,2	37,4
3	31	24	25,3	30,7	25,0	38,1	34,3	46,9	46,0	45,7	36,5
3	32	25	45,6	33,3	31,4	35,6	35,5	33,0	32,9	57,4	38,1
3	41	26	40,7	39,8	50,7	57,8	57,8	34,7	30,0	32,5	43,0
3	34	27	35,5	32,5	31,6	35,0	33,4	29,9	37,4	28,5	32,9
3	38	28	24,4	24,6	28,0	36,6	35,9	35,2	47,6	36,8	33,6
3	33	29	39,4	31,8	37,7	39,3	40,2	31,9	33,6	31,7	35,1
3	35	30	36,4	36,7	33,1	36,4	39,5	41,7	33,9	31,5	36,3
4	49	31	28,5	32,2	34,7	33,8	33,8	28,1	30,2	25,0	30,8
4	47	32	33,6	40,9	37,5	42,4	40,1	38,5	38,2	40,8	39,0
4	58	33	24,6	25,5	35,5	46,9	35,8	33,4	34,8	37,4	34,2
4	55	34	30,5	28,0	33,4	33,5	35,3	30,2	40,0	34,1	33,1
4	59	35	34,9	31,9	43,1	35,5	40,9	43,3	36,2	25,8	36,5
4	48	36	39,1	36,9	32,2	42,2	42,6	34,3	39,1	43,1	38,7
4	53	37	29,0	44,6	36,5	30,5	33,9	44,3	28,2	36,7	35,5
4	57	38	28,6	30,7	32,7	34,1	33,0	34,2	50,3	35,3	34,9
4	50	39	35,5	32,0	33,8	40,6	33,5	41,2	34,5	32,4	35,4
4	52	40	29,2	34,0	36,7	36,3	34,7	46,7	37,1	34,3	36,1