

Alessandra Rezende Peris

Cirurgiã-Dentista

**Avaliação da microdureza de resinas
compostas submetidas a quatro técnicas de
fotoativação**

Dissertação apresentada à
Faculdade de Odontologia de
Piracicaba, da Universidade
Estadual de Campinas, para
obtenção do Título de Mestre em
Clínica Odontológica, Área de
Dentística.

Piracicaba
2003

Alessandra Rezende Peris

Cirurgiã-Dentista

**Avaliação da microdureza de resinas
compostas submetidas a quatro técnicas
fotoativação**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba,
da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do Título de
Mestre em Clínica Odontológica, Área de Dentística.

Orientador: PROF. DR. LUIZ ANDRÉ FREIRE PIMENTA

Banca examinadora:

PROF^ª. DR^ª. MARIA FIDELA DE LIMA NAVARRO

PROF. DR. LOURENÇO CORRER SOBRINHO

PROF. DR. LUIZ ANDRÉ FREIRE PIMENTA

Suplente:

PROF^ª DR^ª GISELLE MARIA MARCHI BARON

Piracicaba
2003

Dedico este trabalho

À Deus,

"Você se fez presente em todos os momentos, firmes ou trêmulos. E, passo a passo, pude sentir a Sua mão na minha, transmitindo-me segurança necessária para enfrentar o meu caminho e seguir... A Tua presença é qualquer coisa como a luz e a vida, eu sinto que, em meu gesto, existe o teu gesto e em minha voz a Tua voz."

(Vinícius de Moraes)

Dedico este trabalho

Aos meus pais, *Marcos e Maria das Dores,*

"De vocês recebi o dom da vida. Só por ela me sentiria infinitamente grata, mas vocês me presentearam com mais; revestiram-me de carinho, amor e dedicação. Com sua simplicidade e humildade me ensinaram a ser uma adulta com responsabilidade, dedicação e acima de tudo humilde em minhas atitudes".

Trabalharam para que meus sonhos pudessem ser realizados, sacrificando os seus sonhos em favor dos meus; sempre se mostraram fortes e prontificados a me estimular nos momentos de fraqueza e insegurança. Compartilho com vocês os méritos desta conquista, porque ela nos pertence.

OBRIGADA, EU AMO VOCÊS".

Dedico este trabalho

À minha irmã ***Leia,***

“Que e meu exemplo de força e de humildade. Nada te desanima. Sempre supera suas dificuldades com honestidade e simplicidade. Com o seu jeitinho meigo e prestativa sempre me demonstrou amor e apoio. Te admiro muito e te amo”.

Ao meu irmão ***Marcos Túlio*** (*in memoriam*)

“Por mais que o tempo e a distância insistam em me fazer esquecer-te, você sempre estará presente em meu coração, em minha memória e em todos as conquistas da minha vida”.

Ao meu amor ***Fabio,***

“Sem você tudo seria mais difícil. Você é um anjo, um presente que Deus me deu. Sempre amoroso e disposto a estar ao meu lado em todos os momentos. Você é meu suporte, meu amor...o meu tudo. Procurei palavras, as quais gostaria que seu coração ouvisse do meu: TE AMO”.

“Quanto mais se conhece mais se ama”.

Leonardo da Vinci

Agradecimentos especiais

Ao meu Orientador ***Prof. Dr. Luiz André Freire Pimenta***

“Obrigada por ter me formado mestre. Seus ensinamentos e sua orientação me fizeram ser uma profissional mais crítica e cautelosa. Como você mesmo diz: “...não basta ser somente orientador, tem que participar.” Você realmente se mostrou um orientador e amigo, sempre disposto a me ajudar”.

Ao meu amigo e ex-Orientador ***Prof. Dr. Sillas Luiz Lordelo Duarte Jr.***

“Foi com você que comecei essa minha caminhada. Sem o seu incentivo e confiança nada disso hoje seria possível. Além de professor e ex-orientador, você se mostrou um grande amigo e um exemplo a seguir. Obrigada por tudo que fez por mim”.

“O mais importante não é saber; é nunca perder a capacidade de aprender”.

Leonardo Boff

Agradecimentos

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, nas pessoas do seu diretor ***Prof. Dr. Thales Rocha de Mattos Filho*** e do Diretor Associado ***Prof. Dr. Oslei Paes de Almeida***, pela oportunidade da realização deste trabalho.

Ao ***Prof. Dr. Lourenço Correr Sobrinho***, coordenador geral do curso de pós-graduação e à ***Profª Drª Brenda Paula Figueiredo de Almeida***

Gomes, Coordenadora do Curso de Pós-Graduação em Clínica Odontológica, pela atenção prestada.

Aos professores que participaram da minha banca de qualificação, *Prof^a. Dr^a. Giselle Maria Marchi Baron, Prof. Dr. Luis Alexandre Maffei Sartini Paulillo e Prof. Dr. Simonides Consani*, pelas sugestões que só vieram a enriquecer meu trabalho.

Aos *Professores* da Área de Dentística, que contribuíram com o aprimoramento de meus conhecimentos.

À *Profª. Drª. Giselle Maria Marchi Baron*, que com sua meiguice e exemplo de pessoa sempre se mostrou amiga para qualquer momento.

À *FAPESP* (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), pelas Bolsas de Estudo e Auxílio à pesquisa concedidas, as quais me permitiram realizar este e outros trabalhos com grande suporte financeiro.

A todos *Funcionários* desta faculdade, que de uma forma possibilitaram a realização do meu mestrado.

Aos *Professores, Funcionários e Amigos* da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, agradeço pelo incentivo e formação que me possibilitaram esta vitória. Em especial, agradeço a *Profa. Dra. Eleny* e todos *Professores da Dentística*.

À *Paula "Crazy"*, pela sua disponibilidade e alegria constantes. Também se mostrou uma pessoa competente e amiga, procurando sempre nos ajudar.

À minha família de Piracicaba, *Larissa e Mirela*. Em vocês encontrei carinho, amizade e colo. Cada uma me ensinou a ser uma pessoa um pouco melhor. Hoje, em mim, existe um pouquinho de cada uma de vocês. *Lá* - alegre, sincera e espontânea... *Mi* - meiga, delicada, de grande coração e sempre companheira.

À *Ciça*, meiga, delicada, mas forte e guerreira. Com seu Jeitinho especial conquista a todos e nos mostra a maravilhosa pessoa que é.

À *Carol*, que se mostrou uma amiga a qualquer momento. Admiro muito seu caráter, competência e honestidade. Preta, você é uma amiga que esta na lista de pessoas que tenho como referência.

À *Denise*, "ei" você é muito especial para mim. Sua alegria e energia são contagiantes.

À *Vanessa Ruiva*, que esteve sempre disposta a ajudar. Com você, ex-companheira de casa, pude dividir bons momentos no meu primeiro ano de mestrado.

À *Grace*, que aos poucos foi tornando uma grande amiga. Obrigada por ter se preocupado comigo nos finais de semana que fiquei sozinha.

À *Ana Karina*, exemplo de profissional e pessoa. Quando eu crescer eu quero ser igual a você.

À *Cristiane Mariote*, obrigada pelas várias horas que trabalhamos juntas, trocando idéias e discutindo trabalhos. Você foi muito importante para o meu crescimento.

Aos meus companheiros da minha segunda casa, *Léo, Rogério e Carlos*, obrigada pelos ótimos almoços e jantares que tivemos juntos.

À meus amigos da Dentística, *Fabinho, Mirela, Larissa, Carol, Vanessa Ruiva, Ciça, Patty, Rogério, Grace, Denise, Érica, Vanessa, Teca, André, César, Caio, Vanessa, Ricardinho, Celso, Ana, Guto, Cris, Alex, Flávio, Cláudia e Carlos*, obrigada pelos bons momentos que tivemos.

Aos meus amigos de Graduação, *Perninha, Olívia e Matsuzaki*, que me acompanharam no início do caminho desta conquista.

À minha grande amiga e irmã "adotiva" *Amália*, que a nossa amizade nunca se enfraqueça. Obrigada por me suportar por 3 anos como companheira de casa. Gosto muito de você.

! "Quando você realmente deseja alguma coisa, todo o mundo conspira a seu favor".
Goeth

RESUMO	1
ABSTRACT	3
1. INTRODUÇÃO	5
2. REVISÃO DA LITERATURA	9
2.1. ASPECTOS RELACIONADOS À POLIMERIZAÇÃO DAS RESINAS COMPOSTAS.....	9
2.2. TÉCNICAS DE FOTOATIVACÃO.....	26
3. PROPOSIÇÃO	51
4. MATERIAIS E MÉTODOS	53

4.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	53
4.2 MATERIAIS RESTAURADORES E TÉCNICAS DE FOTOATIVAÇÃO UTILIZADAS.....	53
4.3 DETERMINAÇÃO DOS VALORES DE INTENSIDADE DE LUZ DOS APARELHOS FOTOATIVADORES.....	56
4.4. DIVISÃO DOS GRUPOS.....	58
4.5. CONFECÇÃO DOS CORPOS-DE-PROVA.....	60
4.6. OBTENÇÃO DAS MEDIDAS DE DUREZA.....	63
4.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	68
5. RESULTADOS.....	71
6. DISCUSSÃO.....	81
7. CONCLUSÕES.....	97
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
9. ANEXOS.....	107

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência das técnicas de fotoativação - Convencional (CONV), *Soft-start* (SS), Pulso atrasado (PA) e Turbo com arco de plasma de Xenônio (APX) - na microdureza Knoop de duas resinas compostas. Para a confecção dos corpos-de-prova foram utilizadas as resinas compostas microhíbrida Filtek Z250 (3M ESPE) e de alta viscosidade, Surefil (Dentsply), inseridas em incremento único em matrizes cilíndricas de acrílico com alturas de 2, 4 e 6 mm. Obteve-se 24 grupos experimentais, com 10 amostras cada. Os corpos-de-prova foram fotoativados com as seguintes técnicas: CONV - 839 mW/cm² por 40 segundos; SS - 65 mW/cm² por 10 segundos + 500 mW/cm² por 30 segundos; PA - 262 mW/cm² por 3 segundos + 5 minutos de espera + 500 mW/cm² por 30 segundos e APX - 1485 mW/cm² por 3 segundos_{Filtek Z250} e 6 segundos_{Surefil}. Vinte e quatro horas após a fotoativação foi realizado o teste de microdureza Knoop nas superfícies de base e topo de cada corpo-de-prova. As médias de dureza de cada grupo foram submetidas à Análise de Variância (ANOVA) em esquema de parcelas sub-divididas e ao teste de Tukey ($p < 0,05$), que demonstraram diferença estatística significativa entre as técnicas de fotoativação. A técnica CONV proporcionou a maior dureza quando comparada às demais, independente das resinas compostas utilizadas, das alturas e das superfícies avaliadas. Contrariamente, a técnica APX, por sua vez, apresentou os menores valores de dureza. Quando as duas resinas compostas foram comparadas, observou-se que a microhíbrida apresentou dureza significativamente

maior. Notou-se, também, que as médias de dureza reduziram significativamente a medida em que a altura dos corpos-de-prova aumentava. Logo, foi possível concluir que: 1) a técnica convencional mostrou-se mais eficiente na polimerização das resinas compostas avaliadas; 2) não se deve utilizar incrementos acima de 2mm para não comprometer a profundidade de polimerização.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the influence of light curing techniques - conventional (CONV), Soft-Start (SS), Pulse delay (PD) and turbo with xenon plasma arc (APX) in the Knoop microhardness of two composite resins. Twenty-four experimental groups with ten samples each were used in this study. Specimens were prepared using Filtek Z250 composite resin (3M ESPE) and Surefil high viscosity composite resin (Dentsply). The resins were placed in a bulk increment in 2, 4 and 6mm thick acrylic cylindrical molds, and then polymerized with the following techniques: CONV - 839 mW/cm² for 40 seconds; SS - 65 mW/cm² for 10 seconds + 500 mW/cm² for 30 seconds; PA - 262 mW/cm² for 3 seconds + 5 minutes delay + 500 mW/cm² for 30 seconds, and APX - 1485 mW/cm² for 3 seconds_{Filtek Z250} and 6 seconds_{Surefil}. Knoop microhardness test was performed on the top and bottom surfaces of each sample, 24 hours after light curing. The mean results of Knoop hardness were statistically analyzed by ANOVA with split plot, and Tukey test (p<0.05). These tests showed statistical significant differences among all light curing techniques. The CONV technique presented the highest hardness values, despite the resin, the thickness, and the surfaces evaluated. On the other hand, the APX technique presented the lowest hardness values. In a comparison between the two composite resins evaluated in this study, it was observed that the microhybrid resin presented higher hardness values when compared with the high viscosity resin. It could be also observed that the mean results of Knoop hardness decreased as the thickness of the specimens increased. Therefore, it was possible

to conclude that the conventional light curing technique was the most efficient in the polymerization of the composite resins evaluated. However, increments higher than 2mm should not be indicated in order to prevent incomplete polymerization of the composites.

1. INTRODUÇÃO

O processo de polimerização das resinas compostas evoluiu desde a reação química passando pela ativação por luz ultravioleta (BASSIOUNY & GRANT, 1980) até o sistema de fotoativação pela luz visível (RUYTER & OYSAED, 1982). As resinas compostas fotoativadas pela luz visível possuem, atualmente, um espaço significativo dentro do mercado odontológico. Elas apresentam vantagens como: maior e melhor tempo de trabalho, o qual é controlado pelo profissional; fácil manipulação e inserção na cavidade; maior grau de polimerização, melhor estética, além de apresentarem maior dureza quando comparadas aos sistemas de polimerização química (ASMUSSEN, 1982). Entretanto, as resinas compostas apresentam uma desvantagem inerente que é a contração que ocorre durante a polimerização (SAKAGUCHI *et al.*, 1992; MEHL *et al.*, 1997; YAP *et al.*, 2001).

Algumas técnicas de fotoativação têm sido propostas para diminuir as tensões geradas durante a contração de polimerização das resinas compostas, como a técnica *soft-start* (UNO & ASMUSSEN, 1991; MEHL *et al.*, 1997; SAHAFI *et al.*, 2001b; YAP *et al.*, 2001; YAP *et al.*, 2002a) e a de pulso atrasado (LUO *et al.*, 2002; YAP *et al.*, 2002a). A fotoativação *soft-start* compreende uma fotoativação inicial com baixa intensidade de luz por um período de tempo curto, seguido pela fotoativação final com alta intensidade (UNO & ASMUSSEN, 1991; YAP *et al.*, 2002ab). A técnica de pulso atrasado consiste na fotoativação inicial com baixa intensidade, também por um período de tempo curto, seguido por um período de

espera no qual o acabamento superficial pode ser feito, e finalização da fotoativação com alta intensidade de luz (YAP & SENEVIRATNE, 2001; YAP *et al.*, 2002ab).

Através da diminuição da intensidade de luz, um aumento no tempo de polimerização das resinas compostas pode ser alcançado (FEILZER *et al.*, 1995). Essa lenta reação de polimerização influencia as características de escoamento do material e pode ser útil para modular a tensão de contração e melhorar a adaptação marginal das restaurações (UNO & ASMUSSEN, 1991; FEILZER *et al.*, 1995; UNTERBRINK & MUESSNER, 1995; MEHL *et al.*, 1997). Entretanto, este procedimento também pode causar redução nas propriedades do material como dureza (PIRES *et al.*, 1993) e resistência à flexão (UNTERBRINK & MUESSNER, 1995).

Por outro lado, algumas técnicas preconizam a fotoativação com alta intensidade de luz, como a técnica turbo, com arco de plasma de Xenônio, que polimeriza a resina composta em poucos segundos (BRACKETT *et al.*, 2000; PARK *et al.*, 2002). Finalmente, a técnica convencional, atua com uma fotoativação contínua e intensidade de luz alta, porém menor que a turbo, por um período de tempo relativamente alto (PARK *et al.*, 2002).

Os aparelhos fotoativadores com arco de plasma de Xenônio, com alta intensidade de luz, foram introduzidos com o objetivo de diminuir o tempo de fotoativação das resinas compostas em até 75% (BRACKETT *et al.*, 2000; PARK *et al.*, 2002). Entretanto, as técnicas turbo (BRACKETT *et al.*, 2000) e convencional

(YOSHIKAWA *et al.*, 2001; LUO *et al.*, 2002), podem induzir maior tensão de contração de polimerização, com conseqüente falha da restauração, devido a rápida polimerização (conversão de monômero em polímeros), não permitindo o relaxamento da tensão de contração através do escoamento do material restaurador.

Alguns fatores são importantes para uma eficiente fotoativação das resinas compostas fotossensíveis, como: intensidade de luz, comprimento de onda (BLANKENAU *et al.*, 1983; YEARN, 1985) e tempo de exposição (YEARN, 1985; GHENG & GARONE NETO, 1988). Se quaisquer destas variáveis forem inadequadas, o material será polimerizado apenas parcialmente (YEARN, 1985). Uma polimerização inadequada favorece a sorção de água acarretando efeitos danosos sobre as propriedades finais da restauração como cor, dureza e durabilidade (FERRACANE, 1985; YEARN, 1985; PEARSON & LONGMAN, 1989). É válido salientar que a intensidade de luz emitida pelos aparelhos fotoativadores pode ser significativamente reduzida por uma série de fatores como: degradação do bulbo da lâmpada e manchamento dos filtros, resíduos de compósito resino e fraturas na ponta fotoativadora (PIRES *et al.*, 1983; BAYNE *et al.*, 1994; MARTIN, 1998).

Alguns métodos diretos e indiretos têm sido propostos para verificar a eficiência de polimerização das resinas compostas. Os métodos diretos são aqueles que medem o grau de conversão, como espectroscopia de laser Raman (YEARN, 1985) e espectroscopia infravermelha (ASMUSSEN, 1982). Entretanto, são

complexos, caros e consomem muito tempo para sua execução (RUEGGERBERG & CRAIG, 1988). Os métodos indiretos incluem o teste de raspagem com espátula e o teste de microdureza (YEARN, 1985). Dentre estes métodos, o de microdureza apresenta as vantagens de ser relativamente simples e de ter boa correlação com método de grau de conversão de espectroscopia infravermelha (ASMUSSEN, 1982; FERRACANE, 1985; YEARN, 1985; RUEGGERBERG & CRAIG, 1988; YAP, 2002b).

Dessa maneira, frente às diferentes propostas de técnicas de fotoativação, o presente estudo teve como objetivo comparar a capacidade de polimerização, através do teste de microdureza Knoop, das técnicas convencional, *soft-start*, de pulso atrasado e turbo, com arco de plasma de Xenônio, que possuem intensidades e tempos de fotoativação diferentes, para duas resinas compostas. Também se verificou a profundidade de polimerização dessas técnicas frente às diferentes espessuras de incremento de resina composta.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Aspectos relacionados à polimerização das resinas compostas

BASSIONY & GRANT, em 1980, avaliaram as propriedades físicas de dureza, resistência à compressão, resistência à tração diametral e resistência à flexão, de duas resinas compostas, sendo uma fotoativada por luz ultravioleta e outra de polimerização química. Os resultados mostraram que as médias de dureza encontradas na superfície das resinas compostas fotoativadas foram significativamente menores que as resinas compostas de sistema pasta-pasta, porém esta situação foi invertida num período de uma semana. Entretanto, a resina composta com polimerização química apresentou-se com maior resistência à compressão; para ambos materiais, a resistência à tração diametral e resistência à flexão foram similares.

ASMUSSEN, em 1982, avaliou a microdureza, resistência à tração diametral e quantidade de remanescentes de dupla ligação em resinas compostas experimentais, sendo três quimicamente ativadas, uma ativada por luz visível e outra ativada por luz ultravioleta. Os autores também verificaram a influência de certos componentes presentes nos materiais, como inibidores, iniciadores, aceleradores e monômeros resinosos nos testes realizados. Foram observados maiores valores de microdureza nas resinas compostas com maiores quantidades de inibidores e menores valores em resinas compostas quimicamente ativadas com maior conteúdo de peróxido de Benzoila. A alteração no conteúdo de aminas

não afetou os valores de microdureza para as resinas compostas quimicamente ativadas. A microdureza e a resistência à tração diametral mostraram uma boa correlação com o remanescente de duplas ligações. Comparando-se a microdureza entre as resinas compostas avaliadas, verificou-se maior valor para as resinas compostas ativadas por luz, em relação às quimicamente ativadas. O autor observou, também, que o grau de conversão aumenta conforme o aumento da quantidade de TEGDMA presente na matriz resinosa.

Em 1982, RUYTER & OYSAED realizaram um estudo comparativo entre materiais fotoativados por luz visível, ultravioleta e quimicamente ativados; também foi verificada a influência do tempo de exposição no processo de polimerização das resinas compostas fotoativadas. Os autores observaram que a reação de polimerização das resinas compostas quimicamente ativadas ocorria em toda a massa do material, independente de sua espessura; já nos materiais fotoativados, a polimerização ocorria somente onde a luz alcançava, sendo necessária a colocação de incrementos em pequenas quantidades para se obter uma polimerização adequada, pois os materiais que não eram corretamente polimerizados poderiam causar falhas no processo de adesão e danos à polpa. O grau de polimerização mostrou-se dependente da capacidade de penetração da luz, índice de refração das partículas de carga, monômero resinoso, composição do material, tamanho das partículas de carga e tempo de exposição. Com base nestas observações, os autores concluíram que as resinas compostas convencionais apresentam melhores níveis de polimerização que as resinas

compostas de micropartículas; a microdureza das resinas compostas fotoativadas aumenta quando o tempo de exposição foi ampliado de 20 para 60 segundos; à medida que se aumenta a espessura da resina composta ocorre uma diminuição no grau de conversão, pois a luz sofre reflexão e absorção à medida que atravessa o material, sendo assim, há uma redução em sua intensidade e profundidade de polimerização.

Baseados no conceito de que uma polimerização uniforme e em maior profundidade pode ser conseguida através de uma fonte de luz com intensidade elevada e com um comprimento de onda adequando, em 1983, BLANKENAU *et al.*, avaliaram o comprimento de onda e a intensidade de luz visível gerada por sete aparelhos fotoativadores. Para isso, foi utilizado um aparelho monocromático de varredura que determina o espectro e os picos de comprimento de onda. Considerando que as unidades de luz apresentaram variações nos resultados e que estas variavam entre 568nm e 480nm, foi determinado que os aparelhos deveriam ser constantemente avaliados para assegurar uma polimerização adequada. Dessa forma, os autores concluíram que caso a intensidade de luz se apresentasse baixa, não haveria energia suficiente para uma adequada polimerização e que, fatores como translucidez óptica e índice de refração do material restaurador determinam a quantidade de luz dispersa e o limite de profundidade de polimerização.

LEUNG, FAN & JOHNSTON, em um estudo realizado em 1983, investigaram o grau de polimerização da resina composta Prisma Fil, após a

exposição de luz visível em diferentes tempos, e o efeito dessa fotoativação sobre a polimerização final das resinas compostas. Os corpos-de-prova foram confeccionados em matrizes de cobre e zinco com 5,0mm de diâmetro e 2,5mm de altura, as quais foram preenchidas com o material selecionado e fotoativados durante um período de exposição de 10, 15, 20, 40 e 60 segundos. O teste de dureza Barcol foi realizado nas superfícies de topo e de base das amostras logo após a fotoativação e após estocagem das amostras por 10, 20, 30, 40, 50 e 60 minutos, no primeiro e no sétimo dia. Os corpos-de-prova foram armazenados a $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ em 100% de umidade em um recipiente à prova de luz. Os resultados do teste de microdureza indicaram que a profundidade de polimerização (superfície de base) foi diretamente influenciada pelo tempo de exposição, já que um aumento no grau de conversão foi observado com um concomitante aumento no tempo de exposição à luz. Os autores observaram, também, que a reação de polimerização alcançou um ponto de estabilização após 24 horas de estocagem.

O objetivo do estudo realizado por FERRACANE, em 1985, foi de determinar a natureza da correlação entre a dureza Knoop e o grau de conversão de resinas compostas sem carga. Foi feita uma tentativa para comparar o tempo no qual o máximo de dureza e o grau de conversão são alcançados em três diferentes resinas compostas de presa rápida. O grau de conversão foi analisado através de espectroscopia infravermelha. Para o teste de dureza Knoop, foram confeccionados corpos-de-prova em matrizes de aço inoxidável em forma de disco com 6,0mm x 3,0mm. Os corpos-de-prova foram lixados para remoção da camada

superficial da resina composta em contato com o ar e o ensaio de microdureza foi realizado nos períodos de 5, 10, 20, 30, 60, 120 segundos e 6 e 24 horas após confecção das amostras, com carga de 100 gramas e 5 indentações para cada amostra. A análise estatística dos dados mostrou uma boa correlação entre a dureza e o grau de conversão. No entanto, estes valores absolutos de dureza não podem ser usados para se predizer o valor absoluto de grau de conversão, devido ao fato que as propriedades mecânicas das resinas compostas serem dependentes da formação da rede polimérica, que não é equivalente à conversão destes materiais.

Em 1985, YEARN publicou uma revisão sobre os principais métodos para determinação do grau e profundidade de polimerização das resinas compostas: teste de raspagem, teste de dureza e grau de conversão. Segundo o autor, o teste de raspagem, apesar de ser facilmente realizado, não indica a qualidade de polimerização em nenhum ponto da superfície da resina composta. Com um tempo de exposição de 20 segundos, os resultados do teste de raspagem podem ser registrados em até 10 mm quando se utilizam matrizes de teflon, e em até 5 mm quando se utilizam matrizes metálicas, indicando uma variação muito grande nos resultados de polimerização. Os testes de dureza realizados ao longo do comprimento de uma amostra têm sido empregados para determinação da profundidade de polimerização do material, podendo ser utilizados os testes de dureza Barcol, Vickers e Knoop. Com relação ao teste de conversão, existem dois métodos principais: espectroscopia de múltipla refração

interna e espectroscopia Laser Raman, sendo ambos capazes de determinar quantitativamente o número de grupos metacrilato presentes na resina composta antes e após a exposição à luz. O autor concluiu que o teste de dureza é conveniente e eficaz na determinação do grau e da profundidade de polimerização, podendo os resultados obtidos com estes testes serem seguramente comparados aos obtidos numa situação clínica. Dentre os fatores determinantes da profundidade de polimerização das resinas compostas, o autor destacou a formulação química do material (fotoiniciadores, tamanho das partículas de carga), condições do aparelho fotoativador, intensidade de luz, comprimento de onda, tempo de exposição e distância entre a fonte de luz e superfície da resina composta. A intensidade de luz não afeta somente a profundidade de polimerização, mas também os valores de dureza obtidos na superfície que recebeu a incidência de luz. O fator tempo, assim como a intensidade, influencia diretamente a profundidade de polimerização.

GHENG & GARONE NETO, em 1988, conduziram um estudo *in vitro* com o objetivo de verificar a eficiência de polimerização de resinas compostas ativadas pelo sistema de luz visível e ultravioleta. Foram utilizados seis aparelhos fotoativadores, associados a cinco resinas compostas. Foram utilizadas matrizes cilíndricas de latão com 1,0 mm, 2,0 mm e 3,0 mm de altura para o preparo dos corpos-de-prova. O tempo de exposição à luz foi de 20, 40 e 60 segundos. Com o intuito de avaliar a capacidade de polimerização através da estrutura dental, 50% dos corpos-de-prova foram polimerizados, interpondo-se uma fatia de esmalte

humano de 1,0 mm de espessura entre a fonte de luz e a resina composta. Os testes de inspeção visual (espátula) e palpação (sonda exploradora) foram então aplicados nas amostras. Após esses testes, o ensaio de dureza foi também realizado. Os autores concluíram que as unidades fotoativadoras apresentaram diferentes capacidades de polimerizar as resinas compostas e, quanto maior a espessura do material, maior é a dificuldade de polimerização, principalmente após 2,0 mm. Relataram, também, que o sistema de luz visível proporcionou maior capacidade de polimerização e, quanto ao tempo de exposição à luz, verificaram que um maior tempo garantiu resultados maiores de polimerização das resinas compostas.

RUEGGERBERG & CRAIG, também em 1988, realizaram um estudo com o objetivo de comparar a confiabilidade dos testes de dureza, espectroscopia infravermelha e absorção de água, na determinação da conversão dos monômeros presentes nas resinas compostas. O teste de absorção de água não se mostrou sensível às variações de espessura do material. No entanto, os testes de dureza Knoop e espectroscopia infravermelha mostraram-se eficazes para determinar a profundidade de polimerização. Segundo os resultados obtidos, o teste de dureza é mais eficaz, pois a partir do primeiro milímetro de profundidade é possível a detecção de alterações dos valores de dureza, enquanto o teste de espectroscopia infravermelha mostrou diferenças no grau de conversão apenas a partir do segundo milímetro de profundidade.

PEARSON & LONGMAN, em 1989, avaliaram a solubilidade e a sorção de água de três resinas compostas microhíbridas e uma microparticulada fotoativadas por luz visível. Foram confeccionados cinco discos de cada material com 5,0mm de diâmetro e 0,5mm de altura, fotoativados por 60 segundos. As mensurações de solubilidade e sorção de água foram realizadas nos períodos de 1, 6, 24 e 48 horas após a fotoativação, através da porcentagem de relação de peso. Avaliou-se, também, o efeito da inadequada polimerização sobre a microdureza. Os autores concluíram que a inadequada polimerização resulta no aumento da solubilidade e sorção de água e diminuição dos valores de dureza.

A maioria dos materiais restauradores resinosos atualmente utilizados requerem ativação por luz visível para que sejam polimerizados. Esse fator levou SAKAGUCHI, DOUGLAS & PETERS, em 1992, a avaliarem a absorção da energia de luz e possíveis efeitos na contração de polimerização de resinas compostas fotoativadas. Alguns fatores foram avaliados, tais como a cor do material e o efeito da distância da fonte de luz à superfície de topo das amostras. Três resinas compostas foram avaliadas quanto à contração de polimerização em função, também, de sua tonalidade e espessura. As amostras foram preparadas com espessuras que variavam de 0,9 a 3,0 mm, as quais foram fotoativadas por 60 segundos. Para a avaliação da influência da distância da ponta fotoativadora, foram estabelecidas distância de 0,25 mm a 15,0 mm desta ponta com a superfície de topo dos corpos-de-prova. Os autores concluíram que havia uma redução significativa na intensidade de luz quando as distâncias foram

aumentadas; há uma relação direta entre contração de polimerização e intensidade de luz; a redução na intensidade de luz emitida pelos aparelhos fotoativadores pode ser compensada pelo aumento do tempo de exposição à luz; cores muito claras ou muito escuras limitam a penetração de luz; logo, para estas cores deve-se aplicar um tempo adicional de fotoativação.

Em 1993, PIRES *et al.*, examinaram a relação: distância entre a fonte de luz e a superfície da resina composta, intensidade de luz e conversão de monômero em polímero de uma resina composta. Foram confeccionados cilindros de resina composta Silux com 6 mm de diâmetro e 2 mm de altura com tempo de fotoativação de 40 segundos. A fonte de luz foi posicionada em quatro diferentes distâncias da superfície do material: em contato com a superfície, 2, 6 e 12 mm da superfície. Após 24 horas, as superfícies de topo e base de cada amostra foram polidas e submetidas aos testes de microdureza Knoop. A partir da análise dos resultados observou-se que a intensidade de luz diminuiu significativamente à medida que se afastava a fonte de luz da superfície do material, influenciando diretamente a redução dos valores de dureza, principalmente na superfície de base das amostras. Para a superfície de topo, as variações de intensidades não alteraram significativamente os valores de dureza. Na comparação da dureza entre as superfícies encontrou-se maiores medidas para o topo das amostras.

Também em 1993, RUEGGERBERG *et al.*, realizaram uma pesquisa com o objetivo de avaliar simultaneamente o impacto do tipo de partícula de carga (híbrida ou microparticulada), cor da resina composta, tempo de exposição à luz

(20, 40, 60 ou 80 segundos), intensidade de luz (233, 400, 578 ou 800mW/cm²) e profundidade de polimerização sobre o grau de conversão das resinas compostas. Para essa avaliação os autores utilizaram espectroscopia infravermelha. Foi observado que na superfície das amostras o tipo de partícula de carga, tempo de exposição e a cor da resina composta, nessa ordem, são os fatores que mais influenciam o grau de polimerização. Para a profundidade de 1mm, essa ordem passou para o tempo de exposição, tipo de partícula e intensidade de luz. Para as profundidades a partir de 2mm, somente a intensidade de luz e tempo de exposição influenciaram o grau de polimerização do material.

No ano de 1994, BAYNE, HEYMANN & SWIFT Jr. fizeram uma revisão de literatura sobre restaurações realizadas com resinas compostas, abordando fatores como classificação das resinas compostas, sistemas adesivos e fotoativação. Relataram que o processo de fotoativação envolve algumas particularidades das resinas compostas, como cor, tamanho e tipo de partículas de carga, espessura do incremento, assim como particularidades das fontes de luz, como intensidade e tempo de exposição e distância da ponta fotoativadora à superfície do material. Afirmaram, também, que fatores associados à lâmpada, bulbo e filtro podem afetar a efetividade da fonte de luz e que essa redução na efetividade pode interferir no grau de conversão de monômeros em polímeros e, conseqüentemente, na resistência ao desgaste e nas propriedades físicas dos materiais.

Em 1994, RUEGGERBERG, CAUGHMAN & CURTIS Jr. investigaram, através de um estudo *in vitro*, a interdependência existente entre os tempos de exposição (20, 40, 60 e 80 segundos) e intensidade da luz fotoativadora (800, 578 e 233 mw/cm^2) em diferentes profundidades (1, 2 e 3 mm) de amostras confeccionadas com resinas compostas híbridas e microparticuladas. Para a confecção dos corpos-de-prova, os autores utilizaram uma matriz cilíndrica com 3,0 mm de altura, posicionada sobre um cilindro de resina composta previamente polimerizada. Essa matriz possibilitava a remoção de fatias de resina composta, permitindo a avaliação do grau de polimerização nas superfícies de topo e nas profundidades de 1, 2 e 3 mm. O grau de polimerização foi determinado através do exame de espectroscopia infravermelha. A análise estatística dos dados obtidos mostrou que em profundidades maiores que 2 mm, o grau de conversão das resinas compostas foram baixos, sendo a polimerização muito suscetível aos fatores em estudo. Concluíram que uma exposição de 60 segundos deve ser indicada para fontes de luz com $400 \text{ mW}/\text{cm}^2$ e que os incrementos de resina composta não devem ultrapassar a espessura de 2,0 mm.

NOMOTO, em 1997, avaliou o efeito do comprimento de onda sobre a polimerização de uma resina composta polimerizada por luz visível. Para isso, o autor utilizou a espectroscopia infravermelha (RI) antes e após a fotoativação do material. Foi observado que o comprimento de onda de 470 nm mostrou-se mais eficiente na polimerização de resina composta que possui o fotoiniciador canforoquinona na sua composição. Entretanto, pode-se considerar efetivos os

comprimentos de onda situados entre 450 e 490nm. O autor concluiu seu estudo relatando que a polimerização não depende somente do comprimento de onda da luz, mas também da sua intensidade e tempo de exposição.

MARTIN, em 1998, conduziu um estudo sobre a eficiência de 214 aparelhos fotoativadores utilizados em consultório odontológico da Austrália. Foram colhidas informações a respeito da idade do equipamento, tempo utilizado na fotoativação das resinas compostas, assistência técnica, substituição de peças e intensidades de luz. De todos aparelhos avaliados, 27% apresentavam intensidade de luz de 200 mW/cm^2 ou menor, sendo então, inadequados para polimerizar incrementos de resina composta de 2 mm. Em adição, 26% apresentavam intensidade entre 201 e 399 mW/cm^2 . Essa intensidade foi considerada aceitável quando um tempo adicional de fotoativação era utilizado. Entretanto, 44% dos dentistas utilizavam apenas 20 segundos ou menos. O autor observou que houve uma relação negativa entre idade dos aparelhos fotoativadores e intensidade de luz, pois a degradação de algumas peças do equipamento, como lâmpada e filtro, poderiam estar causando uma redução na intensidade de luz.

KRISHNAN & YAMUNA, em 1998, procuraram relacionar o efeito da concentração de fotoiniciadores presentes nas resinas compostas, tamanho das partículas de carga, tempo de exposição de luz fotoativadora nas propriedades físicas de dureza, resistência à tração diametral e resistência à compressão. Os autores também fizeram uma breve ilustração do processo de fotoativação das

resinas compostas que apresentam como agente fotoiniciador a canforoquinona. Foram avaliados 20 diferentes formulações de resinas compostas, as quais apresentavam concentração de fotoiniciador variando de 0,1 a 0,75% e tamanho das partículas de carga de 0,7 a 1,4 μ m. As amostras foram fotoativadas com luz visível atuando com comprimento de onda entre 460 e 480nm por diferentes períodos de tempos de exposição; 10, 30 e 50 segundos. Através da análise estatística dos dados, foi observado que com o aumento da concentração de fotoiniciador e tempo de exposição ocorreu um aumento na microdureza. As partículas de carga com tamanho entre 0,7 e 1,0 μ m proporcionaram melhores propriedades mecânicas. A resina composta que apresentou 0,25-0,5% de fotoiniciador por peso associado a um período de fotoativação de 30 segundos produziu melhor resistência à compressão e tração diametral.

KERBY *et al.*, em 1999, avaliaram a microdureza Knoop e o grau de conversão, através de espectroscopia infravermelha de Fourier, de três resinas compostas de alta viscosidade – Surefil, Alert e Solitaire, uma microhíbrida convencional – Herculite, uma microparticulada – Heliomolar e uma resina composta de uso indireto – Belleglass. Foram confeccionados cilindros de resina composta de 5,0 mm de diâmetro por 6,0mm de altura, fotoativadas por 60 segundos com luz visível. A microdureza Knoop foi mensurada nas profundidades de 0, 2 e 4 mm. A análise estatística dos dados obtidos mostrou que a resina composta Alert apresentou os melhores valores de microdureza Knoop na superfície de topo (0,0 mm) quando comparada às demais resinas compostas de

alta viscosidade avaliadas no estudo. Entretanto, a resina composta Surefil comportou-se melhor na profundidade de 4,0 mm. O grau de conversão da resina composta Surefil, na profundidade de 4,0 mm, foi significativamente maior do que todas as resinas compostas de uso direto avaliadas.

Vários fabricantes de resinas compostas de alta viscosidade têm indicado o uso desses materiais em incremento único de até 5mm de espessura. Assim, BINGHAM *et al.*, em 2000, avaliaram a profundidade de polimerização de resinas compostas de alta viscosidade quando fotoativadas em incremento único e pela técnica incremental. Os corpos-de-prova foram confeccionados em matrizes cilíndricas metálicas com 6 mm de altura e 4 mm de diâmetro. As resinas compostas Prodigy e Surefil foram inseridas em incremento único e a resina composta Filtek P60 foi inserida em incrementos. A resina composta microhíbrida Tetric Ceram, utilizada como controle, foi inserida e fotoativada pela técnica incremental. Todos os grupos foram fotoativados com luz halógena em diferentes tempos de exposição (10, 20, 30 e 40 segundos). Após a remoção da camada não-polimerizada com o auxílio de uma espátula, realizou-se o ensaio de microdureza em três pontos distintos. Os resultados indicaram que as resinas compostas inseridas pela técnica incremental apresentaram maior profundidade de polimerização quando comparadas com as resinas compostas inseridas em um único incremento. Não houve diferença estatística significativa para os tempos de exposição de 30 e 40 segundos. Os autores concluíram que as resinas compostas

de alta viscosidade indicadas para a técnica de incremento único podem ser utilizadas com espessuras de até 4 mm, quando fotoativadas por 40 segundos.

CAUGHMAN *et al.*, em 2000, também avaliaram a profundidade de polimerização de resinas compostas de alta viscosidade utilizando três métodos de comparação: resistência à ação de um solvente (RS), microdureza Knoop (KHN) e grau de conversão em monômero (CM). Para a avaliação RS e KHN foram utilizados seis compositos de alta viscosidade: Alert, Solitare, Surefil, Prodigy Condensable, Pyramid e P60; e uma resina composta microhíbrida: Herculite XRV. Estes materiais foram inseridos em um único incremento em cápsulas e fotoativados por 40 segundos com intensidade de luz de 750 mW/cm². Após a fotoativação as resinas compostas foram imersas em solvente por 2 horas, o qual dissolveu a porção não polimerizada da resina composta. Em seguida, foi realizada a medição da altura, em mm, do restante da resina composta polimerizada. Para realização do teste de microdureza os corpos-de-prova foram lixados em seu longo eixo até a porção central das amostras, sendo então, as medidas de dureza realizadas ao longo do seu longo eixo. O grau de conversão de monômero em polímeros foi realizado utilizando a espectroscopia de transmissão infravermelha de Fourier (FTIR) em uma espessura de 6 mm de resina composta. Após a análise estatística dos dados observou-se que a resina composta de alta viscosidade Pyramid se mostrou mais resistente a ação do solvente e a resina composta Alert apresentou maior microdureza e conversão de monômero em polímero, assim como alta profundidade de polimerização.

CORRER SOBRINHO *et al.*, também em 2000, realizaram um estudo para verificar a influência da distância da ponta polimerizadora sobre a dureza Knoop, em diferentes profundidades, de duas resinas compostas: Z100 e Silux Plus. Os corpos-de-prova medindo 5,0 mm de diâmetro por 2,5 mm de profundidade foram preparados em matriz metálica, cobertas com tira de celulose, com a ponta polimerizadora colocada nas seguintes distâncias da superfície de topo das amostras: 0, 6 e 12 mm. Utilizou-se potência de luz fotoativadora de 750 mW/cm² por 40 segundos de exposição. Após confecção dos corpos-de-prova, estes foram seccionados em seu eixo vertical e as medidas de dureza avaliadas em vários pontos ao longo da amostra. A partir da análise estatística dos resultados, observou-se que: 1) na resina composta Z100, quanto maior a distância da ponta fotoativadora, menor os valores de dureza Knoop; 2) para a resina composta Silux Plus, o aumento da distância da ponta fopolimerizadora não alterou significativamente os valores de dureza Knoop; entretanto, nas distâncias de 6 e 12 mm as porções mais profundas mostraram menores dureza quando comparadas com aquelas da superfície; 3) a resina composta Z100 foi estatisticamente superior ao Silux Plus nas 3 distâncias da ponta fotoativadora em todas as profundidades avaliadas.

YAP, em 2000, investigou o impacto da variação da profundidade da cavidade e tempo de exposição em duas resinas compostas de alta viscosidade quando inseridas em incremento único. Foram utilizadas matrizes plásticas cilíndricas com 2, 3 e 4 mm de profundidade e 5 mm de diâmetro para confecção

das amostras. As resinas compostas foram fotoativadas com diferentes tempos de exposição (40, 60, 80, 100 e 120 segundos) com 420 mW/cm^2 . Para a avaliação da profundidade de polimerização, realizou-se o teste de microdureza Knoop nas superfícies de base e topo dos corpos-de-prova. O autor também fez uma relação de proporção da dureza da base com a do topo, considerando a polimerização adequada para a superfície de base quando essa alcançasse valores de no mínimo 80% em relação à superfície de topo. Após a análise estatística dos resultados, observou-se que, com o aumento da profundidade da cavidade, ocorreu uma redução significativa na profundidade de polimerização para todos os tempos de exposição avaliados. As resinas compostas com 2 mm de espessura demonstraram uniforme polimerização e maior dureza. Concluiu, também, que a relação de dureza base/topo maior ou igual a 80% só foi obtida para profundidade de 2 mm, quando exposta a 40 segundos, independente da resina composta utilizada.

YAP & SENEVIRATNE, em 2001, avaliaram a influência da densidade de energia (intensidade x tempo) na efetividade de polimerização de uma resina composta fotoativada. Foram confeccionados corpos-de-prova com 2 mm de espessura, utilizando-se a resina composta Z100, a qual foi exposta a cinco diferentes intensidades de luz (200, 300, 400, 500 e 600 mW/cm^2) e nove tempos de exposição (10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120 e 180 segundos). A efetividade de polimerização foi verificada através do teste de microdureza Knoop realizado nas superfícies de topo e base de cada amostra. A relação entre os valores de dureza

Knoop encontrados nessas duas superfícies também foi avaliada. Os autores consideraram a polimerização como adequada quando a dureza obtida pôde ser estatisticamente comparada ao grupo controle (400 mW/cm² por 40 segundos) e como ótima, quando os valores encontrados foram superiores ao grupo controle. Após análise estatística dos dados, observaram que a adequada dureza pôde ser obtida com 20 segundos de exposição, com intensidades de 200 ou 300 mW/cm². A ótima polimerização foi alcançada com potência de 200 mW/cm², somente nas superfícies de topo após 180 segundos de exposição, e com 300 mW/cm², em ambas as superfícies, mediante 80 e 120 segundos de exposição. Já com 500mW/cm², a ótima polimerização foi alcançada com apenas 30 segundos de exposição à luz. Dessa maneira, concluíram que altas densidades de energia beneficiam o grau de conversão e, conseqüentemente, a dureza das resinas compostas.

2.2. Técnicas de fotoativação

UNO & ASMUSSEN, em 1991, investigaram o efeito da fotoativação *soft-start* na adaptação marginal, resistência ao cisalhamento e resistência à tração diametral de uma resina composta. Um transformador foi acoplado ao aparelho fotoativador de modo a diminuir a intensidade luminosa emitida, possibilitando, dessa maneira, a redução na taxa de polimerização da resina composta. Cavidades cilíndricas com 3,5 mm de diâmetro por 1,5mm de profundidade foram confeccionadas na superfície de dentina exposta de molares humanos extraídos. Utilizou-se o sistema adesivo Gluma e a resina composta

Silux Plus para confecção das restaurações. Os corpos-de-prova foram distribuídos em cinco grupos experimentais, de acordo com o método de fotoativação empregado: Baseline 1 – 220V por 60 segundos; Baseline 2 – 220V por 30 segundos; Grupo A – 110V por 5 segundos, 0V por 25 segundos e 220V por 30 segundos; Grupo B - 110V por 10 segundos, 0V por 20 segundos e 220V por 30 segundos; Grupo C - 110V por 20 segundos, 0V por 10 segundos e 220V por 30 segundos; Grupo D - 110V por 30 segundos e 220V por 30 segundos; Grupo E – 110V por 60 segundos. Finalizado o procedimento restaurador, mensurou-se, através de microscópio óptico, o comprimento máximo da fenda (CF) e extensão da fenda formada (EF – em porcentagem de comprimento total da periferia da restauração). A partir dos valores encontrados, foi calculado o Índice Marginal. Para o teste de resistência ao cisalhamento foram obtidas superfícies planas de dentina, sendo utilizado os mesmos materiais restauradores para confecção dos cilindros sobre as superfícies expostas. Os métodos de fotoativação foram os mesmos descritos anteriormente para Baseline 1 e 2 e grupos D e E do teste anterior. O teste de resistência à tração diametral foi realizado de acordo com a especificação nº27 da ADA (American Dental Association), com seis corpos-de-prova de 3mm de altura por 6mm de diâmetro e foi conduzido em máquina Instron com velocidade de 10mm/min. Após análise estatística dos dados obtidos, em relação à adaptação marginal, não houve diferença entre o Baseline 1 e 2. Porém, o grupo D apresentou redução significativa tanto no comprimento da fenda formada quanto no índice marginal; entretanto, não houve diferença na extensão da fenda, e o grupo E apresentou os

melhores resultados. Em relação ao teste de resistência de união e resistência à tração diametral, os resultados mostraram não haver diferença significativa entre Baseline 1 e 2 e o grupo D, porém o grupo E apresentou valores significativamente mais baixos nesses dois testes. Os autores afirmaram que a fotoativação com baixa intensidade de luz possibilitou o escoamento do material e, concomitantemente, o relaxamento das tensões de contração de polimerização. No entanto, apesar dos bons resultados apresentados para fenda marginal, pelo grupo E, que utilizou somente baixa intensidade de luz, houve prejuízo nas propriedades mecânicas, indicando um baixo grau de conversão, o que contradiz sua recomendação. Porém, de acordo com os resultados do grupo D, os autores puderam concluir que a fotoativação inicial com baixa intensidade de luz, seguida por fotoativação com alta intensidade, melhora a adaptação marginal sem alterar negativamente as propriedades mecânicas.

FEILZER *et al.*, em 1995, realizaram um estudo *in vitro* com o objetivo de determinar a influência da intensidade de luz na integridade da interface dentes/restauração, através de microscopia eletrônica de varredura, em restaurações classe V e na contração de polimerização, que foi utilizada como medida indireta do grau de conversão. O efeito da colocação de uma camada intermediária na absorção de tensões de contração também foi objetivo do estudo. Para tanto, 24 pré-molares e caninos humanos foram selecionados e cavidades classe V foram preparadas em dentina nas superfícies lingual e vestibular, com profundidade de 1,5mm. As cavidades foram restauradas com o adesivo Clearfil

Liner Bond, associados a diferentes materiais restauradores com diferentes elasticidades, e fotoativados seguindo dois métodos: baixa intensidade (250 mW/cm^2) e alta intensidade (650 mW/cm^2). Após acabamento e polimento das restaurações, as amostras foram termocicladas (400 ciclos a 15 e 65°C). Para verificação da integridade marginal, os corpos-de-prova foram seccionados e preparados para análise em MEV. Para se verificar a contração de polimerização, foram confeccionados corpos-de-prova com 1,5mm de espessura fotoativados com as técnicas anteriormente citadas. A técnica de fotoativação com baixa intensidade luminosa (250 mW/cm^2) gerou menores defeitos marginais quando comparadas à técnica com alta intensidade (650 mW/cm^2). Em relação à contração de polimerização, encontrou-se diferença estatística significativa para os métodos de fotoativação apenas nos períodos iniciais, entre 3 segundos e 15 minutos, sendo semelhante após 1 hora. Assim, concluíram que o uso de uma baixa intensidade de luz propicia melhor integridade marginal sem causar prejuízos as propriedades mecânicas; além disso, os autores atentaram para o fato de que a baixa intensidade de luz modula a reação de polimerização e influencia nas características de escoamento da resina composta, o que pode moderar o desenvolvimento de tensões de polimerização na interface adesiva.

UNTERBRINK & MAUESSNER, também em 1995, avaliaram o efeito da intensidade de luz sobre o selamento marginal de restaurações em resina composta, assim como sobre as propriedades física de resistência à flexão, módulo flexural e dureza. Para avaliação do selamento marginal foram utilizados

dentos incisivos bovinos, nos quais confeccionou-se cavidades cilíndricas na superfície vestibular de dentina exposta, com dimensões de 3,2mm de diâmetro e 2,5mm profundidade. Utilizou-se para o procedimento de adesão dois sistemas adesivos e, para a realização das restaurações, duas resinas compostas microhíbridas. Os materiais restauradores foram fotoativados utilizando dois sistemas de fotoativação: alta intensidade de luz (450 mW/cm^2) e baixa intensidade (250 mW/cm^2). As amostras depois de restauradas foram polidas e preparadas para avaliação em microscópio eletrônico de varredura. Para avaliação da resistência à flexão, módulo flexural e dureza utilizou-se as mesmas resinas compostas e sistema de fotoativação do teste anterior. O teste de microdureza foi utilizado para verificar a profundidade de polimerização das resinas compostas. Para isso confeccionou-se cilindros de resina composta com 8 mm de diâmetro e 6mm de profundidade. Os autores concluíram que a utilização de alta intensidade de luz reduziu a qualidade marginal; para profundidades de até 4,5mm não se encontrou diferença significativa na dureza das resinas compostas fotoativadas com ambas intensidades de luz; as demais propriedades físicas avaliadas foram fortemente influenciadas pelas intensidades de luz estudadas.

Em 1997, MEHL; HICKEL & KUNZELMAN conduziram um estudo *in vitro* avaliando a influência da técnica de fotoativação *soft-start* nas propriedades mecânicas de resinas compostas (módulo flexural, resistência flexural e microdureza Vickers) e na integridade marginal de restaurações Classe V. Para a verificação das propriedades mecânicas foram confeccionados 150 corpos-de-

prova a partir de matrizes de latão com 25 mm de comprimento, 2 mm de altura e 2 mm de largura, os quais foram fotoativados utilizando-se intensidades de luz final de 450 mW/cm² e as distâncias de 2, 4, 6, 8, 10, 20 e 50 mm correspondiam às intensidades de luz de 80, 70, 62, 56, 50, 37 e 13%, respectivamente. Cada grupo continha 10 amostras de resinas compostas microhíbridas que foram inicialmente polimerizadas com as intensidades anteriormente descritas, durante 20 ou 40 segundos, seguida por exposição final com 100% de intensidade de modo a completar 60 segundos para todas as amostras. A resistência e o módulo flexural foram determinadas de acordo com EN 24049:1993. O teste de 3 pontos foi conduzido em máquina de ensaio universal com velocidade de 0,7 mm/min. Os mesmos materiais foram empregados para a confecção das amostras empregadas no teste de microdureza Vickers, sendo estas com formato de cilindros de 9mm de diâmetro por 2 mm de altura. Para a avaliação da integridade marginal foram selecionados 32 molares humanos, onde foram realizados preparos Classe V. O grupo controle foi irradiado por 60 segundos a 100% de intensidade de luz e os grupos testes por 20 segundos com 70, 50 ou 37% da intensidade de 470 mW/cm², seguido por 40 segundos com intensidade de 100%. Foram confeccionadas réplicas em resina epóxica para avaliação de fendas antes e após a termociclagem (500 ciclos, com banhos de 30 segundos a 5 e 55°C). Adicionalmente, após a termociclagem, foi realizado o teste de microinfiltração, utilizando-se azul de metileno como solução corante. Os resultados mostraram que a técnica *soft-start* não influenciou nos valores de microdureza e que as propriedades mecânicas tiveram seus valores melhorados com o uso dessa

técnica. Em relação à integridade marginal, a porcentagem de fendas marginais foi reduzida de 25 para 5%, sendo os mesmos resultados observados para o teste de microinfiltração. Dessa maneira, concluíram que o uso dessa técnica proporciona adequada integridade marginal e manutenção das propriedades físicas das resinas compostas.

BRACKETT, HAISCH & COVEY avaliaram, através de um estudo *in vitro* conduzido em 2000, o efeito da fotoativação com luz de arco de plasma de Xenônio sobre a microinfiltração de restaurações classe V. Foram preparadas cavidades classe V na junção cimento-esmalte, nas faces vestibular e lingual de terceiros molares, com as seguintes dimensões: 1,5 mm de profundidade, 2,0 mm de altura e 4,0 mm de largura. As cavidades foram preenchidas pela técnica incremental, utilizando-se duas resinas compostas (Z250 e Amelogen) e seus respectivos agentes adesivos (Single Bond e PQ1). A fotoativação procedeu-se com unidade fotoativadora à base de luz halógena (450mW/cm²- 40 segundos) e aparelho à base de arco de plasma de Xenônio (1440mW/cm² – 10 segundos). Após a confecção das restaurações, os dentes foram termociclados e imersos em solução corante de azul de metileno, para posterior avaliação da microinfiltração. Para todos os materiais avaliados, a fotoativação com arco de plasma de Xenônio produziu um aumento significativo na incidência de microinfiltração na margem gengival; entretanto, a adaptação marginal ao longo da parede de esmalte foi considerada adequada para ambos os métodos de fotoativação empregados.

FRIEDL *et al.*, em 2000, avaliaram a influência das técnicas de fotoativação, utilizando intensidades luminosas variáveis, na integridade marginal de uma resina composta e duas resinas compostas modificadas por poliácidos em restaurações classe V. Foram utilizados 60 terceiros molares humanos recém-extraídos, nos quais realizaram-se cavidades proximais padronizadas em forma de caixa com paredes paralelas e dimensões de 5 mm no sentido mesio-distal, 3 mm ocluso-gengival e 1,5 mm de profundidade, de modo que a margem gengival ficou localizada 1mm abaixo da junção cimento-esmalte. Os dentes foram distribuídos em seis grupos, de 10 dentes cada, segundo o sistema restaurador e técnicas de fotoativação empregadas: Grupo 1 – Prime&Bond 2.1 + Dyract (800 mw/cm² por 40 segundos); Grupo 2 – OSB Primer + Hytac (800 mw/cm² por 40 segundos); Grupo 3 – Prime&Bond 2.1 + Spectrum (800 mw/cm² por 40 segundos); Grupo 4 – Prime&Bond 2.1 + Dyract (150 mw/cm² por 10 segundos, 800 mw/cm² por 30 segundos); Grupo 5 – OSB Primer + Hytac (150 mw/cm² por 10 segundos, 800 mw/cm² por 30 segundos) e Grupo 6 – Prime&Bond 2.1 + Spectrum (150 mw/cm² por 10 segundos, 800 mw/cm² por 30 segundos). As restaurações foram realizadas de acordo com as instruções do fabricante dos materiais restauradores, sendo as resinas compostas inseridas em um único incremento. Finalizada a etapa restauradora, todas as amostras foram submetidas à ciclagem térmica (5000 ciclos com banhos de 30 segundos a 5 e 55°C) e à ciclagem mecânica (500000 ciclos no centro da superfície oclusal, com freqüência de 1,7Hz e carga de 72,5N). As amostras foram avaliadas em microscopia eletrônica de varredura antes e após as ciclagens térmica e mecânica, através da obtenção de réplicas, a

partir das quais pôde-se avaliar a qualidade das margens das restaurações. A análise da penetração de corante também foi realizada, após a imersão das amostras por 16 horas em solução de fucsina básica a 0,5%. Os dentes foram seccionados e analisados em lupa estereoscópica com aumento de 16x e fotografadas por ambos os lados. A penetração do corante foi analisada através do escaneamento da fotografia e mensuradas em porcentagem do comprimento total da restauração. Assim, os autores puderam concluir que o método de fotoativação por dupla intensidade não teve influência significativa na adaptação marginal dos materiais testados, considerando esmalte ou dentina, antes ou após a termociclagem. Concluíram, também, que a ativação inicial com baixa intensidade de luz não melhorou a adaptação marginal de restaurações em resina composta ou resina composta modificada por poliácido.

PEUTZFELD, SAHAFI & ASMUSSEN, em 2000, avaliaram as propriedades obtidas por três resinas compostas fotoativadas com arco de plasma de Xenônio (Apollo 95E, 3 segundos com 1370 mW/cm^2 e 1000PAC, 10 segundos com 980 mW/cm^2) e luz halógena (XR 3000, 20 ou 40 segundos com 480 mW/cm^2). As características investigadas foram: 1) quantidade de ligações duplas remanescentes, através de espectroscopia de Fourier; 2) profundidade de polimerização avaliada após a confecção de cavidades cilíndricas em molares humanos, as quais foram preenchidas com material restaurador e fotoativadas, com os mesmos sistemas de luz anteriormente citados 3) resistência e módulo flexural, avaliados através de teste dos três pontos, em corpos-de-prova de $2 \times 2 \times$

10 mm; 4) contração de polimerização – a partir de molares humanos, obtida uma área plana de dentina onde foram confeccionadas cavidades cilíndricas com diâmetro de 3,2-3,6 mm e 1,5 mm de profundidade e restauradas de acordo com as instruções do fabricante dos materiais restauradores utilizados. Em seguida, com o auxílio de um microscópio, foi mensurado o comprimento da fenda formada. Os resultados mostraram que com o uso do Apollo 95E, a quantidade de ligações duplas remanescentes foi maior que no grupo controle com luz halógena. Em relação à profundidade de polimerização, os grupos restaurados com luz halógena apresentaram melhores resultados, seguido do 1000PAC e Apollo 95E. A resistência à flexão não sofreu interferência dos métodos de fotoativação empregados; entretanto, o módulo flexural foi reduzido com o uso do Apollo 95E. Finalmente, verificou-se que a contração de polimerização não foi afetada pelo uso dos aparelhos fotoativadores de alta intensidade. Assim, os autores puderam concluir que esses novos sistemas de fotoativação devem ser utilizados com cautela, uma vez que pode haver uma redução das propriedades mecânicas das resinas compostas.

STRITIKUS & OWENS, em 2000, avaliaram o efeito da técnica de fotoativação convencional com luz halógena (600 mW/cm² por 40 segundos) e da técnica com alta intensidade de luz, utilizando arco de plasma de Xenônio (1196 mW/cm² por 10 segundos) na microinfiltração marginal de restaurações preventivas Classe I e selantes de fissuras. Os autores observaram que todas as amostras que receberam selantes e foram fotoativadas com arco de plasma de

Xenônio não apresentaram microinfiltração marginal. Entretanto, as amostras que tiveram suas cavidades Classe I restauradas com resinas compostas microhíbridas fotoativadas com luz halógena apresentaram os menores valores de microinfiltração.

HASEGAWA *et al.*, em 2001, avaliaram o efeito da fotoativação com duas diferentes fontes de luz por arco de plasma de Xenônio e uma luz halógena, em quatro diferentes resinas compostas, através da análise da adaptação marginal e profundidade de polimerização. Para a realização da verificação da adaptação marginal, foram confeccionadas cavidades cilíndricas em dentina (diâmetro de 3 mm e altura de 1,5 mm) em dentes molares humanos extraídos. As cavidades foram restauradas utilizando-se um adesivo experimental e o sistema Megabond, associados a quatro diferentes resinas compostas (Clearfil APX, Estelite, Silux Plus e Z100), que foram fotoativadas durante três segundos, com intensidades de luz de 1040mW/cm² para o aparelho Apollo 95E e 1310mW/cm² para o aparelho Plasma Arc Curing system, e durante 30 segundos, a 300mW/cm² para o aparelho à base de luz halógena. A avaliação das fendas marginais foi mensurada através de microscopia de luz. A verificação da capacidade de polimerização foi realizada em corpos-de-prova confeccionados à partir de matrizes cilíndricas de teflon com 4 mm de diâmetro e 8 mm de altura, utilizando-se as mesmas resinas compostas e aparelhos fotoativadores citados para o teste acima, porém com tempo de fotoativação de 10 segundos para os de luz de plasma e 60 segundos para a luz halógena. Após confecção das amostras, essas

foram imersas em etanol para eliminação da porção não polimerizada. A porção polimerizada foi medida com um paquímetro digital para verificar-se a profundidade de polimerização. Nesse estudo, os autores também avaliaram a distribuição do comprimento de onda das unidades fotoativadoras. A partir da análise dos dados, observou-se que a formação de fendas nas três resinas compostas avaliadas, exceto na Z100, foi prevenido com a utilização do adesivo experimental, independente das fontes de luz. Entretanto, para o adesivo Megabond, observou-se a formação de fenda para todas as fontes de luz e resinas compostas utilizadas, porém sem diferença estatística significativa entre as fontes de luz. Em relação à profundidade de polimerização, observou-se que a resina composta Z100 comportou-se de maneira superior aos outros materiais, independentemente da fonte de luz utilizada. A profundidade de polimerização do arco de plasma de xenônio foi maior que a luz halógena para todas as resinas compostas estudadas. A partir da avaliação da distribuição do comprimento de onda, observou-se que a fonte de arco de plasma de Xenônio apresentou um pico de emissão de luz mais próximo do comprimento necessário (480 nm) para se ativar o fotoiniciador canforoquinona. Dessa maneira, concluíram que a luz de arco de plasma de xenônio possui uma maior profundidade de polimerização, porém sem causar prejuízos à adaptação marginal, quando comparada à luz halógena.

SAHAFI, PEUTZFELDT & ASMUSSEN, em 2001(a) avaliaram o efeito da técnica de fotoativação de pulso atrasado sobre a formação de fenda marginal em restaurações de resina composta. Foram preparadas cavidades cilíndricas na

dentina de molares humanos extraídos, apresentando as seguintes dimensões: diâmetro de 3,1-3,3 mm e profundidade de 1,5 mm. Obtiveram-se 8 grupos experimentais classificados de A-H. As cavidades foram tratadas com sistema adesivo Prime & Bond e restauradas com resina composta Z100. O grupo **A** considerado controle foi fotoativado por 10 segundos com intensidade de luz de 750 mW/cm²; os grupos de **B-D** foram fotoativados inicialmente por 1, 2 ou 3 segundos com intensidade de 425 mW/cm² e aguardou-se um período de 5 minutos para, então, realizar a fotoativação final com 750 mW/cm² por 10 segundos; os grupos de **E-H** foram polimerizados com intensidade de 425 mW/cm² por 2 segundos e, então, aguardou-se períodos de 30 segundos, 1, 3 e 7 minutos para se fazer a fotoativação final por 10 segundos com intensidade de 750 mW/cm². Após a realização das restaurações e polimentos, foi realizada a avaliação da fenda marginal. A partir da análise estatística dos dados observou-se que o grupo controle apresentou maior desadaptação marginal, quando comparado aos grupos B-D, entretanto não se diferiu do grupo E; entre todos os grupos que foram fopolimerizados com as técnicas de pulso atrasado não foi verificada diferença estatística significativa entre os mesmos, exceto para o grupo E. Os autores concluíram o estudo relatando que a técnica de pulso atrasado pode reduzir significativamente a desadaptação marginal, entretanto não foi capaz de eliminá-la.

SAHAFI, PEUTZFELDT & ASMUSSEN, em 2001(b) avaliaram o efeito da técnica de fotoativação *soft-start* sobre a formação de fenda marginal em

restaurações de resina composta. Foram preparadas cavidades cilíndricas na dentina de molares humanos extraídos, apresentando as seguintes dimensões: diâmetro de 3,1-3,3 mm e profundidade de 1,5 mm. Para realização das restaurações foram utilizados dois sistemas adesivos e duas resinas compostas – ScotchBond Multi-Purpose com Z100 (Grupo 1-4) e Optibond FL com Herculite XRV (grupo 5-8), fotoativadas com as seguintes técnicas: Grupos 1 e 5 – 40 segundos com intensidades de 750 mW/cm²; Grupos 2 e 6 – 10 segundos com 100mW/cm² + 30 segundos com intensidades de 750 mW/cm²; Grupos 3 e 7 - 20 segundos com 100mW/cm² + 20 segundos com intensidades de 750 mW/cm²; Grupos 4 e 8 - 20 segundos com 140mW/cm² + 20 segundos com intensidades de 750 mW/cm². Após a confecção das restaurações, estas foram polidas e procedeu-se à avaliação da fenda marginal. Os dados foram submetidos à análise estatística, que demonstrou menor fenda para os grupos restaurados com o sistema adesivo Optibond FL e resina composta Herculite XRV; não houve diferença estatística significativa entre as técnicas de fotoativação utilizadas. Os autores concluíram o estudo relatando que não houve redução da microfenda quando se utilizou a técnica *soft-start* de fotoativação comparando-a com a técnica convencional.

SHARKEY *et al.*, em 2001, avaliaram a microdureza de três resinas compostas quando submetidas à fotoativação com luz halógena e arco de plasma de Xenônio. Os corpos-de-prova foram confeccionados utilizando as resinas compostas: Herculite XRV, Glacier Enamel e Silux Plus, inseridas em incremento

único em matrizes com 2 mm de profundidade e 8mm de diâmetro interno. As amostras foram fotoativadas segundo duas técnicas de fotoativação: luz halógena por 30 segundos com intensidade de 600 mW/cm² e arco de plasma de Xenônio por 10 segundos com intensidade de 1930 mW/cm². Após 7 dias foi realizado o teste de microdureza Vickers nas superfícies de topo e base dos corpos-de-prova. Para a análise estatística dos dados foi aplicada a análise de variância (ANOVA) que demonstrou haver interação significativa entre o tipo de luz e resinas compostas avaliadas. Observou-se que a resina composta microhíbrida Herculite XRV apresentou maior dureza para ambas fontes de luz, quando comparada às demais resinas compostas; as resinas compostas fotoativadas com luz halógena apresentaram maior dureza que aquelas fotoativadas com luz de arco de plasma de Xenônio. Os autores relataram que, apesar de a luz de arco de plasma de Xenônio apresentar uma alta intensidade e comprimento de onda mais específico (470 nm) para estimular o agente fotoiniciador canforoquinona presente nas resinas compostas, o tempo de fotoativação utilizado por esta fonte de luz não foi suficiente para promover uma adequada polimerização.

YAP, NG & SLOW, em 2001, avaliaram a influência da técnica de fotoativação *soft-start* na efetividade de polimerização e contração de polimerização de uma resina composta. Para a avaliação da efetividade foi realizado o teste de microdureza nas superfícies de topo e base dos corpos-de-prova com espessura de 2 mm. As técnicas de fotoativação utilizadas foram: 1) alta intensidade de luz – 540 mW/cm² por 40, 80 e 120 segundos; 2) baixa

intensidade de luz – 374 mW/cm² por 40, 80 e 120 segundos; 3) técnica *soft-start* – 60% do tempo de fotoativação a 289 mW/cm², 20% do tempo a 354 mW/cm² e 20% do tempo a 433 mW/cm² por 40, 80 e 120 segundos. Para a avaliação de contração de polimerização foram confeccionados corpos-de-prova com as seguintes dimensões: 7mm de comprimento, 4mm de largura e 2mm de profundidade. Os resultados mostraram que a efetividade de polimerização e contração de polimerização aumentaram à medida que se aumentou o tempo de exposição. A técnica *soft-start* não reduziu a microdureza da resina composta, pois a relação de dureza da base/topo foi de 0,8. Entretanto, a superfície de base dos corpos-de-prova fotoativados com alta intensidade de luz por 40 segundos apresentou significativamente maior dureza comparada a técnica *soft-start*. Os autores concluíram o estudo relatando que a técnica *soft-start* não reduziu a eficiência de polimerização da resina composta.

YOSHIKAWA, BURROW & TAGAMI, em 2001, avaliaram o efeito dos métodos de fotoativação no selamento marginal, adaptação de uma resina composta às paredes cavitárias, taxa de contração de polimerização e dureza das superfícies de topo e base dos corpos-de-prova. Foram selecionados 50 incisivos bovinos e suas faces vestibulares foram desgastadas de modo a expor a dentina, onde duas cavidades circulares (3 mm de diâmetro por 1mm de altura) foram confeccionadas. Os dentes foram aleatoriamente divididos em dois grupos, segundo o sistema adesivo (Clearfil Photo Bond e Super Bond D Liner) a ser utilizado. Em seguida, as amostras dos dois grupos foram subdivididas em cinco

grupos, segundo o método de fotoativação: I) 600 mW/cm² 60 segundos; II) 270mW/cm² 10 segundos + 5 segundos intervalo + 600 mW/cm² 50 segundos; III) 20 mW/cm² 10 segundos + 5 segundos intervalo + 600 mW/cm² 50 segundos; IV) 270 mW/cm² 30 segundos + 5 segundos intervalo + 600 mW/cm² 30 segundos; V) 20 mW/cm² 30 segundos + 5 segundos intervalo + 600 mW/cm² 30 segundos. Para determinar o grau de adaptação às paredes e selamento das margens, o teste de penetração de solução corante foi escolhido, o qual foi avaliado em lupa estereoscópica e registrado em fotografias. As amostras foram cortados longitudinalmente e, o corante penetrado nas paredes, novamente fotografado. Dessa forma, o comprimento de penetração do corante foi avaliado a partir das fotografias e porcentagem relativa de penetração calculada. O segundo teste realizado foi o de contração linear de polimerização da resina composta, para o qual foram confeccionadas amostras com 3 mm de diâmetro por 5 mm de altura. A mensuração da contração foi realizada durante os 15 minutos subseqüentes à fotoativação. O terceiro teste realizado foi o de microdureza, também utilizando os mesmos métodos previamente descritos para fotoativação. Os corpos-de-prova possuíam as mesmas dimensões da cavidade preparada no teste de penetração do corante. Mensurações de dureza Knoop foram obtidas nas superfícies de base e topo, utilizando carga de 100 g por 15 segundos, sendo as leituras verificadas 10 segundos e duas semanas após a fotoativação. Em relação ao selamento marginal e adaptação às paredes cavitárias, o método de fotoativação do grupo II apresentou resultados significativamente superior aos outros grupos. Avaliando-se o ensaio de contração de polimerização, a maior taxa de contração ocorreu cinco

segundos após o início da fotoativação em todos os grupos, exceto para o grupo III; além disso, pôde-se observar que a duração de contração dos métodos que utilizavam baixa intensidade de luz inicial era menos da metade da duração de contração do método de alta intensidade. Em relação ao teste de microdureza, não houve diferença estatística entre os grupos avaliados após 24 horas. Dessa maneira, os autores puderam concluir que o método de fotoativação com baixa intensidade de luz inicial promove uma polimerização mais uniforme, melhorando o selamento marginal sem alterar a dureza do material. Além disso, os autores afirmaram que a fotoativação somente com altas intensidades de luz induziu a maior formação de fendas marginais e menor adaptação às paredes cavitárias.

AMARAL *et al.*, em 2002, avaliaram a microinfiltração marginal e a dureza de restaurações classe II de resina composta, usando duas técnicas restauradoras e dois sistemas de fotoativação. Foram preparadas 120 cavidades simulando classe II em dentes bovinos, que foram divididas em 4 grupos: Conv 1 – único incremento + fotoativação convencional (520 mW/cm² por 40 segundos); Conv 3 – incrementos vestibulo-linguais + fotoativação convencional; Soft 1 – único incremento + fotoativação *soft-start* (400 mw/cm² por 20 segundos +720 mw/cm² por 20 segundos); Soft 3 - incrementos vestibulo-linguais + fotoativação *soft-start* (400 mw/cm² por 20 segundos +720 mw/cm² por 20 segundos). Todas as cavidades foram restauradas com o sistema Single Bond e resina composta Z100. Após a termociclagem, os dentes foram imersos em solução de azul de metileno e a microinfiltração foi avaliada. Metade das amostras foram incluídas em resina de

poliestireno, polida e a microdureza Knoop foi mensurada. Quanto à microinfiltração, a estatística encontrou diferença significativa entre os grupos. Entretanto, para a dureza, não foi encontrada diferença entre os grupos em qualquer profundidade. Como conclusão do trabalho, os autores relataram que a técnica incremental exibiu menor infiltração marginal, independente do sistema de fotoativação utilizado; o sistema *soft-start* promoveu polimerização semelhante ao método convencional, mas não melhorou o selamento marginal.

PRICE *et al.*, 2002, avaliaram a microdureza Knoop de duas resinas compostas com diferentes espessuras quando fotoativadas por luz de arco de plasma de Xenônio (PAC) e luz halógena de Tungstênio e Quartz (QTH). Foram utilizados como matriz para a confecção dos corpos-de-prova, discos de esmalte e dentina com espessura de 2, 3, 4, e 5 mm, nos quais foram confeccionadas cavidades cilíndricas com 2,5 mm de diâmetro, de modo que, circundando esta cavidade, havia uma camada de dente de, no mínimo 1 mm. Utilizaram-se as resinas compostas Filtek P60 e Prodigy compactável inseridas e fotoativadas em incremento único utilizando as seguintes intensidades e tempo de exposição: a) PAC – 3 segundos com 1999mW/cm^2 ; b) QTH 1 – 40 segundos com 588 mW/cm^2 ; c) QTH2 – 40 segundos com 844 mW/cm^2 . Após a fotoativação foi realizado o teste de microdureza Knoop nas superfícies de base e topo das amostras, nos tempos: imediato, 24 horas e 7 dias. Os dados foram submetidos à análise estatística que demonstrou que após, 7 dias de armazenamento, houve um aumento significativo da microdureza dos corpos-de-prova, independentemente da

espessura, método de fotoativação e resina composta utilizada; para a espessura de 2 mm a dureza da base foi similar à do topo, independente do método de fotoativação, resina composta e tempo de estocagem; para 3mm de espessura os corpos-de-prova submetidos a QTH2, não apresentaram diferença significativa para a dureza de base e topo, em todos os tempos de estocagem; a dureza do topo dos corpos-de-prova com 4 e 5 mm de espessura foi significativamente maior que a da base, independente da resina composta utilizada e método de fotoativação. Os autores concluíram o estudo relatando que a fotoativação com 3 segundos, utilizando o arco de plasma de Xenônio, produziu uma menor dureza comparada à fotoativação utilizando luz halógena por 40 segundos. Aconselharam também, que não se deve utilizar incremento de resina composta com espessura acima de 2 mm.

YAP, SOH & SLOW, em 2002(a), avaliaram a influência das técnicas de fotoativação de pulso atrasado e *soft-start* na contração de polimerização da resina composta Z100. Foram confeccionados corpos-de-prova com 10 mm de comprimento, 0,5 mm de espessura e 2,0 mm de altura utilizando matriz de teflon, os quais foram fotoativados com as seguintes técnicas: controle (C) – 400 mW/cm² por 40 segundos; pulso atrasado I (PAI) – 100 mW/cm² por 3 segundos + 3 minutos de espera + 500 mW/cm² por 30 segundos; pulso atrasado II (PAII) – 200 mW/cm² por 3 segundos – 3 minutos de espera – 500 mW/cm² por 30 segundos; soft-start (SS) – 200 mW/cm² por 10 segundos + 600 mW/cm² por 30 segundos, pulso atrasado III (PAIII) – 400 mW/cm² por 10 segundos + 10

segundos de espera + 400 mW/cm² por 10 segundos + 10 segundos de espera + 400 mW/cm² por 20 segundos e pulso atrasado IV (PAIV) – 400 mW/cm² por 20 segundos + 20 segundos de espera + 400 mW/cm² por 20 segundos. A avaliação da contração de polimerização foi realizada durante a incidência da luz fotoativadora e após a remoção da fonte de luz nos períodos de 0 (imediatamente após a remoção da luz), 1, 10, 30 e 60 minutos. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e ao teste Scheffe's que demonstraram que a contração de polimerização pós-gel associada à técnica PAI foi significativamente menor que a PAII, SS e PAIII no tempo 0 (imediatamente). Após 1 minuto, a contração de polimerização pós-gel da técnica PAI foi significativamente menor que a PAII e SS; em todos os períodos de avaliação a contração das técnicas de pulso atrasado e soft-start, não apresentaram diferença significativa quando comparadas ao grupo controle.

YAP, SOH & SLOW, em 2002(b), avaliaram a efetividade de polimerização das técnicas de fotoativação *soft-start* e pulso atrasado para a resina composta microhíbrida Z100, utilizando o teste de microdureza Knoop e espectroscopia de transmissão infravermelha de Fourier (FTIR). Foram confeccionados corpos-de-prova com 2 mm de espessura fotoativados com as seguintes técnicas: controle (C) – 400mW/cm² por 40 segundos; pulso atrasado I (PAI) – 100 mW/cm² por 3 segundos + 3 minutos de espera + 500 mW/cm² por 30 segundos; pulso atrasado II (PAII) – 200 mW/cm² por 3 segundos – 3 minutos de espera – 500 mW/cm² por 30 segundos; soft-start (SS) – 200 mW/cm² por 10

segundos + 600mW/cm² por 30 segundos, pulso atrasado III (PAIII) – 400 mW/cm² por 10 segundos + 10 segundos de espera + 400 mW/cm² por 10 segundos + 10 segundos de espera + 400 mW/cm² por 20 segundos e pulso atrasado IV (PAIV) - 400mW/cm² por 20 segundos + 20 segundos de espera + 400 mW/cm² por 20 segundos. As medidas de microdureza foram realizadas nas superfícies de base e topo dos corpos-de-prova. Os dados foram submetidos à análise estatística, que não demonstrou diferença significativa para a microdureza Knoop da superfície de topo entre as técnicas utilizadas, exceto para a PAII que obteve maiores valores de dureza que a PAI. Para a superfície de base os resultados foram: C>PAI>PAIII>SS>PAII>PAIV. Os resultados da FTIR foram semelhantes aos encontrados para dureza. Os autores concluíram que as técnicas *soft-start* e pulso atrasado apresentaram efetividade de cura reduzida para a profundidade de 2 mm.

Em 2002, LUO *et al.*, avaliaram o efeito do condicionamento ácido e das técnicas de fotoativação pulso atrasado e convencional na formação de fenda marginal e fratura de esmalte em restaurações realizadas com compômero Dyract AP. Foram confeccionadas cavidades cilíndricas em terceiros molares humanos, que foram restauradas utilizando o sistema adesivo Prime & Bond NT com as seguintes técnicas adesivas: condicionamento com ácido fosfórico a 36% + adesivo, primer autocondicionante + adesivo e adesivo sem condicionamento ácido. Após a técnica adesiva as cavidades foram preenchidas com um único incremento do material restaurador e fotoativadas com as técnicas convencional

utilizando 400mW/cm^2 por 40 segundos e pulso atrasado, 100mW/cm^2 por 4 segundos + 3 minutos de espera + 400mW/cm^2 . Os autores observaram, através da microscopia de varredura, que a técnica pulso atrasado proporcionou melhor selamento marginal, quando associada ao condicionamento ácido, e não foram observadas fraturas nas margens de esmalte.

PARK, KREJCI & LUTZ, em 2002, conduziram um estudo sobre a efetividade de polimerização da luz de arco de plasma de Xenônio (PAC). Avaliaram a profundidade de polimerização de duas resinas compostas (Z100 e Tetric Ceram) através do teste de microdureza, e a contração de polimerização. Para a avaliação da contração de polimerização, os seguintes grupos experimentais foram formados, de acordo com o tipo de fonte de luz utilizada (PAC, 1370mW/cm^2 ou halógena, 900mW/cm^2): Grupo 1 – PAC por 2 segundos; Grupo 2 – PAC por 3 segundos; Grupo 3 – PAC por 6 segundos; Grupo 4 – PAC por 12 segundos; Grupo 5 – halógena por 60 segundos. Para avaliação da profundidade de polimerização, utilizou-se as mesmas resinas compostas em matrizes de 2 e 3 mm de profundidade. Os corpos-de-prova com 2 mm de espessura foram fotoativados por 3 segundos (G1), 6 segundos (G2), 12 segundos (G3) com PAC e 30 segundos (G4) ou 60 segundos (G5) com luz halógena. Já para as amostras de 3mm de espessura, utilizou-se 6 segundos (G1), 12 segundos (G2), 18 segundos (G3) com PAC e 30 segundos (G4) ou 60 segundos (G5) com luz halógena. Realizou-se o teste de microdureza Vickers nas superfícies de base e topo dos corpos-de-prova. Após análise estatística dos

dados, encontrou-se para a resina composta Tetric Ceram uma menor contração de polimerização quando fotoativada com arco de plasma por 2 e 3 segundos, comparada à contração obtida para 6 e 12 segundos (PAC) ou 60 segundos (halógena). Entretanto, para a resina composta Z100, a menor contração foi verificada para a fotoativação com 2, 3 e 6 segundos com PAC. Os resultados do teste de microdureza não demonstraram diferença estatística significativa entre a dureza de topo dos corpos-de-prova avaliados. Porém, para a superfície de base nas amostras de 2 mm, fotoativadas com PAC por 3 segundos, como recomendado pelo fabricante do aparelho, encontrou-se menor dureza comparada à superfície de topo dessas mesmas amostras, para ambas as resinas compostas. Assim, os autores concluíram que para a luz de arco de plasma de Xenônio, devem ser utilizados incrementos com espessura menores que 2 mm. Concluíram, também, que o tempo de exposição de três segundos, recomendado pelo fabricante do aparelho, é insuficiente para promover adequada polimerização das resinas compostas, sendo necessário um período de 12 segundos ou mais.

3. PROPOSIÇÃO

Avaliar a influência das técnicas de fotoativação convencional, *soft-start*, de pulso atrasado e turbo, com arco de plasma de Xenônio, na microdureza das superfícies de topo e base de cilindros de resina composta microhíbrida e de alta viscosidade, de acordo com três diferentes profundidades de polimerização: 2 mm, 4 mm e 6 mm.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Delineamento experimental

Unidade experimental:

- Cilindros de resina composta

Fatores em estudo:

- Resina composta (2 níveis)
- Técnica de fotoativação (4 níveis)
- Altura dos cilindros (3 níveis)

Variável de resposta:

- Microdureza Knoop (KHN)

4.2. Materiais restauradores e técnicas de fotoativação utilizadas

Foram utilizadas duas resinas compostas fotopolimerizáveis, sendo uma microhíbrida - Filtek Z250 (3M ESPE do Brasil) na cor A2 - e outra de alta viscosidade - Surefil (Dentsply/Caulk) na cor A (FIGURA 1) - as quais foram fotoativadas com quatro técnicas (QUADRO 1): Convencional (CONV), utilizando aparelho Optilux 501 (Optilux Demetron) (FIGURA 2A), *Soft-Start* (SS) e Pulso-atrasado (PA) com aparelho V.I.P – Variable Intensity Polymerizer (Bisco, Inc.) (FIGURA 2B) e Turbo com arco de plasma de Xenônio (APX) com aparelho Apollo 95E Elite (DMD Corp. Dental Medical Diagnosis) (FIGURA 2C).



FIGURA 1 – Resinas compostas utilizadas: A – microhíbrida Filtek Z250 (3M ESPE do Brasil); B – alta viscosidade Surefil (Dentsply/Caulk).

QUADRO 1 - Apresentação dos aparelhos fotoativadores, com suas respectivas técnicas de fotoativação e resinas compostas utilizadas para a confecção dos corpos-de-prova.

APARELHOS FOTOATIVADORES	TÉCNICAS DE FOTOATIVAÇÃO (TEMPO E INTENSIDADE DE LUZ)	RESINAS COMPOSTAS
Optilux 501	CONV = 40 seg. – 836 mW/cm ²	Filtek Z250 Surefil
V.I.P	SS = 10 seg. – 65 mW/cm ² 30 seg. – 500 mW/cm ² PA = 3 seg. – 262 mW/cm ² 5 min. de espera 30 seg. – 500 mW/cm ²	Filtek Z250 Surefil
Apollo 95E Elite	APX = *3 seg. – 1485 mW/cm ²	Filtek Z250
Apollo 95E Elite	APX = *6 seg. – 1485 mW/cm ²	Surefil

* Tempo recomendado pelo fabricante do aparelho fotoativador Apollo 95E Elite



FIGURA 2 - Aparelhos fotoativadores utilizados neste experimento: **A** - Optilux 501 (Optilux Demetron); **B** - V.I.P – Variable Intensity Polymerizer (Bisco, Inc.); **C** - Apollo 95E Elite (DMD Corp. Dental Medical Diagnosis).

4.3. Determinação dos valores de intensidade de luz dos aparelhos fotoativadores

A intensidade de luz, emitida por cada aparelho fotoativador, foi medida através da utilização do radiômetro acoplado ao aparelho fotoativador Optilux 501 (FIGURAS 3A e 3B).

Esta verificação foi realizada antes da confecção dos corpos-de-prova, seguindo as intensidades de luz e tempos propostos por cada técnica de fotoativação, já descritas anteriormente. Entretanto, o aparelho V.I.P foi inicialmente calibrado utilizando sua função calibração com a intensidade de 300 mW/cm², como proposto pelo fabricante, para em seguida realizar-se a verificação da intensidade de luz desejada.

Inicialmente, acionou-se o aparelho Optilux 501, para então se posicionar a ponta ativa da ponta condutora de luz sobre a superfície fotossensível do radiômetro. O valor de intensidade, que variou conforme o aparelho utilizado, foi registrado (FIGURA 3C).

A técnica de fotoativação convencional realizada com o aparelho Optilux 501 apresentou média de intensidade de 836 mW/cm². A técnica *soft-start*, utilizando o aparelho V.I.P, apresentou média de 65 mW/cm² para o tempo/intensidade de 10seg/100 mW/cm² previamente selecionados e 500 mW/cm² para 30seg/500 mW/cm². Na técnica de pulso atraso, utilizando também o V.I.P, para o tempo e intensidade de luz de 3seg/300 mW/cm² atingiu média de 262 mW/cm² e

500 mW/cm² para 30seg/500 mW/cm². Para a técnica turbo, com arco de plasma de Xenônio, realizada com o aparelho Apollo 95E Elite, utilizando tanto o tempo de 3 seg. quanto o de 6 seg., foi obtida a média de intensidade de 1485 mW/cm².

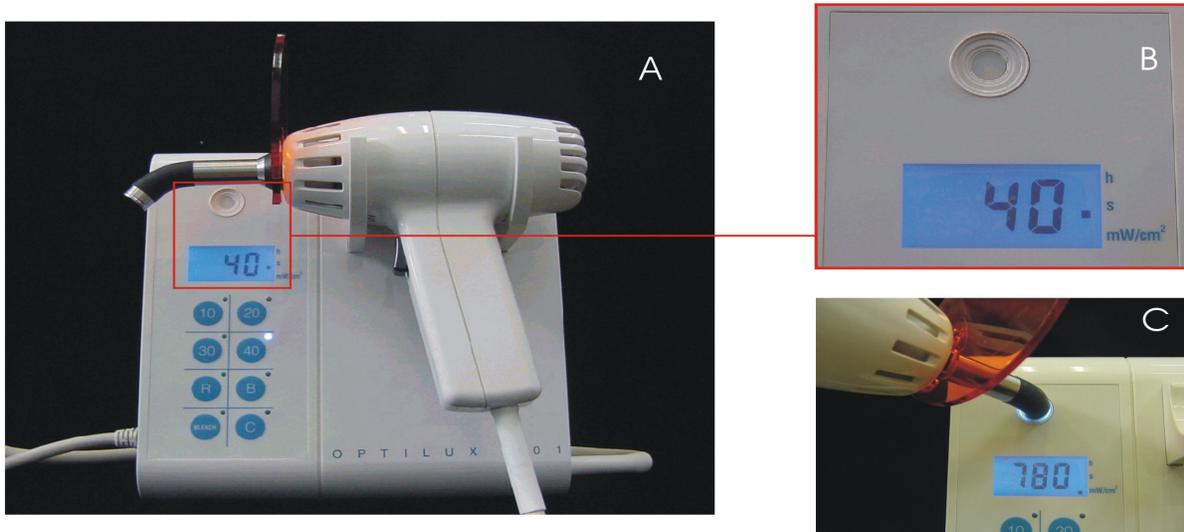


FIGURA 3 - **A** - Aparelho fotoativador Optilux 501 com radiômetro acoplado; **B** – Visão ampliada do radiômetro; **C** – Ponta fotoativadora posicionada sobre a superfície fotossensível do radiômetro.

4.4. Divisão dos grupos

Foram confeccionados 240 corpos-de-prova, a partir de matrizes cilíndricas de acrílico opaco, divididos em 24 grupos (n=10), variando-se a altura dos corpos-de-prova, material restaurador e técnicas de fotoativação, conforme ilustrado na FIGURA 4.

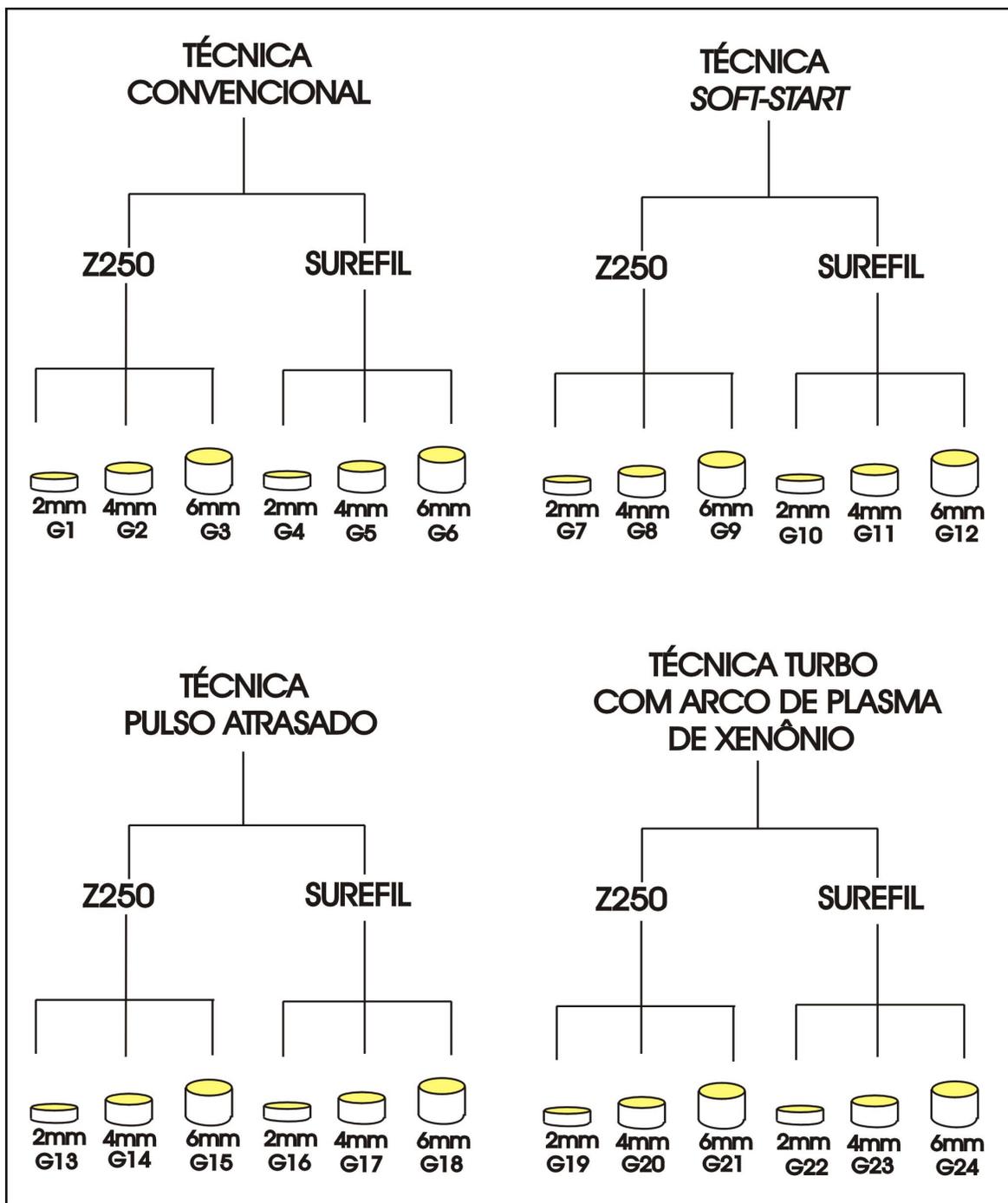


FIGURA 4 - Organograma representativo dos materiais utilizados: técnicas de fotoativação (convencional, *soft-start*, pulso atrasado e turbo com arco de plasma de Xenônio), resinas compostas (Filtek Z250 e Surefil), altura dos corpos-de-prova (2 mm, 4 mm, 6 mm) e grupos obtidos (G1, G2 ...G24).

4.5. Confeção dos corpos-de-prova

Para a obtenção dos corpos-de-prova, foram utilizadas matrizes cilíndricas de acrílico opaco com as seguintes dimensões: 4 mm de diâmetro interno, 6 mm de diâmetro externo e alturas de 2 mm, 4 mm e 6 mm.

Em uma placa de vidro, colocou-se uma fita adesiva de dupla face e, sobre esta, uma tira de poliéster. Em seguida, uma outra fita adesiva de dupla face com perfurações de 5 mm de diâmetro foi colocada sobre a tira de poliéster (FIGURA 5). Este procedimento permitiu que as matrizes ficassem fixadas, estando com sua base em contato com a tira de poliéster e impedindo o movimento da matriz durante a inserção e fotoativação da resina composta. Previamente a fixação da matriz, foi realizada uma marcação com grafite na superfície que representaria a base dos corpos-de-prova. Após a fixação da matriz, o preenchimento da sua cavidade interna foi realizado com o material restaurador previamente selecionado, utilizando uma espátula antiaderente nº 5 (Premier USA), em um único incremento.

Para padronizar a superfície de topo do cilindro de resina composta com a de base, foi colocado uma segunda tira de poliéster sobre a matriz (FIGURA 5). Em seguida, foram colocados também, uma lâmina de vidro e um peso de 500 g durante 30 segundos (CAMPOS, 2001), que permitiu a acomodação da resina composta e a obtenção de superfícies planas, facilitando, posteriormente, a leitura das medidas de dureza (FIGURA 6). A fotoativação foi realizada após remoção do

peso e da lâmina de vidro, mantendo-se a tira de poliéster e encostando-se a ponta do aparelho fotoativador sobre ela. O tempo e intensidade de fotoativação foram diferentes para cada técnica utilizada, conforme já descritas. Finalizada a fotoativação, a tira de poliéster foi removida e os corpos-de-prova foram armazenados em saliva artificial proposta por FEATHERSTONE *et al.* (1986) e modificada por SERRA & CURY (1992) (ANEXO 1).

Os corpos-de-prova foram mantidos em frascos plásticos pretos (embalagem de filme fotográfico), por 24 horas, em estufa a 37°C estando, portanto, livre de incidência de luz até a realização do teste de microdureza Knoop.

É válido salientar que foi confeccionado um corpo-de-prova por vez, seguindo uma aleatorização dos grupos.

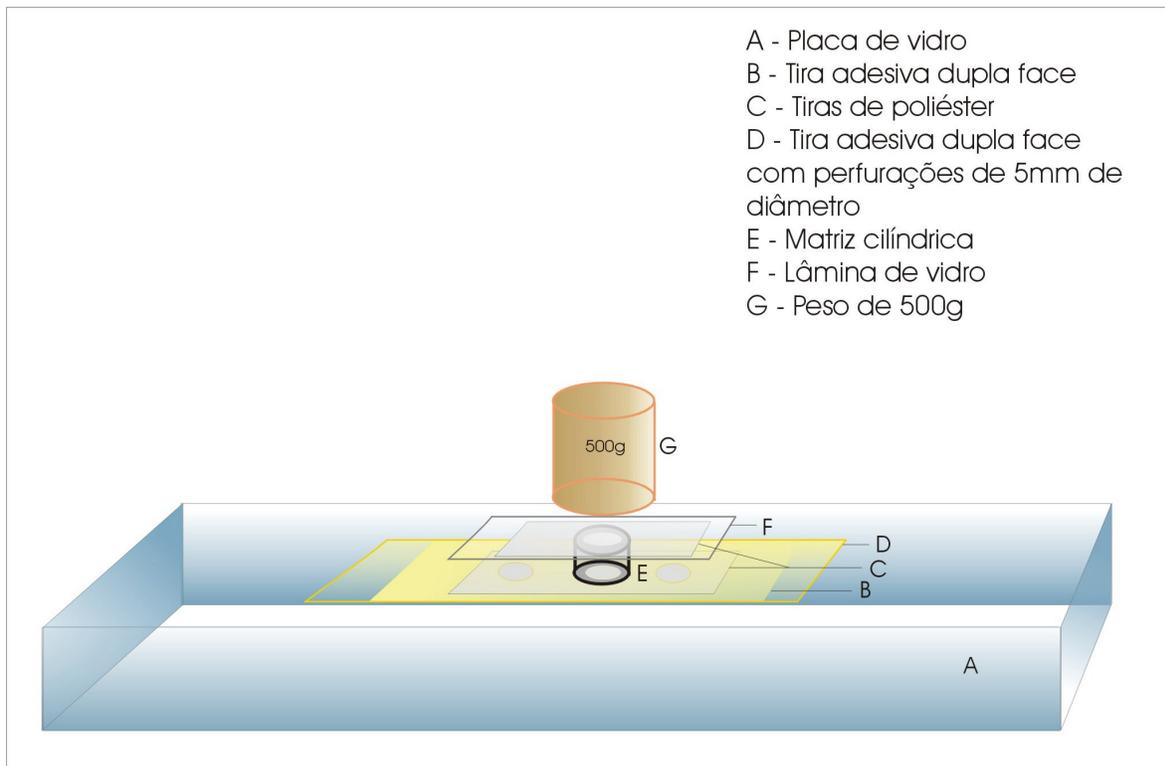


FIGURA 5 - Representação esquemática da metodologia utilizada para confecção dos corpos-de-prova.

4.6. Obtenção das medidas de dureza

As medidas de dureza foram realizadas após 24 horas contadas a partir da obtenção dos corpos-de-prova em microdurômetro de marca Future Tech (Microhardness Tester, Future Tech FM-1E, Future Tech Corp., Tokyo 140, Japan) que permitiu a avaliação da dureza Knoop (FIGURA 6).

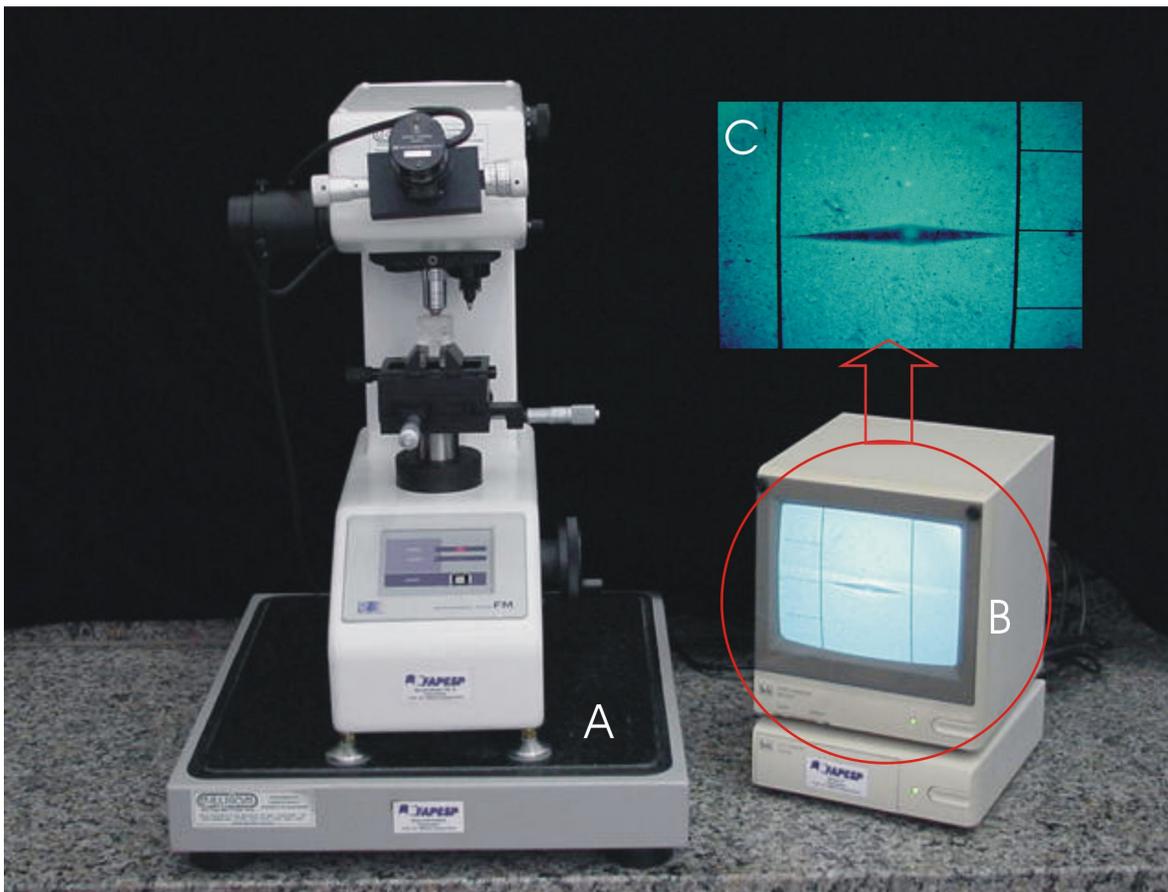


FIGURA 6 - **A** - Microdurômetro utilizado para realização das medidas de dureza Knoop; **B** – Monitor que permite a visualização da penetração; **C** – Mensuração da indentação com auxílio das barras verticais.

Para a realização das indentações nos corpos-de-prova é necessário que as superfícies estejam planas e limpas. Então, foi utilizado um dispositivo em forma de cubo com perfurações no centro de cada face, com diâmetro de 7 mm e profundidades correspondentes às alturas das matrizes, ou seja, 2 mm, 4 mm e 6 mm (FIGURA 7A). Os corpos-de-prova foram fixados dentro das respectivas perfurações do cubo com cera utilidade (FIGURA 7B). No entanto, para impedir que a cera impregnasse a superfície da resina composta e dificultasse a posterior realização das indentações, foi colocado um filme transparente de PVC (polivinil cloreto) entre a cera e o corpo-de-prova (FIGURA 7C). Após este procedimento, inseriu-se o corpo-de-prova dentro da perfuração e, sobre ele, pôs-se papel toalha, para ser realizada a planificação em um planificador manual – prensa (FIGURAS 7D e 7E).

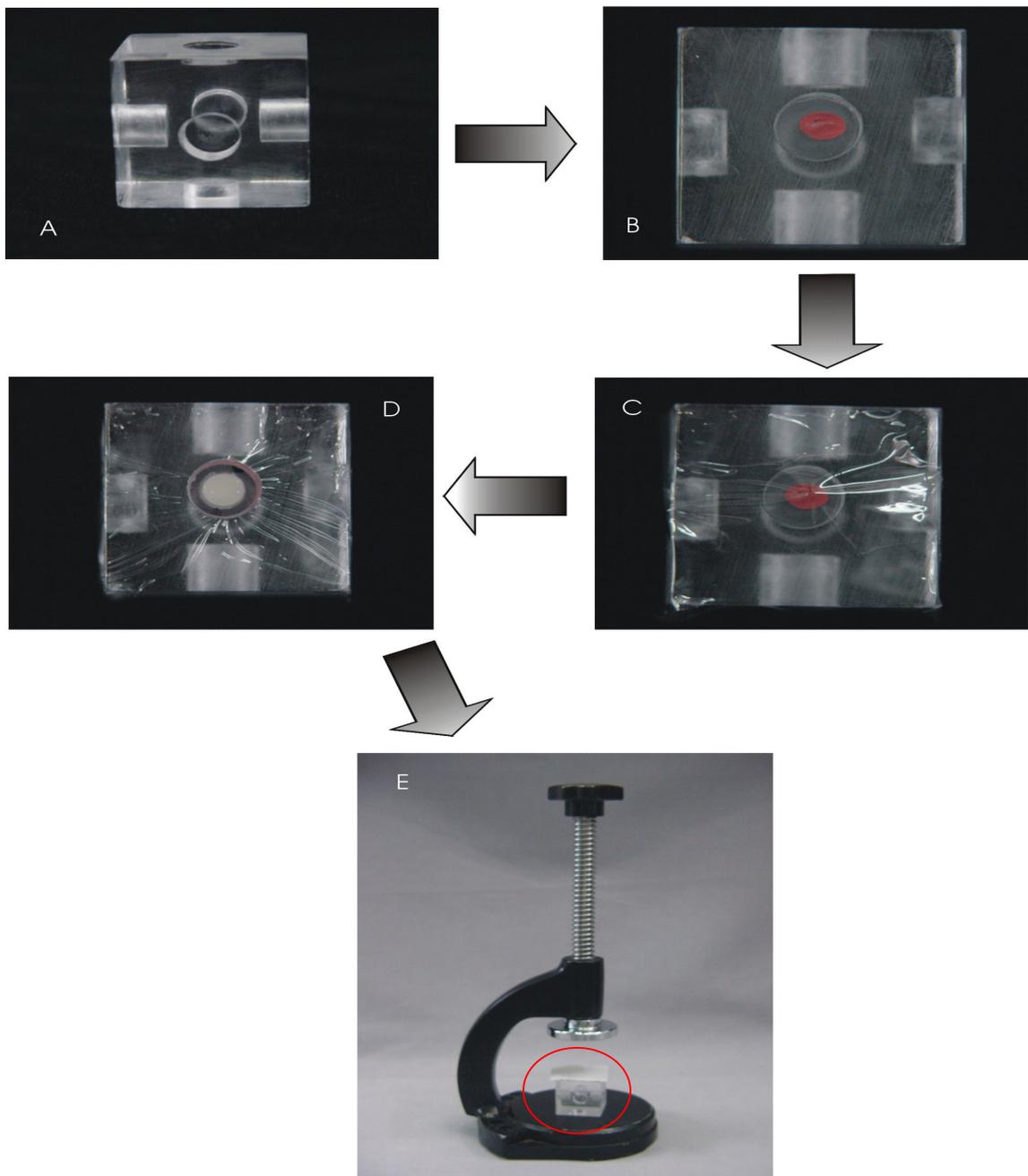


FIGURA 7 - Representação do preparo do espécime para avaliação da dureza. **A** - Cubo com perfurações de 2, 4 e 6 mm de profundidade; **B** - Perfuração com cera utilidade; **C** - Filme de PVC sobre a cera; **D** - Corpo-de-prova dentro da perfuração correspondente a sua altura; **E** - Planificador manual com o conjunto corpo-de-prova/cubo.

A medida de dureza Knoop foi realizada nas superfícies de base e topo, em cinco pontos eqüidistantes (FIGURA 8), utilizando carga de 25 gramas por 20 segundos. Após cada indentação, foi mensurada a diagonal maior referente ao losango (indentação), com auxílio das barras verticais presente no visor do microdurômetro (FIGURA 6C).

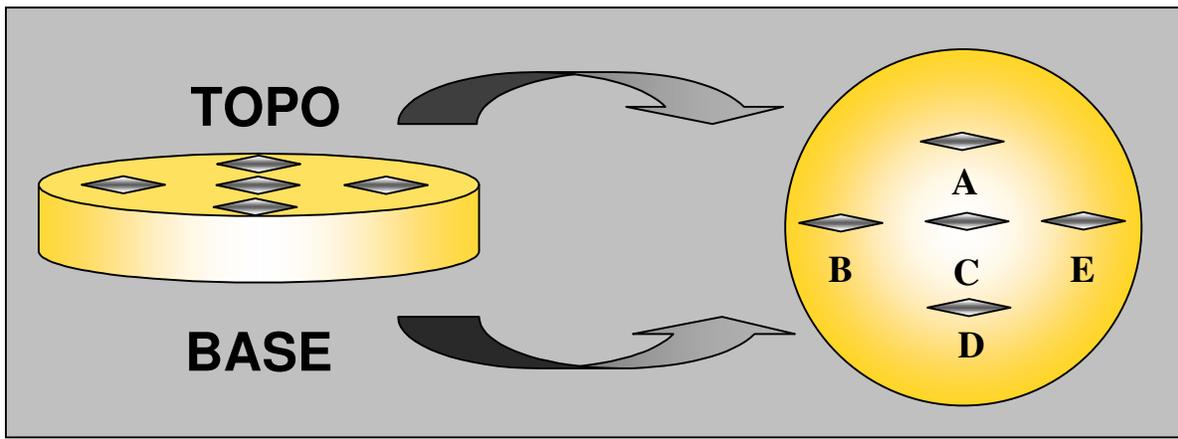


FIGURA 8 - Representação das localizações das indentações nas superfícies de base e topo dos corpos-de-prova. Distância entre A-C, B-C, D-C, E-C = 1mm.

Para cada superfície foi feita uma média das cinco indentações que, foi transformada em número de dureza Knoop (KHN - Knoop Hardness Number) utilizando a seguinte fórmula:

$$KHN = \frac{14230 \times F}{d^2}$$

F = força, em gramas (25 gramas)
d = distância da diagonal maior, em micrômetro.

A média dos valores de dureza de Knoop para cada grupo também foi calculada e os resultados foram tabulados e submetidos à análise estatística paramétrica.

4.7. Análise estatística

Para comparar as médias de dureza Knoop em função das técnicas de fotoativação (4 técnicas), tipo de resina composta (2 resinas compostas) e altura dos corpos-de-prova (3 alturas), procedeu-se a análise estatística dos resultados obtidos.

Inicialmente, foram feitas a análise descritiva (média e desvio padrão) e a análise exploratória (normalidade e homogeneidade) utilizando o Software SAS.

No sistema SANEST – Sistema de Análise Estatística – realizou-se a Análise de Variância, em esquema de parcelas subdivididas, sendo a parcela representada pelos fatores: técnica de fotoativação (TEC), resina composta (RES) e altura dos corpos-de-prova (ALT); e as sub-parcelas representadas pelo fator superfície: base e topo. (Tabela 1)

Verificado o efeito estatístico significativo, aplicou-se o teste Tukey ($p < 0,05$) para comparações múltiplas entre os grupos.

TABELA 1 - Esquema da Análise de variância.

CAUSAS DAS VARIACÕES	GRAU DE LIBERDADE (G.L)
TEC	3
RES	1
ALT	2
TEC*RES	3
TEC*ALT	6
RES*ALT	2
TEC*RES*ALT	6
RESIDUO (A)	216
<hr/>	
PARCELAS	239
SUP	1
TEC*SUP	3
RES*SUP	1
ALT*SUP	2
TEC*RES*SUP	3
TEC* ALT*SUP	6
RES* ALT*SUP	2
TEC*RES*ALT*SUP	6
RESIDUO (B)	216
<hr/>	
TOTAL	479
<hr/>	

5. RESULTADOS

Por meio dos resultados encontrados na Análise de Variância, pôde-se observar os efeitos dos fatores: Técnica de fotoativação - TEC ($p=0,00001$), Resina composta - RES ($p=0,00002$), Altura – ALT ($p=0,00001$) Superfície – SUP ($p=0,00001$). Encontrou-se então, interação significativa ($p<0,05$) para os efeitos: TEC*ALT ($p=0,00007$), RES*ALT ($p=0,02799$), TEC*SUP ($p=0,00001$), RES*SUP ($p=0,00002$), ALT*SUP ($p=0,00001$), TEC*RES*SUP ($p=0,00673$), TEC*RES*SUP ($p=0,00005$), conforme ilustrado na TABELA 2.

TABELA 2 - Análise de Variância.

Causas da variação	Grau de liberdade (G.L)	Soma dos quadrados (S.Q)	Quadrado médio (Q.M)	Valor F	Prob.>F
TEC	3	15755.3004	5251.7668	164.5872	0.00001
RES	1	861.6789	861.6789	27.0045	0.00002
ALT	2	2710.5185	1355.2592	42.4730	0.00001
TEC*RES	3	187.1907	62.3969	1.9555	0.12017
TEC* ALT	6	1092.2801	182.0466	5.7052	0.00007
RES* ALT	2	230.0321	115.0160	3.6045	0.02799
TEC*RES* ALT	6	141.2213	23.5368	0.7376	0.62184
RESÍDUO (A)	216	6892.2846	31.9087		
PARCELAS	239	27870.5069			
SUP	1	17482.0429	17482.0429	702.4889	0.00001
TEC*SUP	3	2629.8027	875.6009	35.2249	0.00001
RES*SUP	1	636.7012	636.7012	25.5849	0.00002
ALT *SUP	2	2925.6805	1462.8402	58.7820	0.00001
TEC*RES*SUP	3	313.8871	104.6290	4.2044	0.00673
TEC* ALT *SUP	6	881.73	146.9554	5.9052	0.00005
RES* ALT *SUP	2	43.9231	21.9615	0.8825	0.58190
TEC*RES*ALT*SUP	6	303.0370	50.5061	2.0295	0.06234
RESÍDUO (B)	216	5375.3464	24.8858		
TOTAL	479	58462.6612			

MÉDIA GERAL = 49,883141

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (A) = 8,007 %

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO (B) = 10,001 %

Avaliando as TABELAS 3 e 4, relativas à análise estatística empregando o teste Tukey, pode-se notar que tanto para a resina composta microhíbrida Filtek Z250, quanto para a resina composta de alta viscosidade Surefil, a técnica convencional apresentou-se com médias de microdureza Knoop significativamente maiores, quando comparadas às demais técnicas, para as alturas de 2 e 4 mm, independente das superfícies avaliadas (base e topo). Entretanto, para altura de 6mm não se diferiu da técnica *soft-start*. Pode se notar, também, que a técnica *soft-start* e de pulso atrasado não diferiram significativamente nas superfícies de topo e base nos cilindros de 2 mm; porém, para as alturas de 4 mm e 6 mm a *soft-start* apresentou-se melhor, independente da superfície avaliada. Avaliando a fotoativação com arco de plasma de Xenônio, nota-se que esta se comportou de maneira semelhante à técnica de pulso atrasado para a altura de 2 mm, em ambas superfícies, base e topo, e resinas compostas utilizadas; porém, para as alturas de 4 mm e 6 mm apresentou medidas de durezas significativamente menor.

TABELA 3 – Médias de dureza Knoop para a resina composta microhíbrida Filtek Z250 de acordo com as alturas dos corpos-de-prova, superfícies e técnicas de fotoativação utilizadas.

Superfície	Técnica de fotoativação	Alturas					
		2 mm		4 mm		6 mm	
		Média	(DP)	Média	(DP)	Média	(DP)
Base	CONV	59,31A	3,01	57,41A	2,89	51,72A	4,88
	SS	55,96B	3,46	50,32B	2,31	46,05A	10,00
	PA	50,44BC	3,34	45,77C	7,65	45,18B	4,43
	APX	45,50C	3,57	26,98D	5,00	21,39C	3,89
Topo	CONV	61,44A	4,75	61,31A	4,46	60,47A	4,97
	SS	59,40B	2,36	59,79B	3,82	57,86A	6,12
	PA	55,45BC	4,44	54,29C	4,48	53,26B	4,02
	APX	51,09C	3,19	51,82D	3,34	52,48C	2,36
Tukey		54,82a		50,96b		48,55c	

Médias seguidas de letras distintas (maísculas na vertical dentro de cada superfície e minúsculas na horizontal) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

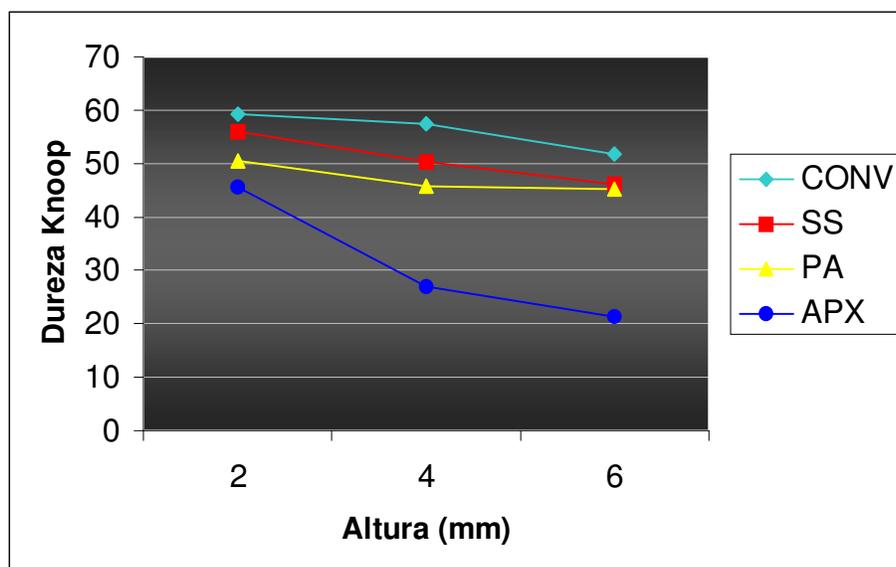


FIGURA 9: Gráfico representativo da dureza Knoop na superfície de base dos corpos-de-prova confeccionados com resina composta microhíbrida, quando submetidas às técnicas de fotoativação CONV, SS, PA e APX.

TABELA 4 – Médias de dureza Knoop para a resina composta de alta viscosidade Surefil de acordo com as alturas dos corpos-de-prova, superfícies e técnicas de fotoativação utilizadas.

Superfície	Técnica de fotoativação	Alturas					
		2 mm		4 mm		6 mm	
		Média	(DP)	Média	(DP)	Média	(DP)
Base	CONV	55,05A	4,52	46,29A	9,30	46,12A	4,67
	SS	48,68B	4,32	41,13B	2,32	42,41A	4,63
	PA	46,54BC	4,02	37,13C	4,48	39,50B	6,08
	APX	43,43C	1,66	25,99D	3,62	23,96C	3,18
Topo	CONV	62,47A	4,69	62,81A	5,04	59,13A	3,42
	SS	58,08B	3,67	54,44B	3,66	59,83A	5,38
	PA	52,11BC	4,95	53,06C	3,73	54,10B	5,55
	APX	52,08C	3,49	50,24D	4,77	50,36C	3,05
Tukey		52,30a		46,38b		46,92b	

Médias seguidas de letras distintas (maiúsculas na vertical dentro de cada superfície e minúsculas na horizontal) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

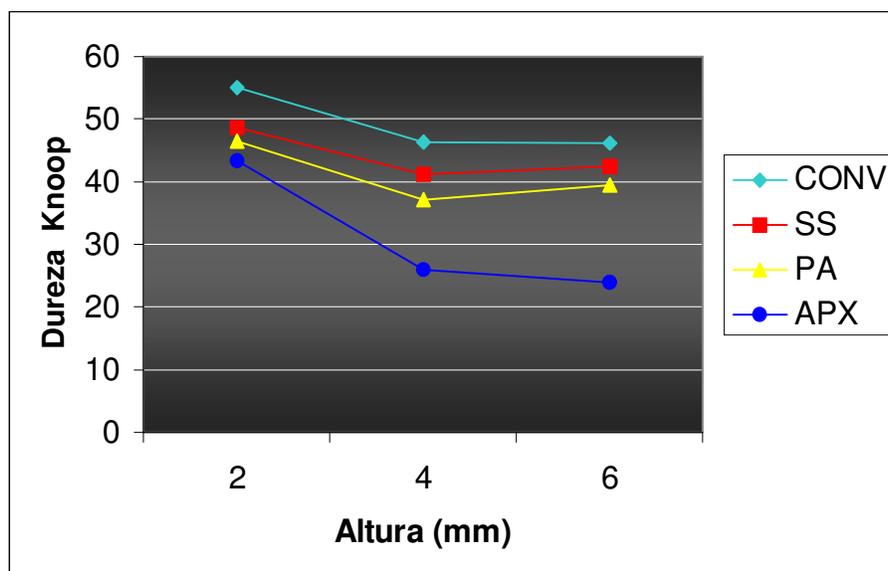


FIGURA 10: Gráfico representativo da dureza Knoop na superfície de base dos corpos-de-prova confeccionados com resina composta de alta viscosidade, quando submetido às técnicas de fotoativação CONV, SS, PA e APX.

Quando se compara as resinas compostas entre si (TABELAS 5, 6 e 7), independentemente da técnica de fotoativação utilizada, altura e superfícies avaliadas, a resina composta microhíbrida convencional obteve resultados de microdureza significativamente maiores.

TABELA 5 – Médias de dureza Knoop para altura de 2 mm, de acordo com o tipo de resina composta, superfícies e técnicas de fotoativação utilizadas.

Superfície	Técnica fotoativação	Resina composta			
		Z250		Surefil	
		Média	(DP)	Média	(DP)
Base	CONV	59,31A	3,01	55,05A	4,52
	SS	55,96B	3,46	48,68B	4,32
	PA	50,44BC	3,34	46,54BC	4,02
	APX	45,50C	3,57	43,43C	1,66
Topo	CONV	61,44A	4,75	62,47A	4,69
	SS	59,40B	2,36	58,08B	3,67
	PA	55,45BC	4,44	52,11BC	4,95
	APX	51,09C	3,19	52,08C	3,49
	Tukey	54,82a		52,30b	

Médias seguidas de letras distintas (maiúsculas na vertical dentro de cada superfície e minúsculas na horizontal) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

TABELA 6 – Médias de dureza Knoop para altura de 4 mm, de acordo com o tipo de resina composta, superfícies e técnicas de fotoativação utilizadas.

Superfícies	Técnica de fotoativação	Resina composta			
		Z250		Surefil	
		Média	(DP)	Média	(DP)
Base	CONV	57,41 A	2,89	46,29A	9,30
	SS	50,32B	2,31	41,13B	2,32
	PA	45,77C	7,65	37,13C	4,48
	APX	26,98D	5,00	25,99D	3,62
Topo	CONV	61,31A	4,46	62,81A	5,04
	SS	59,79B	3,82	54,44B	3,66
	PA	54,29C	4,48	53,06C	3,73
	APX	51,82D	3,34	50,24D	4,77
Tukey		50,96a		46,38b	

Médias seguidas de letras distintas (maiúsculas na vertical dentro de cada superfície e minúsculas na horizontal) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

TABELA 7 – Médias de dureza Knoop para altura de 6 mm, de acordo com o tipo de resina composta, superfícies e técnicas de fotoativação utilizadas.

Superfícies	Técnica de fotoativação	Resina composta			
		Z250		Surefil	
		Média	(DP)	Média	(DP)
Base	CONV	51,72A	4,88	46,12A	4,67
	SS	46,05A	10,00	42,41A	4,63
	PA	45,18B	4,43	39,50B	6,08
	APX	21,39C	3,89	23,96C	3,18
Topo	CONV	60,47A	4,97	59,13A	3,42
	SS	57,86A	6,12	59,83A	5,38
	PA	53,26B	4,02	54,10B	5,55
	APX	52,48C	2,36	50,36C	3,05
Tukey		48,55a		46,92b	

Médias seguidas de letras distintas (maiúsculas na vertical dentro de cada superfície e minúsculas na horizontal) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Avaliando as médias de dureza nos cilindros de 2, 4 e 6 mm de alturas nas TABELAS 8, 9, 10 e 11, observa-se que, tanto para a técnica de fotoativação convencional, *soft-start* e de pulso atrasado, quanto para a fotoativação turbo, arco de plasma de Xenônio, encontrou-se para a resina composta microhíbrida, os maiores valores de dureza Knoop na altura de 2 mm, estando a altura de 4mm em posição intermediária e 6 mm com menores valores de microdureza; porém, para a resina composta de alta viscosidade não houve diferença estatística para as alturas de 4 e 6 mm; entretanto, a altura de 2 mm também apresentou os maiores valores. Observa-se, também, que sempre as superfícies de topo tiveram medidas de dureza significativamente maiores que a superfícies de base.

TABELA 8 – Médias de dureza Knoop para técnica de fotoativação convencional, de acordo com altura do corpo-de-prova, tipo de resina composta e superfícies avaliadas.

Resina Composta	Superfície	Alturas					
		2 mm		4 mm		6 mm	
		Média	(DP)	Média	(DP)	Média	(DP)
Z250	Base	59,31B	3,01	57,41B	2,89	51,72B	4,88
	Topo	61,44A	4,75	61,31A	4,46	60,47A	4,97
Tukey		60,37a		59,36b		56,09c	
Surefil	Base	55,05B	4,52	46,29B	9,30	46,12B	4,67
	Topo	62,47A	4,69	62,81A	5,04	59,13A	3,42
Tukey		58,76a		54,55b		52,62b	

Médias seguidas de letras distintas (maiúsculas na vertical dentro de cada resina composta e minúsculas na horizontal) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

TABELA 9 – Médias de dureza Knoop para técnica de fotoativação *soft-start*, de acordo com altura do corpo-de-prova, tipo de resina composta e superfícies avaliadas.

Resina Composta	Superfície	Alturas					
		2 mm		4 mm		6 mm	
		Média	(DP)	Média	(DP)	Média	(DP)
Z250	Base	59,31B	3,01	57,41B	2,89	51,72B	4,88
	Topo	59,40A	2,36	59,79A	3,82	57,86A	6,12
Tukey		59,35a		58,60b		54,79c	
Surefil	Base	48,68B	4,32	41,13B	2,32	42,41B	4,63
	Topo	58,08A	3,67	54,44A	3,66	59,83A	5,38
Tukey		53,38a		47,78b		51,12b	

Médias seguidas de letras distintas (maiúsculas na vertical dentro de cada resina composta e minúsculas na horizontal) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

TABELA 10 – Médias de dureza Knoop para técnica de fotoativação de pulso atrasado, de acordo com altura do corpo-de-prova, tipo de resina composta e superfícies avaliadas.

Resina Composta	Superfície	Alturas					
		2mm		4mm		6mm	
		Média	(DP)	Média	(DP)	Média	(DP)
Z250	Base	50,44B	3,34	45,77B	7,65	45,18B	4,43
	Topo	55,45A	4,44	54,29A	4,48	53,26A	4,02
Tukey		52,94a		50,03b		49,22c	
Surefil	Base	46,54B	4,02	37,13B	4,48	39,50B	6,08
	Topo	52,11A	4,95	53,06A	3,73	54,10A	5,55
Tukey		49,32a		45,09b		46,8b	

Médias seguidas de letras distintas (maiúsculas na vertical dentro de cada resina composta e minúsculas na horizontal) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

TABELA 11 – Médias de dureza Knoop para técnica de fotoativação turbo, com arco de plasma de Xenônio, de acordo com altura do corpo-de-prova, tipo de resina composta e superfícies avaliadas.

Resina	Superfície	Alturas					
		2 mm		4 mm		6 mm	
Composta		Média	(DP)	Média	(DP)	Média	(DP)
Z250	Base	45,50B	3,57	26,98B	5,00	21,39B	3,89
	Topo	51,09A	3,19	51,82A	3,34	52,48A	2,36
Tukey		48,29a		39,40b		36,93c	
Surefil	Base	43,43B	1,66	25,99B	3,62	23,96B	3,18
	Topo	52,08A	3,49	50,24A	4,77	50,36A	3,05
Tukey		47,75a		38,11b		37,16b	

Médias seguidas de letras distintas (maiúsculas na vertical dentro de cada resina composta e minúsculas na horizontal) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

6. DISCUSSÃO

A adequada polimerização das resinas compostas é um fator crucial para a obtenção de ótimas propriedades físicas e performance clínica das restaurações realizadas com esses tipos de materiais restauradores (ASMUSSEN, 1982; BAYNE *et al.*, 1994). Alguns problemas podem estar associados com a inadequada polimerização, tais como: propriedades físicas reduzidas (ASMUSSEN, 1982; FERRACANE, 1985; YEARN, 1985; PEARSON & LONGMAN, 1989), solubilidade no meio bucal (PEARSON, & LONGMAN, 1989), microinfiltração (BRACKETT *et al.*, 2000) e, até mesmo, irritação pulpar (FERRACANE, 1985).

A polimerização das resinas compostas está intimamente relacionada com algumas particularidades do material restaurador e também da fonte de luz fotoativadora, tais como: tamanho e tipo das partículas de carga (RUYTER & OYSAED, 1982; YEARN, 1985 RUEGGERBERG, *et al.*, 1993; CORRER SOBRINHO, *et al.*, 2000), concentração do fotoiniciador (YEARN, 1985; KRISHNAN & YAMUNA, 1998), tipo de monômero resinoso (ASMUSSEN, 1982; RUYTER & OYSAED, 1982), cor – quantidade de pigmento (SAKAGUCHI *et al.* 1992; RUEGGERBERG, *et al.*, 1993) e espessura do material (GHENG & GARONE NETO, 1988; RUEGGERBERG, *et al.*, 1993), tempo de exposição (LEUNG *et al.*, 1983; YEARN, 1985) e distância da ponta fotoativadora (YEARN, 1985; SAKAGUCHI *et al.* 1992, PIRES *et al.*, 1993; BAYNE *et al.*, 1994; CORRER SOBRINHO, *et al.*, 2000), assim como, intensidade e comprimento

de onda da luz fotoativadora (BLANKENAU *et al.*, 1983; YEARN, 1985; RUEGGERBERG, *et al.*, 1993).

No presente estudo, procurou-se comparar a capacidade de polimerização das técnicas de fotoativação convencional, *soft-start*, de pulso atrasado e turbo com arco de plasma de Xenônio, que possuem intensidades e tempos de fotoativação diferentes, resultando em densidade de energia variável. Variou-se também, o material restaurador e profundidade de polimerização. Para verificar o grau de polimerização, utilizou-se o teste de microdureza Knoop, pois segundo alguns autores este é um método indireto simples e eficiente para verificar a profundidade de polimerização das resinas compostas (FERRACANE, 1985; YEARN, 1985).

Essas técnicas de fotoativação possuem algumas particularidades as quais se referem ao tempo e intensidade de luz empregada. A técnica denominada *soft-start* inicia a fotoativação com uma intensidade de luz baixa - variando entre 17 mW/cm² (MEHL *et al.*, 1997) a 400 mW/cm² (AMARAL *et al.*, 2002) por poucos segundos, seguida de uma fotoativação final com alta intensidade – 450 mW/cm² (MEHL *et al.*, 1997) a 720 mW/cm² (AMARAL *et al.*, 2002). Há também outra técnica, denominada de pulso atrasado, em que se inicia a fotoativação com baixa intensidade – variando entre 100 mW/cm² (YAP, SOH & SLOW, 2002b) a 425 mW/cm² (SAHAFI, PEUTZFELDT & ASMUSSEN, 2001a), porém aguarda-se um período de 3 a 5 minutos, para então, finalizá-la com alta intensidade - 500 mW/cm² (YAP, SOH & SLOW, 2002b) a 750 mW/cm² (SAHAFI, PEUTZFELDT & ASMUSSEN, 2001a) . Já

a técnica turbo, com arco de plasma de Xenônio preconiza uma fotoativação com alta intensidade – 980 mW/cm² (PEUTZFELD *et al.*, 2000) a 1999 mW/cm² (PRINCE *et al.*, 2002) de luz por poucos segundos e a técnica convencional utiliza intensidade relativamente alta e contínua – 300 mW/cm² (HASEGAWA *et al.*, 2001) a 900 mW/cm² (PARK, *et al.*, 2002) por um período de tempo também relativamente alto.

No presente estudo, quando se compara as técnicas de fotoativação convencional, *soft-start*, de pulso atrasado e turbo, com arco de plasma de Xenônio entre si, encontrou-se os maiores valores de dureza Knoop para a técnica convencional (839 mW/cm² por 40 seg.), tanto para a resina composta microhíbrida quanto para a de alta viscosidade, em todas as profundidades e superfícies avaliadas, exceto para a profundidade de 6mm, onde esta técnica não diferiu da *soft-start* (TABELAS 3 e 4). Uma provável explicação para tais resultados pode estar na densidade de energia apresentada por cada técnica. Segundo PEUTZFELDT *et al.*, em 2000 e YAP & SENEVIRATNE, em 2001, a densidade de energia, expressa em J/cm², influência no grau de polimerização das resinas compostas, pois uma alta densidade pode resultar em alto grau de conversão. Por sua vez, esse alto grau de conversão pode conferir adequada dureza ao material restaurador (ASMUSSEN, 1982; FERRACANE, 1985).

Para compreender melhor a importância da densidade de energia no processo de polimerização das resinas compostas fotoativadas, é necessário que se compreenda a reação de polimerização. As resinas compostas fotoativadas apresentam, em sua composição, moléculas fotoiniciadoras que, na maioria dos

materiais, é a canforoquinona. Também apresentam amina terciária que acelera a reação de polimerização. Quando expostas a um comprimento de onda adequado – 450 a 490 nm (NOMOTO, 1997) -, a canforoquinona torna-se excitada e passa de seu estado fundamental para um estado triplo excitado. Assim, ela se torna capaz de reagir com a amina terciária, formando radicais livres que são extremamente reativos (KRISHNAN & YAMUNA, 1998). Estes radicais iniciam o processo de polimerização por adição de monômeros, através de ligações químicas cruzadas entre as cadeias, ou seja, o monômero possui ligação dupla de carbono (C=C), que irá reagir com o radical livre. Dessa forma, processa-se a reação em cadeia, na qual a ligação dupla de carbono, reagindo com o radical livre, passa a ter um elétron reativo disposto a se ligar com outra ligação dupla. A reação de formação de polímero só terminará quando dois radicais livres complexos colidirem (PHILLIPS, 1995). Dessa maneira, é necessário que se tenha uma intensidade de luz e tempo de exposição suficientes para promover a excitação da canforoquinona e conseqüente formação de radicais livres, bem como para a formação das ligações químicas entre os monômeros resinosos durante o processo de polimerização (KRISHNAN & YAMUNA, 1998). Logo, o grau de conversão de monômeros em polímeros também está diretamente relacionado à quantidade de energia a qual a resina composta é submetida.

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

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

P – potência da fonte de luz em mW/cm²

T – tempo de exposição em segundos

Neste estudo, as densidades de energia apresentadas pelas técnicas de fotoativação foram: convencional – $33,56 \text{ J/cm}^2$ ($836 \text{ mW/cm}^2 \times 40 \text{ seg.} / 1000$), *soft-start* - $15,65 \text{ J/cm}^2$ ($65 \text{ mW/cm}^2 \times 10 \text{ seg.} / 1000 + 500 \text{ mW/cm}^2 \times 30 \text{ seg.} / 1000$), pulso atrasado – $15,78 \text{ J/cm}^2$ ($262 \text{ mW/cm}^2 \times 3 \text{ seg.} / 1000 + 500 \text{ mW/cm}^2 \times 30 \text{ seg.} / 1000$), turbo, com arco de plasma de Xenônio_{Z250} – $4,45 \text{ J/cm}^2$ ($1485 \text{ mW/cm}^2 \times 3 \text{ seg.} / 1000$), turbo, com arco de plasma de Xenônio_{Surefil} – $8,91 \text{ J/cm}^2$ ($1485 \text{ mW/cm}^2 \times 6 \text{ seg.} / 1000$). Portanto, a técnica convencional forneceu a maior densidade de energia, justificando os maiores valores de dureza encontrados para ambas superfícies (base e topo) e resinas compostas. Entretanto, como já mencionado anteriormente, não houve diferença estatística significativa quando comparada com a técnica *soft-start* na profundidade de 6 mm, mostrando que mesmo possuindo maior densidade, sua eficiência de polimerização diminuiu quando se polimeriza incrementos muito espessos, chegando a ter capacidade de polimerização semelhante a *soft-start*, que apresentou menos da metade da sua densidade de energia. A técnica turbo, com arco de plasma de Xenônio, apresentou os menores valores de densidade, tanto para a resina composta microhíbrida quanto para a de alta viscosidade, justificando os menores valores de dureza Knoop encontrados nas profundidades de 2, 4 e 6 mm e superfícies (base

e topo) (TABELAS 3 e 4). As técnicas *soft-start* e de pulso atrasado tiveram uma diferença pequena para a densidade de energia, sendo 15,65 J/cm² e 15,78 J/cm², respectivamente. Essa semelhança na densidade pode ter influenciado os resultados, pois não se encontrou diferença estatística significativa entre elas para os corpos-de-prova de 2 mm, para ambas as superfícies (base e topo) e resinas compostas (microhíbrida e alta viscosidade) avaliadas. Entretanto, para 4 e 6 mm, a técnica *soft-start* apresentou valores de dureza maiores que a de pulso atrasado, diferindo estatisticamente (TABELAS 3 e 4). Tal resultado pode ser devido a uma maior continuidade da incidência de luz na primeira fase da polimerização das técnicas, ou seja, na fase em que se inicia a fotoativação com baixa intensidade, pois para a *soft-start* incide-se a luz por 10 segundos contínuos e a de pulso atrasado, por somente 3 segundos. Essa continuidade de luz parece beneficiar a profundidade de polimerização, pois segundo RUEGGEBERG *et al.*, em 1994, em profundidades maiores que 2 mm o tempo de exposição torna-se um fator crucial na polimerização.

Os resultados deste trabalho confirmam os achados de PEUTZFELDT *et al.*, em 2000, que avaliaram algumas propriedades físicas de uma resina composta microhíbrida quando fotoativada com arco de plasma de Xenônio e luz halógena. Segundo esses autores, a profundidade de fotoativação da luz de plasma de Xenônio é muito pequena, devido a sua baixa densidade de energia e curto tempo de fotoativação (3 segundos). PARK *et al.*, em 2002, também compararam a microdureza de resinas compostas com espessuras de 2 e 3 mm

quando fotoativados com luz halógena (30 e 60 seg.) e arco de plasma de Xenônio (3, 6 e 12 seg.). Nesse estudo, também encontrou-se menores valores de dureza, tanto para 2 e 3 mm, quando foi utilizado o arco de plasma de Xenônio por 3 segundos. SHARKEY *et al.*, em 2001, avaliaram a microdureza de resinas compostas com 2 mm de espessura quando fotoativadas por luz halógena e arco de plasma de Xenônio e encontraram menores valores de dureza para resinas compostas fotoativadas por essa última fonte de luz. Segundo esses autores, a menor densidade de energia apresentada por essa fonte de luz justifica o resultado encontrado. PRICE *et al.*, em 2002, observaram que as resinas compostas com 2, 3, 4, e 5 mm de espessura apresentam menores valores de dureza quando fotoativadas com arco de plasma de Xenônio (3 segundos com 1999mW/cm^2). Entretanto, para HASEGAWA *et al.*, em 2001, as resinas compostas fotoativadas com arco de plasma de Xenônio apresentaram maior profundidade de polimerização quando comparadas à luz halógena. Cabe salientar que estes autores utilizaram um período de fotoativação de 10 segundos com intensidade de 1040 mW/cm^2 para luz de arco de plasma de Xenônio e avaliaram a profundidade de polimerização das resinas compostas através da mensuração da porção polimerizada após a remoção, com solvente, da porção não polimerizada. Diferindo então, da metodologia utilizada no presente estudo, que utilizou um período de 3 e 6 segundos de exposição e avaliação da profundidade de polimerização através do teste de microdureza Knoop.

MEHL *et al.*, em 1997, avaliaram também as propriedades físicas de uma resina composta microhíbrida quando fotoativada com a técnica de fotoativação convencional e *soft-start*. Para a propriedade de microdureza, realizada em corpos-de-prova com 2 mm de espessura, não houve diferença estatisticamente significativa entre as técnicas de fotoativação, diferentemente dos resultados encontrados neste estudo, em que para altura de 2 mm a técnica convencional apresentou os maiores valores de dureza Knoop. YOSHIKAWA, BURROW & TAGAMI, em 2001, avaliaram o efeito da técnica de pulso atrasado sobre a microdureza de uma resina composta microhíbrida. Entretanto, não encontraram diferença estatística significativa quando comparada a fotoativação convencional com 600 mw/cm^2 por 60 segundos. Cabe ressaltar que estes autores avaliaram a microdureza em incremento de apenas 1mm, o que pode estar levando a este resultado. YAP *et al.* (2002b) avaliaram a efetividade da polimerização de uma resina composta com 2 mm de espessura, quando fotoativada com as técnicas convencional, de pulso atrasado e *soft-start*. Nesse estudo, a técnica convencional apresentou os melhores resultados de microdureza e a técnica de pulso atrasado, por sua vez, obteve maiores valores de dureza quando comparada a técnica *soft-start*, diferentemente dos nossos resultados, onde as técnicas de pulso atrasado e *soft-start* não apresentaram diferença estatística significativa para 2 mm de altura.

A polimerização das resinas compostas pode também sofrer influência de outros fatores, além das técnicas de fotoativação, tais como, espessura do incremento e composição da resina composta utilizada. No presente estudo,

quando se comparou os valores de dureza Knoop da resina composta microhíbrida em diferentes profundidades, observou-se que o grau de polimerização diminuiu à medida que se aumentou a profundidade, onde a dureza da superfície de base, para altura de 2 mm foi maior que a de 4 mm, que por sua vez foi maior que a de 6 mm, independente da técnica de fotoativação utilizada (TABELA 3 e FIGURA 9). Cabe ressaltar que, dentro de cada técnica, os valores de dureza na superfície de topo foram semelhantes para todas as alturas. Estes resultados confirmam outros estudos (RUEGGBERG *et al.*, 1993; PRICE *et al.*, 2002), os quais comprovam que à medida que a superfície da resina composta se afasta da fonte de luz ocorre uma redução na eficiência de polimerização, pois parte da luz que atravessa o material é absorvida e parte refletida, atenuando a sua efetividade conforme o aumento da profundidade (RUYTER & OYSAED, 1981, CORRER SOBRINHO, *et al.*, 2000).

Entretanto, quando se verificou a profundidade de polimerização da resina composta de alta viscosidade – Surefil, através do teste de microdureza, observou-se, para todas as técnicas de fotoativação utilizadas, maiores valores de dureza para os incrementos com 2 mm de altura, sendo que para as alturas de 4 e 6 mm não houve significativa diferença estatística (TABELA 4 e FIGURA 10). Com isso, pode se perceber que para esta resina composta, a profundidade de polimerização é mais crítica, pois mesmo para os corpos-de-prova com 4 mm de altura, a dureza mostrou-se semelhante à de 6 mm. Estes resultados permitem questionar as informações do fabricante, que afirmam que a resina composta

Surefil pode ser inserida na cavidade e fotoativada por 40 segundos com luz halógena, em um único incremento de até 5 mm (Perfil técnico Dentsply/Caulk, 2002). Em cálculos percentuais houve uma redução nos valores de dureza Knoop na superfície de base das amostras com 4 mm de altura, comparada a de 2 mm. Para a técnica de fotoativação convencional esta redução foi de 15,9%, para a *soft-start* 15,5%, para a de pulso atrasado 20,2% e 40,1% para a turbo, com arco de plasma de Xenônio. Logo, para alcançar valores de dureza adequados, deve-se recomendar espessura máxima de 2mm, para que a profundidade de polimerização não seja afetada significativamente. Ao contrário do que afirmam que esta resina composta de alta viscosidade pode ser inserida na cavidade pela técnica restauradora de incremento único, pois apresentam baixa contração de polimerização e alta profundidade de polimerização (KERBY *et al.*, 1999; BINGHAM, *et al.*, 2000; CAUGHMAN *et al.*, 2000).

Avaliando ainda, a microdureza das duas resinas compostas utilizadas, microhíbrida e alta viscosidade, nota-se nas TABELAS 5, 6, e 7 que, independentemente da técnica de fotoativação, altura e superfícies avaliadas, a resina composta microhíbrida Filtek Z250 obteve valores significativamente maiores de dureza quando comparada com a resina de alta viscosidade Surefil. Uma provável explicação para tal fato está na diferença da composição das resinas compostas. Segundo o fabricante da resina composta Filtek Z250 (Perfil técnico Z250, 3M ESPE), a carga inorgânica representa 60% em volume (sem silano) com tamanho médio das partículas de Zircônio/Sílica na faixa entre 0,19 a

3,3 μm . Esta resina composta contém ainda, Bis-GMA (Bisfenol A-diglicidil éter dimetacrilato), UDMA (Uretano dimetacrilato) e Bis-EMA (Bisfenol A – polietileno glicol dieter dimetacrilato) e TEGDMA (trietileno glicol dimetacrilato) na matriz orgânica. O sistema fotoiniciador é composto por dois componentes: canforoquinona e amina terciária, que estão em alta concentração. A resina composta Surefil possui partículas inorgânicas em 66% de volume de borosilicato de flúor alumínio, bário silanizado, sílica coloidal silanizada, com o tamanho variando entre 0,8 μm e 6 μm , fotoiniciador canforoquinona e Bis-GMA e UDMA como componentes da matriz orgânica (Perfil técnico Surefil, Dentsply/Caulk, 2002). Portanto, essas diferenças encontradas entre as duas resinas compostas em questão, no que se refere ao tipo de partícula de carga e sistema de fotoiniciadores, parecem ter influenciado os resultados de microdureza encontrados. As partículas de Zircônio/sílica presente na resina composta microhíbrida Filtek Z250 conferem-lhe maior dureza, assim como a alta concentração de fotoiniciadores que podem aumentar o grau de conversão e conseqüentemente, a microdureza, pois segundo o fabricante, esta resina composta necessita de um período de somente 20 segundos para fotoativação, representando metade do tempo indicado pelo fabricante da resina composta de alta viscosidade. Neste estudo, baseado nessas explicações, observa-se que dobrou-se este tempo indicado pelo fabricante, quando se utilizou luz halógena, que pode ter aumentado o índice de conversão desta resina composta.

Embora a microdureza seja um típico parâmetro para se indicar o grau de polimerização das resinas compostas (FERRACANE, 1985), uma elevada dureza superficial não assegura a adequada polimerização em todo corpo da restauração (YAP, 2000). Logo, fez-se necessária a avaliação da dureza na superfície mais profunda da restauração, ou seja, na superfície de base. No presente estudo, quando se comparou a dureza de topo dos corpos-de-prova com a de base, observou-se uma redução dos valores, onde independentemente da técnica de fotoativação, da resina composta e das alturas avaliadas, a dureza da superfície de topo foi maior que a de base (TABELAS 8, 9, 10 e 11). Como esta superfície encontra-se em contato com a ponta fotoativadora do aparelho, é de se esperar que nenhuma interferência ocorra na transmissão de luz, a qual atinge a superfície com a maior intensidade possível. Entretanto, para a superfície de base, a luz primeiramente atravessa todo o corpo da resina composta, sendo, então, parte absorvida ou refletida, atenuando a intensidade e reduzindo a efetividade de polimerização nas porções mais profundas. (RUYTER & OYSAED, 1982).

YAP & SENEVIRATNE, em 2001, e YAP *et al.*, em 2002b, fizeram uma relação entre dureza base/topo com o objetivo de se verificar a eficiência da polimerização nas superfícies mais profundas comparadas àquelas mais próximas da fonte de luz. Teoricamente, a polimerização da resina composta na superfície de base é considerada adequada quando apresentar, no mínimo, 80% (0,80) da dureza superficial. No presente estudo, quando se avalia a relação dureza base/topo pode se observar os seguintes resultados: para a técnica convencional

Filtek Z250 – 0,96 (2 mm), 0,93 (4 mm), 0,85 (6 mm); técnica convencional Surefil – 0,88 (2 mm), 0,73 (4 mm), 0,77 (6 mm); técnica *soft-start* Filtek Z250 – 0,99 (2 mm), 0,96 (4 mm), 0,89 (6 mm); técnica *soft-start* Surefil – 0,83 (2 mm), 0,75 (4 mm), 0,70 (6 mm); técnica pulso atrasado Filtek Z250 – 0,90 (2 mm), 0,84 (4 mm), 0,84 (6 mm); técnica pulso atrasado Surefil – 0,89 (2 mm), 0,69 (4 mm), 0,73 (6 mm); técnica turbo, com arco de plasma de Xenônio Filtek Z250 – 0,89 (2 mm), 0,52 (4 mm), 0,40 (6 mm); técnica turbo, com arco de plasma de Xenônio Surefil – 0,83 (2 mm), 0,51 (4 mm), 0,47 (6 mm). Observa-se que, somente para as técnicas de fotoativação que utilizam a luz halógena associada à resina composta microhíbrida Z250, obteve-se uma relação de dureza base/topo maior que 0,80, em todas profundidades avaliadas. Entretanto, para a resina composta de alta viscosidade Surefil, isso só foi conseguido para altura de 2 mm. Quando se utilizou luz de arco de plasma de Xenônio, essa só mostrou-se eficiente na polimerização de altura de 2 mm, para as duas resinas compostas em estudo. HASEGAWA *et al.*, em 2001, analisaram a distribuição do comprimento de onda dessas fontes de luz utilizando espectrofotômetro e observaram que o arco de plasma de Xenônio apresenta-se com seu comprimento de onda atuando mais especificamente dentro da faixa do comprimento que ativa o fotoiniciador canforoquinona, presente nas resinas compostas, sendo que seu pico máximo coincide com o da canforoquinona (próximo a 480 nm). Baseado nessa observação, era de se esperar que a luz de arco de plasma de Xenônio fosse mais eficiente no processo de fotoativação. Entretanto, em nosso estudo, notou-se uma maior profundidade de polimerização para luz halógena. Esse achado pode ser devido ao pouco tempo de exposição - 3

e 6 segundos - utilizado para o arco de plasma de plasma de Xenônio, que se mostrou ineficiente na polimerização.

YAP, em 2000, também avaliando esta relação de dureza de base/topo, encontrou, para duas resinas compostas de alta viscosidade (Surefil e Ariston), valores ideais (maior ou igual a 80%) somente para os corpos-de-prova com 2mm de profundidade, quando expostas a 420 mW/cm² por 40 segundos com luz halógena. Como parte de suas conclusões, o autor relata que somente nesta profundidade se obtém uniforme polimerização. Da mesma forma, os resultados agora apresentados confirmam as observações feitas por YAP, em 2000, onde, para a resina composta de alta viscosidade, somente a profundidade de 2 mm apresentou dureza de base adequada, independentemente da técnica de fotoativação utilizada.

Embora seja desejável melhorar as propriedades físicas e mecânicas das resinas compostas através do aumento do grau de conversão de monômeros em polímeros durante a fotoativação, deve-se também buscar minimizar as tensões de contração de polimerização que estas resinas compostas apresentam. Como consequência dessas tensões, poderá ocorrer fratura do esmalte (LUO *et al.*, 2002), fendas marginais (LUO *et al.*, 2002) e aumento da microinfiltração marginal (FRIEDL, *et al.*, 2000; AMARAL *et al.*, 2002). Alguns estudos têm procurado relacionar a tensão de contração de polimerização e microinfiltração marginal com os vários métodos de fotoativação. Em alguns trabalhos, UNO & ASMUSSEN, 1991; MEHL *et al.*, 1997, quando se inicia a fotoativação com uma baixa intensidade de

luz, seguida pela fotoativação final com alta intensidade (técnica *soft-start*), pode-se obter maior integridade marginal, assim como para a técnica de pulso atrasado, que segue o mesmo princípio da *soft-start*, porém com um período de espera entre uma fotoativação e outra (SAHAFI *et al.*, 2001a; YOSHIKAWA *et al.*, 2001; LUO *et al.*, 2002). Entretanto, para outros autores, essas técnicas de fotoativação não propiciam melhor selamento marginal quando comparadas à técnica de fotoativação que utiliza intensidade alta e continua – convencional (FRIEDL, *et al.*, 2000; AMARAL *et al.*, 2002). Também ocorre essa divergência de resultados quando se compara a técnica convencional de fotoativação com a turbo, com arco de plasma de Xenônio. PEUTZFELDT *et al.*, em 2000 e HASEGAWA *et al.*, em 2001, não encontraram diferença estatística significativa entre essas duas técnicas, no que diz respeito ao selamento marginal de restaurações realizadas com resina composta fotopolimerizáveis. Porém, para BRACKETT *et al.* (2000) e STRITIKUS & OWENS (2000), a técnica convencional de fotoativação proporciona melhor selamento marginal.

Essa falta de consenso nos resultados encontrados na literatura pode ser devido a diferenças contidas nas metodologias utilizadas nos estudos, os quais empregam técnicas de fotoativação com a mesma denominação, porém com densidades de energia diferentes. Essa problemática também ocorre quando se compara estudos que avaliam a propriedade física de dureza das resinas compostas, submetidas a diferentes técnicas de fotoativação.

Em vista dos aspectos discutidos e dentro das condições experimentais do presente estudo, observou-se que para a microdureza das resinas compostas a técnica de fotoativação convencional apresentou os melhores resultados quando comparada às demais. Em contrapartida, a técnica turbo, com arco de plasma de Xenônio, apresentou-se limitada. Com isso, pode-se notar que com um aparelho fotoativador convencional é possível obter-se adequada polimerização das resinas compostas, sem a necessidade da utilização de um equipamento com alta tecnologia e custo elevado. Entretanto, quando se avalia a eficiência de polimerização das técnicas de fotoativação, outros aspectos devem ser avaliados, como sua influência no selamento marginal das restaurações, nas tensões geradas durante a contração de polimerização, além de outras características físicas e mecânicas das resinas compostas utilizadas.

7. CONCLUSÕES

Considerando as condições experimentais sob as quais foi realizado este estudo, e os resultados obtidos, julgamos poder concluir que:

- A técnica convencional de fotoativação obteve os maiores valores de microdureza quando comparada às demais técnicas (SS, PA e APX), para quaisquer alturas, superfícies e resinas compostas avaliadas. Exceto para os corpos-de-prova com 6mm de altura, em que ela não se diferiu da técnica *soft-start*.
- A microdureza dos corpos-de-prova com 2mm de altura foi maior que os de 4mm que por sua vez foi maior que 6mm, para a superfície de base da resina composta microhíbrida. Entretanto, não houve diferença entre os corpos-de-prova de 4 e 6 mm, confeccionados com a resina composta de alta viscosidade.
- Para qualquer técnica de fotoativação e alturas dos corpos-de-prova avaliadas neste estudo, a microdureza da resina composta microhíbrida foi significativamente maior quando comparada à resina composta de alta viscosidade.
- A superfície de topo apresentou valores de dureza maiores que a de base, independente da técnica de fotoativação e resina composta avaliada.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, C. M. *et al.* Influence of resin composite polymerization techniques on microleakage and microhardness. **Quintessence Int**, Berlin, v.33, n.9, p.685-689, 2002.
- ASMUSSEN, E. Restorative resins: hardness and strength vs. quantity of remaining double bonds. **Scand J Dent Res**, Copenhagen, v.90, n.6, p.484-489. Dec. 1982.
- BASSIOUNY, M. A.; GRANT, A. A. Physical properties of a visible-light-cured composite resin. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.43, n.5, p.536-541, May 1980.
- BAYNE, S. C.; HEYMANN, H. O.; SWIFT Jr., E. J. Update on dental composite restorations. **J Am Dent Assoc**, Chicago, v.125, n.6, p.687-701, June 1994.
- BINGHAM, V. *et al.* Comparative depths of cure using two factors: composite system and curing time. **J Dent Res**, Washington, v.79, p.333, 2000. Abstr.1518.
- BLANKENAU, R. J. *et al.* Wavelength and intensity of seven systems for visible light-curing composite resins: a comparison study. **J Am Dent Assoc**, Chicago, v.106, n.4, p.471-474, Apr. 1983.
- CAMPOS, I.T. Avaliação da microdureza de materiais restauradores submetidos ao clareamento com gel de peróxido de carbamida. Piracicaba, 146p, 2001. [tese (Doutorado) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de

Campinas].

CAUGHMAN, W. F. *et al.* Depth of cure of packable composite – Three method comparison. **J Dent Res**, Washington, v.79, p.333, 2000. Abstr.1516.

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

FEATHERSTONE J. D. B. Enhancement of remineralization *in vitro* and in vivo, in Leach AS (ed): Factors relating to demineralization and remineralization of teeth. *Oxford, IRL*, 23-24, 1986.

FEILZER, A. J. *et al.* Influence of light intensity on polymerization shrinkage and integrity of restoration-cavity interface. **Eur J Oral Sci**, Munksgaard, v.103, n.5, p.322-326, Oct. 1995.

FERRACANE, J. L. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resin. **Dent Mater**, Washington, v.1, n.1, p.11-14, Feb. 1985.

FRIEDL, K. H. *et al.* Marginal adaptation of class V restorations with and without “softstart-polymerization”. **Oper Dent**, Seattle, v.25, n.1, p.26-32, Jan/Feb. 2000.

GHENG, S. M.; GARONE NETO, N. Eficiência de polimerização de compósitos resinosos por sistema de luz visível e ultravioleta. **Rev Ass Paul Cirur Dent**, São Paulo, v.42, n.2, p.148-50, Mar/Abr. 1988.

- HASEGAWA, T. *et al.* Depth of cure and marginal adaptation to dentin of xenon lamp polymerized resin composites. **Oper Dent**, Seattle, v.26, n.6, p.585-590, Nov/Dec. 2001.
- KERBY, R. *et al.* Hardness and degree of conversion of posterior condensable composite resins. **J Dent Res**, Washington, v.78, p.157, 1999. Abstr. 414
- KRISHNAN, V. K.; YAMUNA, V. Effect of initiator concentration, exposure time and particle size of the filler upon the mechanical properties of a light curing radiopaque dental composite. **J Oral Rehabil**, Oxford, v.25,n.10, p.747, Oct 1998.
- LEUNG, R. L.; FAN, P. L.; JOHNSTON, W. M. Post-irradiation polymerization of visible light activated composite resin. **J Dent Res**, Washington, v.62, n.3, p.363-365, Mar. 1983.
- LUO, Y. *et al.* Comparison of pulse activation vs conventional light-curing on marginal adaptation of a compomer conditioned using a total-etch or a self-etch technique. **Dent Mater**, Washington, v.18, n.1, p.36-48, Jan. 2002.
- MARTÍN, F. E. A survey of the efficiency of visible light curing units. **J Dent**, Oxford, v.26, n.3, p.239-243, Mar. 1998.
- MEHL, A.; HICKEL, R.; KUNZELMANN, K. H. Physical properties and gap formation of light-cured composites with and without 'softstarpolymerization' . **J Dent**, Oxford, v.25, n.3-4, p.321-330, May-July 1997.

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

PARK, S. H.; KREJCI, I.; LUTZ, F. Microhardness of resin composites polymerized by plasma arc or conventional visible light curing. **Oper Dent**, Seattle, v.27, n.1, p.30-37, Jan/Feb. 2002.

PEARSON, G. J., LONGMAN, C. M. Water sorption and solubility of resin based materials following inadequate polymerization by a visible light-curing system. **J Oral Rehabil**, Oxford, v.16, n.1, p.57-61, Jan. 1989.

Perfil técnico Surefil - Dentsply/Caulk Surefil product documentation. www.caulk.com. 2002

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

PEUTZFELDT, A.; SAHAFI, A.; ASMUSSEN, E. Characterization of resin composites polymerized with plasma arc curing units. **Dent Mater**, Washington, v.16, n.5, p.330-336, Sept. 2000.

PHILLIPS, P.W. Skinner: **Materiais Dentários**. Cap.10, p.125-138; Cap.11, p. 161-177. 9ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995.

PIRES, J. A. F. *et al.* Effects of curing tip distance on light intensity and composite resin microhardness. **Quintessence Int**, Berlin, v.24, n.7, p.517-521, July 1993.

PRICE, R. B.; DERAND, T.; LONEY, R. W. Effect of light source and specimen thickness on the surface hardness of resin composite. **Am J Dent**, San Antonio, v.15, n.1, p.47-53, Feb. 2002.

RUEGGEBERG F. A.; CRAIG, R. G. Correlation of parameters used to estimate monomer conversion in a light-cured composite. **J Dent Res**, Washington, v.67, n.6, p.179-192, June 1988.

_____ ; CAUGHMAN, W. F.; CURTIS Jr., J. W. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. **Oper Dent**, Seattle, v.19, n.1; p.26-32, Jan/Feb.1994.

_____ *et al.* Factors affecting cure at depths within light-activate resin composites. **Am J Dent**, San Antonio, v.6, n.2, p.91-95, Apr. 1993.

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

SAKAGUCHI, R. L.; DOUGLAS, W. H.; PETERS, M. C. Curing light performance and polymerization of composite restorative materials. **J Dent**, Oxford, v.20, n.3, p.183-188, June 1992.

SAHAFI, A.; PEUTZFELDT, A.; ASMUSSEN, E. Effect of pulse-delay curing on *in vitro* wall-to-wall contraction of composite in dentin cavity preparations. **Am J Dent**, San Antonio, v.14, n.5, p. 295-296, Oct. 2001a.

_____; _____; _____. Soft-start polymerization and marginal gap formation *in vitro*. **Am J Dent**, San Antonio, v.14, n.3, p.145-147, June 2001b.

SERRA, M. C.; CURY, J. A. The *in vitro* effect of glass-ionomer cement restoration on enamel subjected to a demineralization and remineralization model. **Quintessence Int**, Berlin, v. 23, n.2, p.143-147, Feb. 1992.

SHARKEY, S. *et al.* Surface hardness of light-activated resin composites cured by two different visible-light sources: an *in vitro* study. **Quintessence Int**, Berlin, v.32, n.5, p.401-405, May 2001.

STRITIKUS, J., OWENS, B. An *in vitro* study of microleakage of occlusal composite restorations polymerized by a conventional curing light and a PAC curing light. **J Clin Pediatr Dent**, Boston, v.24, n.3, p. 221-227, Spring 2000.

UNO, S.; ASMUSSEN, E. Marginal adaptation of a restorative resin polymerized at reduced rate. **Scand J Dent Res**, Copenhagen, v.99, n.5, p.440-444, Oct. 1991.

UNTERBRINK, G. L.; MUESSNER, R. Influence of light intensity on two restorative systems. **J Dent**, Oxford, v.23, n.3, p.183-189, June 1995.

YAP, A.U.J. Effectiveness of polymerization in composite restoratives claiming bulk placement: impact of cavity depth and exposure time. **Oper Dent**, Seattle, v.25, n.2, p.113-120, Mar/Apr 2000.

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

_____ ; NG, S. C.; SLOW, K. S. Soft-start polymerization: influence on effectiveness of cure and post-gel shrinkage. **Oper Dent**, Seattle, v.26, n.3, p.260-266, May/June 2001.

_____ ; SOH, M. S.; SLOW, K. S. Post-gel shrinkage with pulse activation and soft-start polymerization. **Oper Dent**, Seattle, v.27, n.1, p.81-87, Jan/Feb. 2002a.

_____ ; SOH, M. S.; SLOW, K. S. Effectiveness of composite cure with pulse activation and soft-start polymerization. **Oper Dent**, Seattle, v.27, n.1, p.44-49, Jan/Feb. 2002b.

YEARN, J. A. Factors affecting cure of visible light activated composites. **Int Dent J**, v.35, n.3, p.218-25, September 1985.

YOSHIKAWA, T.; BURROW, M. F.; TAGAMI, J. A light curing method for improving marginal sealing and cavity wall adaptation of resin composite restorations. **Dent Mater**, Washington, v.17, n.4, p.359-366, July 2001.

9. ANEXOS

ANEXO 1: Composição da saliva artificial, para um litro de solução:

Água destilada de-ionizada: 800ml

Hidróxido de cálcio: 115,59mg

Ácido clorídrico: 1ml

Cloreto de potássio: 11,18g

Ácido fosfórico: 0,0594ml

Tampão tris: 2,422g

Hidróxido de potássio ou ácido clorídrico para o ajuste do pH: ---

Água destilada de-ionizada: até que se complete 1litro da solução.

ANEXO 2: Médias de dureza Knoop e desvios padrão de cada grupo confeccionado.

Técnica de fotoativação	Resinas compostas	Espesuras	Superfícies	N	Média de dureza Knoop	Desvio padrão
CONV	Filtek Z250	2	Base	10	59,3122468	3,0166378
CONV	Filtek Z250	2	Topo	10	61,4405741	4,7538756
CONV	Filtek Z250	4	Base	10	57,4123538	2,8994214
CONV	Filtek Z250	4	Topo	10	61,3132105	4,4620677
CONV	Filtek Z250	6	Base	10	51,7206151	4,8819827
CONV	Filtek Z250	6	Topo	10	60,4793125	4,9784851
CONV	Surefil	2	Base	10	55,0530119	4,5217199
CONV	Surefil	2	Topo	10	62,4770592	4,6922120
CONV	Surefil	4	Base	10	46,2919376	9,3086513
CONV	Surefil	4	Topo	10	62,8109859	5,0425596
CONV	Surefil	6	Base	10	46,1207703	4,6783402
CONV	Surefil	6	Topo	10	59,1339455	3,4263875
SS	Filtek Z250	2	Base	10	55,9625015	3,4669569
SS	Filtek Z250	2	Topo	10	59,4063324	2,3636268
SS	Filtek Z250	4	Base	10	50,3207863	2,3199202
SS	Filtek Z250	4	Topo	10	59,7936715	3,8245762
SS	Filtek Z250	6	Base	10	46,0548765	10,0013810
SS	Filtek Z250	6	Topo	10	57,8696427	6,1252286
SS	Surefil	2	Base	10	48,6888623	4,3204796
SS	Surefil	2	Topo	10	58,0844336	3,6762280
SS	Surefil	4	Base	10	41,1371813	2,3290548
SS	Surefil	4	Topo	10	54,4459187	3,6661053
SS	Surefil	6	Base	10	42,4144675	4,6330509
SS	Surefil	6	Topo	10	59,8319117	5,3892418
PA	Filtek Z250	2	Base	10	50,4405801	3,3481007
PA	Filtek Z250	2	Topo	10	55,4584684	4,4463059
PA	Filtek Z250	4	Base	10	45,7754479	7,6531771
PA	Filtek Z250	4	Topo	10	54,2902904	4,4827518
PA	Filtek Z250	6	Base	10	45,1861027	4,4361051
PA	Filtek Z250	6	Topo	10	53,2641133	4,0212569
PA	Surefil	2	Base	10	46,5404537	4,0277358
PA	Surefil	2	Topo	10	52,1126562	4,9553924
PA	Surefil	4	Base	10	37,1316410	4,4850969
PA	Surefil	4	Topo	10	53,0638825	3,7359807
PA	Surefil	6	Base	10	39,5062528	6,0832429

PA	Surefil	6	Topo	10	54,1038623	5,5514598
APX	Filtek Z250	2	Base	10	45,5075678	3,5796504
APX	Filtek Z250	2	Topo	10	51,0928476	3,1918296
APX	Filtek Z250	4	Base	10	26,9868879	5,0030524
APX	Filtek Z250	4	Topo	10	51,8284749	3,3485798
APX	Filtek Z250	6	Base	10	21,3967417	3,8929187
APX	Filtek Z250	6	Topo	10	52,4886698	2,3683130
APX	Surefil	2	Base	10	43,4338706	1,6664872
APX	Surefil	2	Topo	10	52,0856050	3,4943218
APX	Surefil	4	Base	10	25,9941375	3,6236627
APX	Surefil	4	Topo	10	50,2485756	4,7724671
APX	Surefil	6	Base	10	23,9667605	3,1875407
APX	Surefil	6	Topo	10	50,3612404	3,0543567

ANEXO 3: Análise Estatística

The SAS System 16:52 Tuesday, May 21, 2002 1

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TEc	4	1 2 3 4
Resi na	2	1 2
Altura	3	1 2 3
Super	2	1 2

Number of observations 481

NOTE: Due to missing values, only 480 observations can be used in this analysis.

The SAS System 16:52 Tuesday, May 21, 2002 2

The GLM Procedure

Dependent Variable: Dureza

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr >
Model	7	38366.48655	5480.92665	146.77	<.0001
Error	472	17626.66124	37.34462		
Corrected Total	479	55993.14779			

R-Square Coeff Var Root MSE Dureza Mean
 0.685200 12.22266 6.111025 49.99751

Source	DF	Type III	Mean Square	F Value	Pr >

	TEc		3	16048.24564	5349.41521	143.24
<.0001	Resina		1	1015.05564	1015.05564	27.1
<.0001	Altura		2	3092.23803	1546.11902	41.40
<.0001	Super	1	18210.94724	18210.94724	487.65	<.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TEc	3	16076.21682	5358.73894	143	<.0001
Resina	1	1029.37735	1029.37735	27.56	<.0001
Altura	2	3152.27636	1576.13818		<.0001
Super	1	18210.94724	18210.94724	487.65	<.0001

The SAS System

16:52 Tuesday, May 21,

2002 3

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
TEc	4	1 2 3 4
Resina	2	1 2
Altura	3	1 2 3
Super	2	1 2
Number of observations		481

NOTE: Due to missing values, only 480 observations can be used in this analysis.

The SAS System

16:52 Tuesday, May 21, 2002 4

The GLM Procedure

Dependent Variable: Dureza

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
--------	----	----------------	-------------	---------	--------

Model	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	47	46875.33631	997.34758	47.25	<.0001
Error	432	9117.81148	21.10605		
Corrected Total	479	55993.14779			
	R-Square	Coeff Var	Root MSE	Dureza	Mean
	0.837162	9.188721	4.594132	49.99751	

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TEc	3	16048.24564	349.41521	253.45	<.0001
Resina	1	1015.05564	1015.05564	48.09	<.0001
Altura	2	3092.23803	1546.11902	73.25	<.0001
Super	1	18210.94724	18210.94724	862.83	<.0001
TEc*Resi*Altur*Super	40	8508.84976	212.72124	10.08	<.0001

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
TEc	3	16044.42203	5348.14068	253.39	<.0001
Resina	1	1013.50285	1013.50285	48.02	<.0001
Altura	2	3119.23618	1559.61809	73.89	<.0001
Super	1	18138.51141	18138.51141	859.40	<.0001
TEc*Resi*Altur*Super	40	8508.84976	212.72124	10.08	<.0001

The SAS System

16:52 Tuesday, May 21, 2002 5

The GLM Procedure

Level of -----	Level of	Level of	Level of	-----Dureza-----		
TEc	Resina	Altura	Super	N	Mean	Std Dev
1	1	1	1	10		
59.3122468	3.0166378					
1	1	1	2	10		
61.4405741	4.7538756					
1	1	2	1	10		
57.4123538	2.8994214					
1	1	2	2	10		
61.3132105	4.4620677					
1	1	3	1	10		
51.7206151	4.8819827					
1	1	3	2	10		
60.4793125	4.9784851					
1	2	1	1	10		
55.0530119	4.5217199					
1	2	1	2	10		
62.4770592	4.6922120					
1	2	2	1	10		
46.2919376	9.3086513					
1	2	2	2	10		
62.8109859	5.0425596					
1	2	3	1	10		
46.1207703	4.6783402					
1	2	3	2	10		
59.1339455	3.4263875					
2	1	1	1	10		
55.9625015	3.4669569					
2	1	1	2	9		
59.4063324	2.3636268					
2	1	2	1	10		
50.3207863	2.3199202					
2	1	2	2	11		
59.7936715	3.8245762					
2	1	3	1	10		
46.0548765	10.0013810					
2	1	3	2	10		
57.8696427	6.1252286					
2	2	1	1	10		
48.6888623	4.3204796					
2	2	1	2	10		
58.0844336	3.6762280					
2	2	2	1	10		
41.1371813	2.3290548					

2	2	2	2	10
54. 4459187	3. 6661053			
2	2	3	1	10
42. 4144675	4. 6330509			
2	2	3	2	10
59. 8319117	5. 3892418			
3	1	1	1	10
50. 4405801	3. 3481007			
3	1	1	2	10
55. 4584684	4. 4463059			
3	1	2	1	10
45. 7754479	7. 6531771			
3	1	2	2	10
54. 2902904	4. 4827518			
3	1	3	1	10
45. 1861027	4. 4361051			
3	1	3	2	10
53. 2641133	4. 0212569			
3	2	1	1	10
46. 5404537	4. 0277358			
3	2	1	2	10
52. 1126562	4. 9553924			
3	2	2	1	10
37. 1316410	4. 4850969			
3	2	2	2	10
53. 0638825	3. 7359807			
3	2	3	1	10
39. 5062528	6. 0832429			
3	2	3	2	10
54. 1038623	5. 5514598			
4	1	1	1	10
45. 5075678	3. 5796504			
4	1	1	2	10
51. 0928476	3. 1918296			
4	1	2	1	10
26. 9868879	5. 0030524			
4	1	2	2	10
51. 8284749	3. 3485798			
4	1	3	1	10
21. 3967417	3. 8929187			
4	1	3	2	10
52. 4886698	2. 3683130			
4	2	1	1	10
43. 4338706	1. 6664872			
4	2	1	2	10
52. 0856050	3. 4943218			
4	2	2	1	10

25. 9941375	3. 6236627			
4	2	2	2	10
50. 2485756	4. 7724671			
4	2	3	1	10
23. 9667605	3. 1875407			
4	2	3	2	10
50. 3612404	3. 0543567			

 * SANEST - SISTEMA DE ANALISE ESTATISTICA *
 * Autores: Elio Paulo Zonta - Amauri Almeida Machado *
 * Empresa de Pesquisa Agropecuaria de Minas Gerais-EPAMIG *
 * ANALISE DA VARIÁVEL DUREZA - ARQUIVO: ALE *

CODIGO DO PROJETO:

RESPONSÁVEL:

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL:

OBSERVAÇÕES NÃO TRANSFORMADAS

NOME DOS FATORES

FATOR	NOME
A	TECNICA
B	RESINA
C	ALTURA
D	SUPER
E	BLOCO

QUADRO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
TECNICA	3	15755,3004402	5251,7668134	164,5872	0,00001
RESINA	1	861,6789285	861,6789285	27,0045	0,00002
ALTURA	2	2710,5185157	1355,2592579	42,4730	0,00001
TEC*RES	3	187,1907113	62,3969038	1,9555	0,12017
TEC*ALT	6	1092,2801568	182,0466928	5,7052	0,00007
RES*ALT	2	230,0321706	115,0160853	3,6045	0,02799
TEC*RES*ALT	6	141,2213286	23,5368881	0,7376	0,62184
RESIDUO (A)	216	6892,2846901	31,9087254		
	PARCELAS	239	27870,5069419		
SUPER	1	17482,0429889	17482,0429889	702,4889	0,00001
TEC*SUP	3	2629,8027347	876,6009116	35,2249	0,00001
RES*SUP	1	636,7012592	636,7012592	25,5849	0,00002

ALT*SUP	2	2925,6805917	1462,8402958	58,7820	0,00001
TEC*RES*SUP	3	313,8871095	104,6290365	4,2044	0,00673
TEC*ALT*SUP	6	881,7329333	146,9554889	5,9052	0,00005
RES*ALT*SUP	2	43,9231841	21,9615920	0,8825	0,58190
TEC*RES*ALT*SUP	6	303,0370900	50,5061817	2,0295	0,06234
RESIDUO (B)	216	5375,3464347	24,8858631		
TOTAL		479	58462,6612679		

MEDIA GERAL = 49,883141

COEFICIENTE DE VARIACAO (A) = 8,007 %

COEFICIENTE DE VARIACAO (B) = 10,001 %

MEDIAS DO FATOR TECNICA
DENTRO DE Z250 DO FATOR RESINA E 2MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	CONV	20	60.376450	60.376450
2	SOFT	20	54.714050	54.714050
3	PA	20	52.949600	52.949600
4	APX	20	48.300200	48.300200

MEDIAS DO FATOR TECNICA
DENTRO DE Z250 DO FATOR RESINA E 4MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	CONV	20	59.362850	59.362850
2	SOFT	20	55.302050	55.302050
3	PA	20	50.032850	50.032850
4	APX	20	39.407750	39.407750

MEDIAS DO FATOR TECNICA
DENTRO DE Z250 DO FATOR RESINA E 6MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	CONV	20	56.099899	56.099899
2	SOFT	20	51.962250	51.962250
3	PA	20	49.225150	49.225150
4	APX	20	36.942650	36.942650

MEDIAS DO FATOR TECNICA
DENTRO DE SURE DO FATOR RESINA E 2MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	CONV	20	58.765150	58.765150
2	SOFT	20	53.386600	53.386600
3	PA	20	49.326550	49.326550
4	APX	20	47.759700	47.759700

MEDIAS DO FATOR TECNICA
DENTRO DE SURE DO FATOR RESINA E 4MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	CONV	20	54.551449	54.551449
2	SOFT	20	47.791550	47.791550
3	PA	20	45.097850	45.097850
4	APX	20	38.121300	38.121300

MEDIAS DO FATOR TECNICA
DENTRO DE SURE DO FATOR RESINA E 6MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	CONV	20	52.627350	52.627350
2	SOFT	20	51.123100	51.123100
3	PA	20	46.805000	46.805000
4	APX	20	37.164050	37.164050

MEDIAS DO FATOR RESINA
DENTRO DE CONV DO FATOR TECNICA E 2MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	Z250	20	60.376450	60.376450
2	SURE	20	58.765150	58.765150

MEDIAS DO FATOR RESINA
DENTRO DE CONV DO FATOR TECNICA E 4MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	Z250	20	59.362850	59.362850
2	SURE	20	54.551449	54.551449

MEDIAS DO FATOR RESINA
DENTRO DE CONV DO FATOR TECNICA E 6MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	Z250	20	56.099899	56.099899
2	SURE	20	52.627350	52.627350

MEDIAS DO FATOR RESINA
DENTRO DE SOFT DO FATOR TECNICA E 2MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	Z250	20	54.714050	54.714050
2	SURE	20	53.386600	53.386600

MEDIAS DO FATOR RESINA
DENTRO DE SOFT DO FATOR TECNICA E 4MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	Z250	20	55.302050	55.302050
2	SURE	20	47.791550	47.791550

MEDIAS DO FATOR RESINA
DENTRO DE SOFT DO FATOR TECNICA E 6MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	Z250	20	51.962250	51.962250
2	SURE	20	51.123100	51.123100

MEDIAS DO FATOR RESINA
DENTRO DE PA DO FATOR TECNICA E 2MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	Z250	20	52.949600	52.949600
2	SURE	20	49.326550	49.326550

MEDIAS DO FATOR RESINA
DENTRO DE PA DO FATOR TECNICA E 4MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	Z250	20	50.032850	50.032850
2	SURE	20	45.097850	45.097850

MEDIAS DO FATOR RESINA
DENTRO DE PA DO FATOR TECNICA E 6MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	Z250	20	49.225150	49.225150
2	SURE	20	46.805000	46.805000

MEDIAS DO FATOR RESINA
DENTRO DE APX DO FATOR TECNICA E 2MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	Z250	20	48.300200	48.300200
2	SURE	20	47.759700	47.759700

MEDIAS DO FATOR RESINA
DENTRO DE APX DO FATOR TECNICA E 4MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	Z250	20	39.407750	39.407750
2	SURE	20	38.121300	38.121300

MEDIAS DO FATOR RESINA
DENTRO DE APX DO FATOR TECNICA E 6MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	Z250	20	36.942650	36.942650
2	SURE	20	37.164050	37.164050

MEDIAS DO FATOR ALTURA
DENTRO DE CONV DO FATOR TECNICA E Z250 DO FATOR RESINA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1		20	60.376450	60.376450
2	4MM	20	59.362850	59.362850
3	6MM	20	56.099899	56.099899

MEDIAS DO FATOR ALTURA
DENTRO DE CONV DO FATOR TECNICA E SURE DO FATOR RESINA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	2MM	20	58.765150	58.765150
2	4MM	20	54.551449	54.551449
3	6MM	20	52.627350	52.627350

MEDIAS DO FATOR ALTURA
DENTRO DE SOFT DO FATOR TECNICA E Z250 DO FATOR RESINA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	2MM	20	54.714050	54.714050
2	4MM	20	55.302050	55.302050
3	6MM	20	51.962250	51.962250

MEDIAS DO FATOR ALTURA
DENTRO DE SOFT DO FATOR TECNICA E SURE DO FATOR RESINA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	2MM	20	53.386600	53.386600
2	4MM	20	47.791550	47.791550
3	6MM	20	51.123100	51.123100

MEDIAS DO FATOR ALTURA
DENTRO DE PA DO FATOR TECNICA E Z250 DO FATOR RESINA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	2MM	20	52.949600	52.949600
2	4MM	20	50.032850	50.032850
3	6MM	20	49.225150	49.225150

MEDIAS DO FATOR ALTURA
DENTRO DE PA DO FATOR TECNICA E SURE DO FATOR RESINA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	2MM	20	49.326550	49.326550
2	4MM	20	45.097850	45.097850
3	6MM	20	46.805000	46.805000

MEDIAS DO FATOR ALTURA
DENTRO DE APX DO FATOR TECNICA E Z250 DO FATOR RESINA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1		20		
2		20		
3		20		

1	2MM	20	48.300200	48.300200
2	4MM	20	39.407750	39.407750
3	6MM	20	36.942650	36.942650

MEDIAS DO FATOR ALTURA
DENTRO DE APX DO FATOR TECNICA E SURE DO FATOR RESINA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	2MM	20	47.759700	47.759700
2	4MM	20	38.121300	38.121300
3	6MM	20	37.164050	37.164050

MEDIAS DO FATOR SUPER
DENTRO DE Z250 DO FATOR RESINA E 2MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	BASE	40	52.805775	52.805775
2	TOPO	40	55.364375	55.364375

MEDIAS DO FATOR SUPER
DENTRO DE Z250 DO FATOR RESINA E 4MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	BASE	40	45.123825	45.123825
2	TOPO	40	56.928925	56.928925

MEDIAS DO FATOR SUPER
DENTRO DE Z250 DO FATOR RESINA E 6MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	BASE	40	41.089575	41.089575
2	TOPO	40	56.025400	56.025400

MEDIAS DO FATOR SUPER
DENTRO DE SURE DO FATOR RESINA E 2MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	BASE	40	48.429025	48.429025
2	TOPO	40	56.189975	56.189975

MEDIAS DO FATOR SUPER
DENTRO DE SURE DO FATOR RESINA E 4MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	BASE	40	37.638750	37.638750
2	TOPO	40	55.142325	55.142325

MEDIAS DO FATOR SUPER
DENTRO DE SURE DO FATOR RESINA E 6MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	BASE	40	38.002050	38.002050
2	TOPO	40	55.857700	55.857700

INFORMACOES PARA OS TESTES DE SIGNIFICANCIA

VARIANCIAS COMPLEXAS

VARIANCIA DO FATOR A(C)

$[2 \cdot Q.M.RESIDUO (A)] / 40$

VARIANCIA DO FATOR C(A)

$[2 \cdot Q.M.RESIDUO (A)] / 40$

VARIANCIA DO FATOR C(B)

$[2 \cdot Q.M.RESIDUO (A)] / 80$

VARIANCIA DO FATOR B(C)

$[2 \cdot Q.M.RESIDUO (A)] / 80$

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE TECNICA
DENTRO DE 2MM DO FATOR ALTURA

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	CONV	40	59.570800	59.570800	a	A
2	2	SOFT	40	54.050325	54.050325	b	B
3	3	PA	40	51.138075	51.138075	bc	BC
4	4	APX	40	48.029950	48.029950	c	C

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE TECNICA
DENTRO DE 4MM DO FATOR ALTURA

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	CONV	40	56.957150	56.957150	a	A
2	2	SOFT	40	51.546800	51.546800	b	B
3	3	PA	40	47.565350	47.565350	c	C
4	4	APX	40	38.764525	38.764525	d	D

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE TECNICA
DENTRO DE 6MM DO FATOR ALTURA

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	CONV	40	54.363625	54.363625	a	A
2	2	SOFT	40	51.542675	51.542675	a	AB
3	3	PA	40	48.015075	48.015075	b	B
4	4	APX	40	37.053350	37.053350	c	C

MEDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO
D.M.S. 5% = 3.24428 - D.M.S. 1% = 3.93344

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE RESINA
DENTRO DE 2MM DO FATOR ALTURA

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	Z250	80	54.085075	54.085075	a	A
2	2	SURE	80	52.309500	52.309500	b	A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE RESINA
DENTRO DE 4MM DO FATOR ALTURA

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	Z250	80	51.026375	51.026375	a	A
2	2	SURE	80	46.390537	46.390537	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE RESINA
DENTRO DE 6MM DO FATOR ALTURA

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	Z250	80	48.557487	48.557487	a	A
2	2	SURE	80	46.929875	46.929875	a	A

MEDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO
D.M.S. 5% = 1.75016 - D.M.S. 1% = 2.30037

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE ALTURA
DENTRO DE CONV DO FATOR TECNICA

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	2MM	40	59.570800	59.570800	a	A
2	2	4MM	40	56.957150	56.957150	ab	AB
3	3	6MM	40	54.363625	54.363625	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE ALTURA
DENTRO DE SOFT DO FATOR TECNICA

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	2MM	40	54.050325	54.050325	a	A
2	2	4MM	40	51.546800	51.546800	a	A
3	3	6MM	40	51.542675	51.542675	a	A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE ALTURA
DENTRO DE PA DO FATOR TECNICA

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	2MM	40	51.138075	51.138075	a	A
2	3	6MM	40	48.015075	48.015075	b	A
3	2	4MM	40	47.565350	47.565350	b	A

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE ALTURA
DENTRO DE APX DO FATOR TECNICA

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	2MM	40	48.029950	48.029950	a	A
2	2	4MM	40	38.764525	38.764525	b	B
3	3	6MM	40	37.053350	37.053350	b	B

MEDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO
D.M.S. 5% = 2.95812 - D.M.S. 1% = 3.68264

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE ALTURA
DENTRO DE Z250 DO FATOR RESINA

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	2MM	80	54.085075	54.085075	a	A
2	2	4MM	80	51.026375	51.026375	b	B
3	3	6MM	80	48.557487	48.557487	c	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE ALTURA
DENTRO DE SURE DO FATOR RESINA

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	2MM	80	52.309500	52.309500	a	A
2	3	6MM	80	46.929875	46.929875	b	B
3	2	4MM	80	46.390537	46.390537	b	B

MEDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO
D.M.S. 5% = 2.09170 - D.M.S. 1% = 2.60402

INFORMACOES PARA OS TESTES DE SIGNIFICANCIA

VARIANCIAS COMPLEXAS

VARIANCIA DO FATOR D(A*B)

$$[2.*Q.M.RESIDUO (B)]/30$$

VARIANCIA DO FATOR D(B*C)

$$[2.*Q.M.RESIDUO (B)]/20$$

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE SUPER
DENTRO DE CONV DO FATOR TECNICA E Z250 DO FATOR RESINA

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	TOPO	30	61.077733	61.077733	a	A
2	1	BASE	30	56.148400	56.148400	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE SUPER
DENTRO DE CONV DO FATOR TECNICA E SURE DO FATOR RESINA

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	TOPO	30	61.474000	61.474000	a	A
2	1	BASE	30	49.155300	49.155300	b	B

 TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE SUPER
 DENTRO DE SOFT DO FATOR TECNICA E Z250 DO FATOR RESINA

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	TOPO	30	57.206167	57.206167	a	A
2	1	BASE	30	50.779400	50.779400	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE SUPER
 DENTRO DE SOFT DO FATOR TECNICA E SURE DO FATOR RESINA

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	TOPO	30	57.454066	57.454066	a	A
2	1	BASE	30	44.080100	44.080100	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE SUPER
 DENTRO DE PA DO FATOR TECNICA E Z250 DO FATOR RESINA

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	TOPO	30	54.337700	54.337700	a	A
2	1	BASE	30	47.134033	47.134033	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE SUPER
 DENTRO DE PA DO FATOR TECNICA E SURE DO FATOR RESINA

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	TOPO	30	53.093467	53.093467	a	A
2	1	BASE	30	41.059466	41.059466	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE SUPER
 DENTRO DE APX DO FATOR TECNICA E Z250 DO FATOR RESINA

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	TOPO	30	51.803333	51.803333	a	A
2	1	BASE	30	31.297067	31.297067	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MEDIAS DE SUPER
 DENTRO DE APX DO FATOR TECNICA E SURE DO FATOR RESINA

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	2	TOPO	30	50.898466	50.898466	a	A
2	1	BASE	30	31.131567	31.131567	b	B

MEDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO
 D.M.S. 5% = 2.52397 - D.M.S. 1% = 3.31744

MEDIAS DO FATOR SUPER
 DENTRO DE Z250 DO FATOR RESINA E 2MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
-----------	------	------------	--------	------------------

1	BASE	40	52.805775	52.805775
2	TOPO	40	55.364375	55.364375

MEDIAS DO FATOR SUPER
DENTRO DE Z250 DO FATOR RESINA E 4MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	BASE	40	45.123825	45.123825
2	TOPO	40	56.928925	56.928925

MEDIAS DO FATOR SUPER
DENTRO DE Z250 DO FATOR RESINA E 6MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	BASE	40	41.089575	41.089575
2	TOPO	40	56.025400	56.025400

MEDIAS DO FATOR SUPER
DENTRO DE SURE DO FATOR RESINA E 2MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	BASE	40	48.429025	48.429025
2	TOPO	40	56.189975	56.189975

MEDIAS DO FATOR SUPER
DENTRO DE SURE DO FATOR RESINA E 4MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	BASE	40	37.638750	37.638750
2	TOPO	40	55.142325	55.142325

MEDIAS DO FATOR SUPER
DENTRO DE SURE DO FATOR RESINA E 6MM DO FATOR ALTURA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MEDIAS	MEDIAS ORIGINAIS
1	BASE	40	38.002050	38.002050
2	TOPO	40	55.857700	55.857700

