

Universidade Estadual de Campinas  
Faculdade de Odontologia de Piracicaba

**Adriano de Almeida de Lima**  
*Cirurgião Dentista*

**Influência da Distância da Ponta Ativa do  
Fotopolimerizador no Grau de Dureza Knoop de  
Compósitos Odontológicos**

Orientador: **Prof. Dr. Lourenço Correr Sobrinho – FOP/UNICAMP**

*Este trabalho foi desenvolvido  
conforme o projeto  
CCPG/036/83*

*Lourenço Correr Sobrinho*  
**Dr. Lourenço Correr Sobrinho**  
Área de Materiais Dentários  
FOP - UNICAMP  
Matrícula 24893-4

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade de Campinas, para a obtenção do **Título de Mestre em Ciências – Área de Materiais Dentários.**

UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	FUNMIGAMP
V.	Ex
TOMBO	00/34646
PROC.	395198
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	89 11,00
DATA	04/08/98
N.º CPD	

CM-00114177-3

Ficha Catalográfica Elaborada pela Biblioteca da FOP/UNICAMP

L628i	<p>Lima, Adriano de Almeida de.          Influência da distância da ponta ativa do fotopolimerizador no grau de dureza Knoop de compósitos odontológicos / Adrian de Almeida de Lima. – Piracicaba, SP : [s.n.], 1998.          107 f. : il.</p> <p>Orientador : Lourenço Correr Sobrinho.          Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.</p> <p>1. Compósitos poliméricos. 2. Materiais dentários. I. Correr Sobrinho, Lourenço. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.</p>
-------	---

Índices para o Catálogo Sistemático

1. Compósitos poliméricos
2. Materiais dentários



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de **Mestrado**, em sessão pública realizada em 08/05/98, considerou o candidato **ADRIANO DE ALMEIDA DE LIMA**, aprovado.

1. Lourenço Corrêa Sobrinho

2. Mário Alexandre Coelho Sinhoretti

3. Rosana Ono

## **Dedico este trabalho**

A **Deus**, Criador e Senhor de todas as coisas.

À **Cristine**, companheira de  
todas as horas, cuja existência  
me faz feliz.

Aos meus pais, **Nadir e Ponciana**,  
pelo , carinho, educação e apoio, nem  
sempre merecidos.

Aos meus filhos, **Hectori e Felipe**,  
por tomarem tudo significativo.

## **Agradecimentos Especiais**

Ao Prof. Dr. Lourenço Correr Sobrinho, Assistente Doutor da Área de Materiais Dentários, da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, pela firme orientação na formação científica e na realização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Simonides Consani, Titular da Área de Materiais Dentários, da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, por ter sido exemplo e excelente educador acima de tudo.

Ao Prof. Dr. Mário Fernando De Goes, Livre Docente da Área de Materiais Dentários, da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, pelo incentivo e formação científica.

Ao Prof. Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoreti, Doutor da Área de Materiais Dentários, da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, pela amizade, confiança e elaboração da análise estatística.

## Agradecimentos

À Direção da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, na pessoa do seu Diretor Prof. Dr. José Ranali e do Diretor Associado Prof. Dr. Oslei Paes de Almeida.

À Fundação e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelos recursos concedidos durante o Curso de Pós-Graduação.

Aos docentes aposentados da Área de Materiais Dentários, da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, Drs. Luiz Antonio Ruhnke e Wolney Luiz Stolf, pelo exemplo.

À Área de Dentística, da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, na pessoa do Prof. Dr. Luiz Roberto Marcondes Martins, pelo empréstimo da máquina de teste de dureza.

À 3M do Brasil, na pessoa do Sr. Antonio Andreazzi, pelo fornecimento gratuito dos compósitos Z100 e Silux Plus.

Aos colegas de Pós-Graduação, pela amizade durante o curso.

Ao colega de Pós-Graduação, Fábio Machado Milan, pela amizade especial.

Ao colega de Pós-Graduação e técnico de laboratório, Marcos Blanco Cangiani, pela amizade especial e paciência.

Aos amigos Rodrigo Dutra Murrer, Adhemar Mendes Duro Jr. e Mateus E. Flores, pelo apoio constante e amizade.

À Sra. Selma Aparecida Barbosa Segalla, técnica da Área de Materiais Dentários, da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, pela amizade, atenção e paciência.

À Bibliotecária Sueli Duarte de Oliveira Soliane, da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pela orientações nas referências bibliográficas.

À todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

**Meus sinceros agradecimentos.**

## Sumário

<b>1 – Listas</b> .....	1
1.1 - Lista de Tabelas .....	2
1.2 - Lista de Figuras .....	4
1.3 - Lista de Abreviaturas e Siglas .....	6
<b>2 – Resumo</b> .....	7
<b>3 – Introdução</b> .....	10
<b>4 – Revisão Bibliográfica</b> .....	14
<b>5 – Proposição</b> .....	48
<b>6 – Materiais e Método</b> .....	50
6.1 – Materiais .....	51
6.2 – Método .....	53
6.2.1 – Confeção dos corpos-de-prova .....	53
6.2.2 – Inclusão e polimento dos corpos-de-prova .....	57
6.2.3 – Determinação da dureza Knoop .....	58
<b>7 – Resultados</b> .....	60
<b>8 – Discussão</b> .....	68
<b>9 – Conclusão</b> .....	74
<b>10 – Summary</b> .....	76
<b>11 – Referências Bibliográficas</b> .....	79
<b>12 – Apêndice</b> .....	87
12.1 - Resultados Originais.....	88
12.2 - Análise Estatística.....	94



**1 – Listas**

## 1 – Listas

<b>1.1 - Lista de Tabelas</b>	<b>Folha</b>
Tabela 1 – Características, marca comercial e fabricantes dos compósitos odontológicos utilizados no estudo -----	51
Tabela 2 – Condições técnicas, tipo e fabricante do aparelho fotopolimerizador -----	52
Tabela 3 –Comparação entre as médias de dureza Knoop (KHN) para o material Z 100, nas diferentes profundidades (P1-P6) e diferentes distâncias da ponta ativa do fotopolimerizador (0, 6 e 12 mm) -----	62
Tabela 4 –Comparação entre as médias de dureza Knoop (KHN) para o material Silux Plus, nas diferentes profundidades (P1-P6) e diferentes distâncias da ponta ativa do fotopolimerizador (0, 6 e 12 mm) -----	64
Tabela 5 –Comparação entre as médias dureza Knoop (KHN) para os materiais Z 100 e Silux Plus, nas diferentes profundidades (P1-P6) e distância da ponta ativa do fotopolimerizador de 0 mm -----	65
Tabela 6 - Comparação entre as médias de dureza Knoop (KHN) para os materiais Z 100 e Silux Plus, nas diferentes profundidades (P1-P6) e distância da ponta ativa do fotopolimerizador de 6 mm -----	66

- Tabela 7 - Comparação entre as médias de dureza Knoop (KHN) para os materiais Z 100 e Silux Plus, nas diferentes profundidades (P1-P6) e distância da ponta ativa do fotopolimerizador de 12 mm ----- 67
- Tabela 8 - Valores de número de dureza Knoop, do compósito Z100, de quatro corpos-de-prova (C1, C2, C3 e C4), nas diferentes profundidades (P1 à P6), em três penetrações ( A, B, C) para a distância da ponta ativa do fotopolimerizador de 0 mm -----88
- Tabela 9 - Valores de número de dureza Knoop, do compósito Z100, de quatro corpos-de-prova (C1, C2, C3 e C4), nas diferentes profundidades (P1 à P6), em três penetrações ( A, B, C) para a distância da ponta ativa do fotopolimerizador de 6 mm -----89
- Tabela 10 - Valores de número de dureza Knoop, do compósito Z100, de Quatro corpos-de-prova(C1, C2, C3 e C4), nas diferentes profundidades (P1 à P6), em três penetrações ( A, B, C) para a distância da ponta ativa do fotopolimerizador de 12 mm ----- 90
- Tabela 11 - Valores de número de dureza Knoop, do compósito Silux Plus, profundidades (P1 à P6), em três penetrações( A, B, C para a distância da ponta ativa do fotopolimerizador de 0 mm ----- 91

Tabela 12 - Valores de número de dureza Knoop, do compósito Silux Plus, de quatro corpos-de-prova (C1, C2, C3 e C4), nas diferentes profundidades (P1 à P6), em três penetrações ( A, B, C) para a distância da ponta ativa do fotopolimerizador de 6 mm.....	92
---	----

Tabela 13 - Valores de número de dureza Knoop, do compósito Silux Plus, de quatro corpos-de-prova (C1, C2, C3 C4), nas diferentes profundidades (P1 à P6), em três penetrações ( A, B, C) para a distância da ponta ativa do fotopolimerizador de 12 mm.....	93
--	----

## 1.2 - Lista de Figuras

## Folha

Figura 1 – (A) – Matriz usada na confecção dos corpos-de-prova; (B) – Base usada para apoio e fixação da matriz.....	53
Figura 2 – Espaçadores usados para manter a ponta ativa do fotopolimerizador à diferentes distâncias da superfície do corpo-de-prova.....	55
Figura 3 – Polimerização com espaçador.....	57
Figura 4 - Representação esquemática das penetrações, para determinação da microdureza.....	59

- Figura 5 - Representação gráfica dos valores médios de dureza Knoop (KHN) para o material Z 100, nas diferentes profundidades (P1-P6) e diferentes distâncias da ponta ativa do fotopolimerizador (0, 6 e 12 mm) ----- 62
- Figura 6 - Representação gráfica dos valores médios de dureza Knoop (KHN) para o material Silux Plus, nas diferentes profundidades (P1 – P6) e diferentes distâncias da ponta ativa do fotopolimerizador (0, 6 e 12 mm) ----- 64
- Figura 7 - Representação gráfica da comparação entre as médias de dureza Knoop (KHN) para os materiais Z 100 e Silux Plus, nas diferentes profundidades (P1-P6) e distância da ponta ativa do fotopolimerizador de 0 mm ----- 65
- Figura 8 - Representação gráfica da comparação entre as médias de dureza Knoop (KHN) para os materiais Z 100 e Silux Plus, nas diferentes profundidades (P1-P6) e distância da ponta ativa do fotopolimerizador de 6 mm ----- 66
- Figura 9 - Representação gráfica da comparação entre as médias de dureza Knoop (KHN) para os materiais Z 100 e Silux Plus, nas diferentes profundidades (P1-P6) e distância do fotopolimerizador de 12 mm ----- 67

### 1.3 - Lista de Abreviaturas, Siglas e Significados

Abreviaturas e Siglas	Significados
mW/cm <sup>2</sup>	miliwatt por centímetro quadrado;
mm	milímetro;
°C	grau Celsius;
%	por cento;
µm	micrometro;
<i>et al.</i>	abreviatura de <i>et alli</i> (e colaboradores);
nm	nanometro;
BIS-GMA	bisfenol A-glicedil metacrilato;
TEGDMA	trietileno glicedil dimetacrilato;
PTFE	politetraflúor etileno;
hz	hertz;
a	ampére;
v	volts;
g	grama;
ml	mililitro;
KHN	número de dureza Knoop;
p	probabilidade;
<	menor;
DP	desvio padrão;
NBR	Norma brasileira;
D.M.S.	diferença mínima significativa.

## **2 – Resumo**

## 2 – Resumo

O propósito deste estudo foi investigar a influência da distância da ponta ativa de um aparelho fotopolimerizador, no grau de dureza Knoop, em diferentes profundidades, de dois compósitos odontológicos.

Foram utilizados neste estudo dois compósitos, Z100 e Silux Plus, Cor A3 e U, (3M) e um aparelho fotopolimerizador modelo XL3000 (3M), com intensidade de luz aferida em  $750 \text{ mW/cm}^2$  (todos os produtos fabricados pela 3M Dental Products Division). Corpos-de-prova com 5 mm de diâmetro por 2,5 mm de espessura, foram polimerizados por 40 segundos, com a ponta ativa do fotopolimerizador mantida a distância de 0, 6 e 12 mm do compósito. Quatro corpos-de-prova foram preparados para cada tipo de compósito e a cada distância. Os corpos-de-prova foram armazenados por 24 horas a  $37^\circ\text{C}$  e 100% de umidade relativa. Em seguida, os corpos-de-prova foram colocados na posição vertical e incluídos em resina à base de poliéster. Posteriormente, os corpos-de-prova foram desgastados até a região central e submetidos ao polimento com lixas (3M) de granulação decrescente (220, 320, 400, 500, 600 e 1000) e feltro com pasta de diamante ( $0,05 \mu\text{m}$ ). As medidas de dureza Knoop foram efetuadas, em seis profundidades P1 à P6, utilizando-se o aparelho Microhardness Tester FM (Future Tech Corp), com carga de 50 gramas e 30 segundos de penetração. Os resultados foram submetidos ao teste de Tukey.

Os resultados indicaram que: (1) - para o compósito Z100, quanto maior a distância da ponta do aparelho fotopolimerizador em relação ao material restaurador, menores os valores de dureza Knoop. Quanto maior a



profundidade da camada em relação à superfície, menores os valores de dureza Knoop; (2) - Para o compósito Silux Plus, o aumento da distância da ponta ativa do fotopolimerizador não produziu diferença estatística significativa no número de dureza Knoop na superfície. Com a ponta ativa do fotopolimerizador distanciada 6 e 12 mm, a camada mais profunda teve número de dureza Knoop menor que a superfície, e para a situação de ponta ativa do fotopolimerizador em contato com a fita de poliéster, não houve diferença estatística significativa nos valores de dureza Knoop em todas as profundidades; e, (3) - os valores de dureza Knoop do compósito Z 100 foram estatisticamente superiores em relação aos do compósito Silux Plus nas três distâncias da ponta ativa do fotopolimerizador e em todas as profundidades ( $p < 0,05$ ).

Palavras chave: 1 – Compósito Poliméricos; 2 – Dureza Knoop;

3 – Materiais Dentários.

### **3 – Introdução**

### 3 - Introdução

Os compósitos odontológicos restauradores vêm popularizando-se no meio odontológico há mais de 30 anos. Durante esse período, os materiais têm sofrido modificações por parte dos fabricantes, proporcionando facilidade de uso pelo profissional e resultados estéticos satisfatórios aos pacientes<sup>7, 11, 16, 37</sup>.

Os compósitos atuais são altamente complexos e tecnicamente sofisticados. Portanto, para evitar que a seleção seja efetuada somente baseada na preferência do operador, torna-se importante compreender as propriedades físicas, mecânicas e biológicas, assim como o comportamento clínico destes restauradores estéticos<sup>11, 17</sup>. Assim, os compósitos podem ser classificados de acordo com o tamanho e forma das partículas de carga. Por outro lado, a morfologia e o tamanho das partículas têm grande influência nas diversas propriedades do material, como lisura de superfície, viscosidade, resistência à fratura, desgaste, contração e profundidade de polimerização<sup>1, 6, 14</sup>.

Inicialmente os compósitos eram ativados por reação química, quando, no início da década de 70, foram substituídos pelos compósitos de ativação física, inicialmente pela luz ultravioleta e, no início da década de 80, pela luz visível<sup>1, 6, 17</sup>, os quais se polimerizavam através da excitação de substâncias fotossensíveis, que reagem com o agente redutor ou iniciador<sup>2, 19, 21, 47, 51</sup>. Os compósitos ativados pelo sistema de luz visível tiveram maior preferência por apresentar melhor taxa de polimerização, em relação aos ativados quimicamente e pela luz ultravioleta<sup>2, 21, 29, 37, 39, 40</sup>.

O sistema de luz visível apresenta inúmeras vantagens sobre os sistemas anteriormente utilizados; entretanto, embora a taxa de polimerização tenha sido melhorada, ainda é insuficiente, sendo considerada uma das principais causas de insucesso clínico, caracterizado pelo comprometimento estético, maior tendência ao manchamento, maior possibilidade de infiltração marginal pela incompleta polimerização das camadas mais profundas e pelo teor aumentado de monômeros residuais, não possibilitando que as propriedades físicas e biológicas adequadas sejam obtidas. Por outro lado, o grau da polimerização também pode ser influenciado pelo direcionamento da luz, condições técnicas do aparelho, tamanho das partículas e cor do material<sup>2, 3, 6, 12, 13, 35</sup>.

Nos últimos anos, a demanda pelos aparelhos de luz visível aumentou consideravelmente no meio odontológico, e a intensidade de luz emitida pelos fotopolimerizadores tem sido considerada um dos fatores mais importantes no desempenho dessas unidades, uma vez que a variação dos valores de intensidade de luz poderia promover alterações significantes na taxa de polimerização dos compósitos.

Outra variável importante a ser considerada diz respeito à capacidade de polimerização do material, a qual está diretamente relacionada com a espessura da camada a ser fotossensibilizada e a capacidade de penetração do feixe de luz, em diferentes profundidades do material. Com isso, a dureza na região de superfície é maior em relação à da região de fundo, e a dureza pode ser melhorada com o aumento do tempo de exposição<sup>4, 10, 12, 16, 30, 34, 43, 51</sup>. RUEGGEBERG et al.<sup>38</sup> e PEREIRA et al.<sup>35</sup> relataram significativa inter-relação entre os valores de intensidade de luz e a profundidade de

polimerização da resina composta, recomendando como ideal o tempo de exposição de 60 segundos, para camadas de 2 mm.

Segundo SWARTZ et al.<sup>43</sup>, KANCA<sup>25</sup> e BALLESTER et al.<sup>5</sup>, a intensidade de luz diminui à medida que a ponta ativa do fotopolimerizador se afasta do material restaurador. Por essa razão, recomenda-se que a polimerização em condições clínicas, seja efetuada nas camadas do material com 1 mm de espessura. Entretanto, em diversas situações técnicas, a proximidade recomendada da ponta do fotopolimerizador com o material restaurador não é possível de ser mantida, principalmente quando se polimeriza incrementos de resina na caixa proximal de restaurações de classe II, em dentes posteriores.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi estudar a influência da distância da fonte de luz no grau de dureza Knoop dos compósitos odontológicos.

## **4 – Revisão Bibliográfica**

## 4 – Revisão Bibliográfica

De acordo com a bibliografia colocada ao nosso alcance, fazemos as citações que nos pareceram de maior relevância para a colocação do assunto.

VON FRAUNHOUFER<sup>46</sup>, em 1971, relacionou desgaste e resistência à abrasão à dureza usando medidas de valor de dureza Reichert. Estudou duas resinas acrílicas e dois compósitos. Foram usados corpos-de-prova cilíndricos de 5 mm de comprimento por 8 mm de diâmetro e as medidas de dureza foram determinadas após 15, 30 e 60 minutos, e 24 horas. O autor concluiu que: quanto maior a dureza menor o desgaste e maior a resistência à abrasão; e a dureza da superfície dos materiais aumentava com o tempo, mas tinha valores inferiores, em relação à parte interna do corpo-de-prova. Essa diferença foi relacionada com a polimerização incompleta que ocorria na superfície da resina, por causa da reação do oxigênio atmosférico com a cadeia de radicais livres do monômero, evitando a propagação da ligação de reação cruzada, a qual fornecia uma estrutura polimerizada mais completa.

Em 1978, BASSIOUNY & GRANT<sup>6</sup> foram os primeiros a fazer uma avaliação clínica dos compósitos polimerizados por luz visível. Os autores observaram que esse sistema de polimerização apresentava características vantajosas sobre os sistemas de ativação até então conhecidos.

Dentre essas características, estão o tempo de trabalho controlado pelo operador, radiopacidade e maior segurança ao operador, devido o espectro de luz visível usado ser completamente desprovido de radiação ultravioleta. Concluíram também que a polimerização completa de um corpo-de-prova com 3 mm de profundidade, somente ocorria com uma exposição de 60 segundos à luz ativadora.

Segundo KILIAN<sup>26</sup>, em 1979, o grau de polimerização do compósito fotoativado depende da intensidade e do comprimento de onda da luz incidente. Baseado nesse fato, o autor estabeleceu a relação de dependência entre o grau de polimerização e a dureza Rockwell, Escala F, na superfície e fundo de corpos-de-prova com 3 mm de espessura, as quais foram armazenados em estufa por 1 e 24 horas a 37 °C. Os corpos-de-prova foram preparados e polimerizados por 60 segundos. A intensidade de luz absoluta de 468 nm é o principal comprimento de onda para a polimerização e foi medido usando técnicas padrões. Foi encontrada correlação entre a dureza dos corpos-de-prova e a intensidade de luz. Como esperado, quando a dureza e a intensidade de luz aumentaram, a região de superfície apresentou maior dureza que a de fundo.

COOK<sup>10</sup>, em 1980, mediu a profundidade de polimerização e estabeleceu os fatores que interferiam na polimerização de seis compósitos odontológicos de cores variadas e de diferentes fabricantes, usando penetrômetro Knoop. Para isso, foram usados corpos-de-prova cilíndricos medindo 4 mm de diâmetro por 8 mm de comprimento, polimerizados pela luz ultravioleta por 5, 10, 20, 40, 60, 120, 300 e 600 segundos. Em seguida, os



corpos-de-prova foram cortados ao meio com discos em baixa rotação, incluídos em resina epóxica, lixados e depois submetidos ao polimento metalográfico. Os valores das medidas de microdureza Knoop foram obtidos em diferentes profundidades variando em 1 mm. Os resultados mostraram que o grau de polimerização diminuiu rapidamente depois de certa profundidade (6 mm), e dependeu da fonte de ativação ultravioleta, composição do material e do tempo de exposição. Assim, ao ativar um corpo-de-prova, a taxa de polimerização, permanecia relativamente constante até determinada profundidade, onde quantidade significativa de radicais livres era bloqueada pelas moléculas do inibidor. Em profundidades superiores a 6 mm, a relação inibidor/radicais livres aumentava, devido à diminuição no número de radicais livres produzidos pelo fotossensibilizante, o que resultava em diminuição do grau de polimerização.

DE LANGE et al.<sup>16</sup>, em 1980, investigaram a eficiência do processo de polimerização de sete marcas diferentes de compósitos odontológicos, utilizando medidas de dureza Knoop. Corpos-de-prova medindo 6 mm de comprimento por 3 mm de diâmetro foram polimerizados por 60 e 120 segundos e depois armazenados a 23 °C por 1 e 24 horas. Em seguida, os corpos-de-prova foram divididos ao meio, recobertos com prata coloidal, para melhor visualização das medidas de dureza Knoop. Os autores observaram que a absorção e o comprimento de onda da luz emitida pelo aparelho pareceram muito importantes na iniciação da polimerização, e que a propagação da polimerização dependia da concentração de radicais livres ativos. Os autores observaram que o material podia ser dividido em três zonas, em relação à incidência de luz: zona A - onde o material se polimerizou por

completo, devido à maior quantidade de penetração da energia luminosa, causando concentração suficiente de radicais livres; zona B - onde ocorreu polimerização parcial, devido a insuficiente transmissão de energia; e, zona C - onde o material não se polimerizou, pois a energia luminosa ficou abaixo do valor requerido para iniciar a formação de radicais livres. Portanto, quando a profundidade da cavidade for excessiva, a restauração deve ser feita em camadas sucessivas, para permitir a completa polimerização.

Em 1980, WILSON et al.<sup>49</sup> compararam o comportamento de cinco marcas comerciais de compósitos, por meio de microdureza Reichert. Corpos-de-prova de 5 mm de comprimento por 8 mm de diâmetro, com superfícies polidas e não polidas, foram mensurados após 15 minutos, 3 e 24 horas, e 6 semanas. Os resultados mostraram que todos os materiais tiveram a dureza de superfície aumentada à partir de 3 horas até 6 semanas. Além disso, todos os corpos-de-prova com superfície polida exibiram maior dureza do que os não polidos. Assim, os autores concluíram que todos os materiais restauradores poliméricos adquiriam maior dureza com o tempo e com o polimento.

Em 1982, ASMUSSEN<sup>2</sup> estudou os fatores que afetavam a dureza de três compósitos polimerizados por ativação química e dois polimerizados por ativação física, de diferentes fabricantes, utilizando dureza Wallace. Foram utilizados corpos-de-prova com 5 mm de diâmetro por 0,9 mm de profundidade. Os compósitos polimerizados quimicamente foram manipulados por 25 segundos e os compósitos fotopolimerizáveis receberam uma exposição de luz, por 60 segundos. A seguir, os corpos-de-prova foram

armazenados por 24 horas, a 37°C, antes do teste de dureza. Nos compósitos polimerizados quimicamente, o aumento da quantidade de inibidor (hidroquinona) aumentou a dureza; aumentando a quantidade de iniciador (peróxido de benzoíla), a dureza diminuiu e, ainda, o conteúdo de amina (N,N-dietanol-p-toluidina) não afetou a dureza do material. Para os compósitos ativados por luz visível, a concentração do ativador (canforoquinona) não afetou a dureza, como ocorreu nos compósitos ativados por luz ultra violeta. Diante dos resultados obtidos, o autor concluiu que a dureza não variou de acordo com a quantidade de ligações duplas. Isso implicava no fato de que as propriedades mecânicas das resinas não são dependentes somente do grau de conversão das duplas ligações, mas também da natureza das moléculas do monômero envolvido. Assim, o grau de conversão aumentava com a quantidade de BIS-GMA e TEGDMA, confirmando que os compósitos fotopolimerizáveis apresentavam dureza superior em relação aos polimerizados quimicamente.

DENYER & SHAW<sup>17</sup>, em 1982, relataram que o desenvolvimento dos compósitos polimerizados por luz determinava o desenvolvimento de um método confiável e significativo "in vitro" para avaliar o grau e a profundidade de polimerização desses materiais em relação à situação clínica. A técnica de dureza Knoop foi usada para investigar a polimerização do contorno pela luz visível, iniciando a polimerização do compósitos em séries de moldes confeccionados em dente, polipropileno, PTFE ou aço. As medidas de microdureza foram realizadas em diversas profundidades ao longo da secção transversal do compósito, após armazenar os corpos-de-prova por 24 horas em água a 37°C. A comparação dos

contornos mostrou que o molde de metal estava numa correlação fechada com a situação “in vitro” das estruturas dentais. Os resultados obtidos nos moldes poliméricos PTFE e propileno mostraram que a transmitância de luz através do material do molde resultou em significativo aumento na profundidade de polimerização, o qual não deveria ser manifestado clinicamente. O uso de tais moldes poliméricos para analisar a profundidade de polimerização por luz visível não foi satisfatório.

Segundo LEUNG et al.<sup>28</sup>, em 1982, o grau de polimerização de compósito fotoativado para qualquer profundidade dependia da quantidade de luz que atingia aquela profundidade. Baseado nisso, avaliaram o efeito de tempo de exposição e a espessura do corpo-de-prova na polimerização de um compósito. Os corpos-de-prova medindo 6 mm de diâmetro por 3,5 mm de espessura foram confeccionados em moldes de bronze, cobertos com uma tira de poliéster e expostos à luz ativadora, por 10 a 60 segundos. Os valores de dureza Barcol na superfície e fundo foram medidos imediatamente após a exposição. Os resultados foram submetidos à análise de variância. Os autores concluíram que a dureza foi significativamente afetada pelo tempo de exposição, espessura, lado do corpo-de-prova e todas essas interações; os valores na face de fundo aumentaram com o aumento do tempo de exposição e diminuição da espessura; diminuição drástica foi observada na dureza de fundo para o corpo-de-prova com espessura de 2,5 mm, após 60 segundos de exposição; e nenhuma apreciável polimerização foi observada a 3,5 mm para todas as exposições acima de 60 segundos. Entretanto, estendendo a exposição para 300 segundos, resultou numa adequada polimerização.

Ainda em 1982, POLLACK & BLITZER<sup>37</sup> fizeram uma revisão bibliográfica comparando grupos de compósitos ativados quimicamente, pela luz ultravioleta e pela luz visível. Os autores relataram que os compósitos polimerizados por luz visível ofereciam vantagens, como a possibilidade do material ser polimerizado através da estrutura dental, menor porosidade, melhores propriedades mecânicas e maior grau de polimerização por unidade de tempo.

RUYTER & OYSAED<sup>39</sup>, em 1982, estudaram o grau de conversão dos monômeros em relação à profundidade e os fatores que afetavam a passagem da luz ativadora, em sete compósitos de variadas tonalidade e de diferentes fabricantes. Investigaram, ainda, quatro aparelhos emissores de luz visível, por meio da Espectroscopia de reflexão de Raios Infravermelhos. Para isso, foram confeccionados corpos-de-prova com 5,5 mm de diâmetro por 6 mm de comprimento e irradiados durante 20 e 40 segundos. A profundidade de polimerização foi determinada após uma e 24 horas, utilizando um micrômetro. Os resultados indicaram que existem variações consideráveis nas profundidades de polimerização para os diferentes materiais. Os materiais polimerizados pela luz visível apresentaram maior grau de polimerização que os ativados pela luz ultravioleta. Os autores concluíram, ainda, que o grau de conversão e a profundidade de polimerização máxima eram dependentes da composição do material, fonte de luz e tempo de exposição. Além disso, os melhores resultados do grau de polimerização foram obtidos com compósitos que utilizavam partículas convencionais como reforço. A dispersão da luz foi aumentada quando o tamanho das partículas de carga foi considerado como a metade do comprimento de onda da luz

ativadora. Isso limitava o grau de conversão e a profundidade de polimerização.

TIRTHA et al.<sup>44</sup>, em 1982, estudaram por meio da dureza Barcol, o grau de polimerização de seis compósitos fotopolimerizáveis, de cores e fabricantes diferentes, além da resistência transversa e dos coeficientes de transmissão de luz. Foram utilizados corpos-de-prova com 10 mm de diâmetro, variando as espessuras de 0,95 a 3,5 mm. A polimerização foi feita por luz visível ou ultravioleta, durante 60 segundos. As medidas de dureza foram obtidas para cada corpo-de-prova, 3 minutos após a polimerização. Os autores concluíram que os compósitos ativados por luz visível tiveram maiores graus de polimerização que os ativados por luz ultravioleta. De acordo com os autores, o coeficiente de transmissão foi influenciado pelo comprimento de onda da luz, pelos índices de refração do compósito e pelo tamanho, forma e quantidade de partículas de carga.

BLANKENAU et al.<sup>7</sup>, em 1983, avaliaram o comprimento de onda e a intensidade de luz visível gerada por sete aparelhos fotopolimerizadores de diferentes marcas. Para isso, usaram um aparelho monocromático de varredura para determinar o espectro e os picos de comprimento de onda. Os resultados da intensidade relativa variaram no comprimento de onda específico entre 468 a 480 nm. Eles concluíram que, caso a intensidade de luz fosse baixa, não haveria energia suficiente para cisão das moléculas, pois essas requerem intensidade de luz máxima para promover a cisão e gerar radicais livres, os quais iniciam a polimerização. Concluíram, ainda, que fatores como translucidez óptica e índice de refração determinam a

quantidade de luz dispersa e o limite de profundidade de polimerização e que a polimerização continua após a fonte de luz ser removida.

COOK & STANDISH<sup>11</sup>, em 1983, mediram a profundidade de polimerização de cinco compósitos odontológicos ativados pela luz visível, em função de variáveis que controlam essa profundidade. Também, incorporaram vários inibidores e fotossensibilizantes nos compósitos estudados para investigar o mecanismo de polimerização. Foram preparados corpo-de-prova de 4 mm de diâmetro por 8 mm de altura, e a profundidade de polimerização desses materiais aumentou proporcionalmente ao tempo de exposição e à dose de radiação. Os níveis de fotossensibilizante e inibidores incorporados nos materiais foram analisados por um Espectrofotômetro U.V.-Visível, que determinou um aumento na profundidade de polimerização com adição de pequenas quantidades de fotoiniciador (canforoquinona). Entretanto, acima de 0,125 % em peso, a profundidade de polimerização foi reduzida.

LUTZ & PHILLIPS<sup>29</sup>, em 1983, analisando alguns aparelhos de luz visível e compósitos disponíveis no mercado odontológico, encontraram algumas vantagens nos compósitos fotoativados em relação aos de ativação química, como: não há necessidade de espatulação, conseqüentemente apresentam menos porosidade no interior da massa restauradora; o tempo de trabalho é controlado pelo profissional; melhores resultados com relação à cor, morfologia, adaptação marginal, utilizando-se a técnica por incremento; translucidez e opacidade; polimerização rápida e possibilidade de polimento imediato. Porém, apresentam algumas desvantagens como: custo do aparelho de luz; polimerização não uniforme em todo o corpo da restauração e o tempo

de trabalho não é ilimitado. Além disso, segundo os autores, as resinas ativadas pelo sistema de luz visível apresentam maior grau de polimerização em relação ao sistema de polimerização química.

Ainda em 1983, NEWMAN et al.<sup>32</sup> compararam a profundidade de polimerização de onze compósitos de diferentes fabricantes, polimerizados com oito aparelhos diferentes durante 20 segundos, com os resultados obtidos da leitura de compósitos ativados por luz ultra violeta. Foram preparadas, cavidades classe V com 4,5 a 5 mm de profundidade em dentes extraídos. Para medir a profundidade de cada cavidade e a profundidade de polimerização do material foi utilizado um Microscópio Eletrônico. Através dos resultados, os autores concluíram que os compósitos ativados pela luz visível obtiveram maior profundidade de polimerização que os ativados por luz ultravioleta.

SKEETERS et al.<sup>42</sup>, em 1983, determinaram a profundidade de polimerização de cinco compósitos fotoativados, quando polimerizados com uma das quatro fontes de luz. Os corpos-de-prova foram confeccionados em matriz cilíndrica de bronze, medindo 4 mm de diâmetro por 6,4 mm de comprimento. Três corpos-de-prova foram confeccionados para cada compósito, fonte de luz e para cada tempo de exposição, variando 10, 20 e 40 segundos. Durante a polimerização, a extremidade da fonte de luz foi colocada em contato com a matriz que cobria a base do corpo-de-prova. Os corpos-de-prova foram armazenados em local escuro, sendo posteriormente embutidos em resina acrílica e seccionados longitudinalmente. A extensão de polimerização foi avaliada pela dureza Knoop, realizada ao longo da superfície do corpo-de-prova. De posse dos resultados, os autores concluíram



que os compósitos de micropartículas apresentaram profundidade de polimerização menor do que os compósitos convencionais para um determinado tempo e fonte de luz; e a profundidade de polimerização depende da fonte de luz.

SWARTZ et al.<sup>43</sup>, também em 1983, estudaram a profundidade de polimerização de duas marcas de compósitos ativados por luz de dois aparelhos diferentes. Os corpos-de-prova utilizados tinham 7 mm de diâmetro por 1, 2 e 3 mm de espessura e foram expostos à luz durante 20 segundos. A dureza Knoop foi utilizada para indicar o grau de polimerização dos corpos-de-prova. Segundo os autores, a polimerização inadequada diminui as propriedades físicas do compósito, responsáveis pelas alterações na resistência, dureza, sorção de água e estabilidade de cor. Os valores de dureza Knoop obtidos indicaram que a superfície foi sempre mais resistente que o interior do corpo-de-prova. Os compósitos mais claros tiveram maior profundidade de polimerização em relação aos mais escuros e aumentando-se o tempo de exposição à luz, o grau de polimerização também melhorou nas várias profundidades estudadas.

GALAN JUNIOR et al.<sup>21</sup>, em 1984, compararam a profundidade de polimerização de sete compósitos ativados por luz, com quatro fontes de luz visível e uma de luz ultravioleta. Uma matriz de teflon com cavidade de 6,5 mm de diâmetro por 12,5 mm de comprimento foi preenchida totalmente com o compósito. Em seguida, foi polimerizada por 20 segundos, quando foi empregada luz visível e 20, 40 e 60 segundos, quando utilizada a luz ultravioleta. Após a ativação dos compósitos pela luz, os cilindros foram

removidos, e as porções de resina não polimerizadas eliminadas. Um paquímetro foi utilizado com a finalidade de determinar a extensão de polimerização de cada um dos tipos de compósitos. Baseados nos resultados, os compósitos ativados por luz mostraram ser passíveis de serem polimerizados por fontes de diferentes procedências, sendo que os aparelhos de luz visível promoveram polimerização mais profunda de determinados compósitos, quando comparados com os aparelhos de luz ultravioleta. Existe uma grande variação na emissão de luz entre os aparelhos testados e foi possível polimerizar compósitos tanto pela luz visível como pela luz ultravioleta.

GRESS et al.<sup>22</sup>, em 1984, relataram que ocorreu uma redução na dureza com o aumento da profundidade dos compósitos ativados por luz. Devido à translucidez dos dentes naturais a profundidade de polimerização do contorno pode ser alterada, em situações clínicas. Isso levou os autores a realizar um trabalho no qual determinaram a profundidade de polimerização de restaurações colocadas sob situações clínicas simuladas. Quatro materiais polimerizados por luz foram investigados. Um compósito autoativado foi usado como controle. Preparos cavitários foram realizados com brocas na superfície oclusal de segundos molares extraídos, usando uma broca carbide modificada e montada numa máquina de precisão para produzir preparos padrões (2 mm de diâmetro por 4,5 mm de profundidade). Os compósitos foram colocados dentro dos preparos e polimerizados de acordo com as recomendações dos fabricantes. Os corpos-de-prova foram seccionados após 2 horas. As medidas de dureza Knoop foram realizadas (após 48 horas de armazenagem a 37 °C) em 0,5 e 1,0 mm de distância da interface dente e

restauração, nas profundidades de 1, 2, 3 e 4 mm. Os autores concluíram que a dureza foi independente da distância da interface; o controle teve uma alta dureza; a maior dureza do compósito polimerizado por luz foi registrado a uma profundidade de 1 mm; e a dureza diminuiu significativamente nas profundidades de 2 mm para todos os compósitos. Após 6 meses os resultados foram similares.

Ainda em 1984, WATTS et al.<sup>47</sup> conduziram um estudo utilizando cinco compósitos com diferentes partículas como reforço e cinco aparelhos de procedências diferentes, para observar a profundidade de polimerização. Corpos-de-prova de dimensões 15 x 4 x 2 mm foram confeccionados e submetidos ao penetrômetro Knoop. O estudo indicou que no comprimento de onda de 470 nm o fluxo luminoso produz um desempenho eficiente sobre os compósitos. Foi também mostrado que uma fonte de luz menos efetiva pode permitir uma polimerização satisfatória desde que o tempo de ativação seja suficientemente longo. A dureza máxima foi obtida próximo à superfície e dependeu parcialmente do tipo e da concentração de carga utilizada nos compósitos.

DE BACKER et al.<sup>15</sup>, em 1985, determinaram a intensidade de luz e o comprimento de onda de 6 aparelhos de polimerização por luz visível e a profundidade de polimerização para 10 compósitos. A profundidade de polimerização foi determinada para as várias cores de cada marca dos compósitos, usando uma matriz com quatro perfurações medindo 4 mm de diâmetro por 6 mm de comprimento. As quatro perfurações foram preenchidas com compósito de mesma cor e marca, e polimerizadas individualmente por

20, 40, 60 e 120 segundos. Em seguida, o corpo-de-prova era removido do molde, sendo descartada a porção não polimerizada e realizada a medida na parte polimerizada com um calibrador Vernier. Quatro das seis fontes de luz possuíam um filtro, sendo que o pico do comprimento de onda variava entre 459 a 496 nm. Os resultados mostraram que todos produtos apresentaram variação na profundidade de polimerização de 3 a 6 mm após a exposição de 60 segundos; a profundidade de polimerização de cada compósito depende da cor; e sob o mesmo tempo de irradiação, as cores claras parecem apresentar profundidade de polimerização maior que as cores escuras.

Em 1985, KANKA<sup>25</sup> comparou as durezas superficiais e a uniformidade de polimerização através da dureza Barcol, de onze compósitos usados em dentes posteriores. Também avaliou o efeito do aumento no tempo de exposição e na distância entre a fonte de luz e a superfície do compósito. Corpos-de-prova de 2 mm de espessura por 7 mm de diâmetro foram ensaiados sob as seguintes condições: exposição por 20 e 40 segundos em contato com o corpo-de-prova e exposição por 20 e 40 segundos a 4 mm de distância do corpo-de-prova. Uma hora após a polimerização três leituras foram tomadas da região de superfície e fundo de cada corpo-de-prova. O autor observou que existe uma média semelhante de dureza para todos os compósitos testados e a diferença entre a média de dureza na superfície e no fundo do corpo-de-prova diminuiu com o aumento do tempo de exposição e aumentou com a distância entre a fonte de luz e os corpos-de-prova.

ONOSE et al.<sup>33</sup>, em 1985, realizaram um trabalho usando quatro compósitos fotopolimerizáveis e um autopolimerizável, para determinar a

dureza superficial, o efeito da tonalidade na polimerização e a influência do tempo de ativação sobre a polimerização de compósitos. O grau de polimerização foi determinado usando corpos-de-prova de 4 mm de diâmetro por 6 de comprimento, seccionados longitudinalmente, onde foram feitas penetrações para medida de dureza Knoop, a cada 0,5 mm, a partir de 0,1 até 5,5 mm abaixo da superfície. Os autores obtiveram número máximo de dureza na área imediatamente abaixo da região de superfície do corpo-de-prova (0,5 a 1,0 mm). Em seguida a dureza diminuiu gradualmente com a profundidade. Os agentes de coloração nos compósitos provocavam um efeito de redução no grau de polimerização, e havia uma melhora quando se prolongava o tempo de exposição. Entretanto, após 120 segundos de ativação a dureza não mais aumentou significativamente.

Ainda em 1985, OTA et al.<sup>34</sup> determinaram a dureza Barcol nas regiões de superfície e fundo de corpos-de-prova confeccionados com cinco compósitos, variando a espessura e o tempo de exposição à luz. Os corpos-de-prova foram obtidos em anéis de 5 mm de diâmetro com espessura de 1,5, 2,0 e 2,5 mm. Número de dureza Barcol na região de superfície e fundo dos corpos-de-prova foram obtidos imediatamente após a exposição à luz, nos tempos de 20, 40 e 60 segundos. Os resultados determinaram que, para cada espessura, a dureza na superfície e no fundo aumentava com o aumento do tempo. A diferença máxima de dureza entre superfície e fundo sempre ocorreu em tempos mais curtos de exposição a luz. Para todos os materiais, os números de dureza após 20 e 40 segundos de exposição à luz foram sempre significativamente menores que a 60 segundos de exposição.

YEARN<sup>51</sup>, também em 1985, relatou alguns fatores que determinam as características de polimerização e o desempenho dos compósitos fotopolimerizáveis. O autor informou que a luz visível de comprimento de onda apropriado é absorvida por uma alfa-dicetona, geralmente a canforoquinona, e neste estado de excitação, reage com uma amina para produzir radicais livres. Cada cadeia adicional requer um radical livre. Dessa maneira, o grau de conversão encontrado não depende somente da formulação química, mas da quantidade de energia luminosa que alcança o catalizador. Isso significa que as camadas mais próximas da fonte de luz polimerizam mais eficientemente do que as camadas mais profundas. Descreveu a existência de três tipos de teste documentados na literatura para medir a profundidade de polimerização: o primeiro considera a remoção da camada não polimerizada e não indica a quantidade de polimerização; o segundo, através de medida de dureza (Barcol, Knoop e Vickers), permite resultados aproximados; e o terceiro mede a conversão de duplas ligações através de um método de Espectroscopia de Reflexão Interna Múltipla e Espectrofotometria de Laser, que são técnicas complexas e impossível para medidas de rotina.

COOK<sup>9</sup>, em 1986, desenvolveu uma pesquisa na qual verificou que o comprimento de onda da luz que promove a excitação da canforoquinona está dentro da faixa azul do espectro visível, entre 450 e 500 nm.

CORADAZZI et al.<sup>12</sup>, em 1986, verificaram o desempenho de um aparelho experimental de procedência nacional, com filtro liberando luz azul,

utilizado para polimerização de resinas compostas disponíveis no mercado. Corpos-de-prova com 6 mm de diâmetro e 12 de comprimento foram confeccionados em matriz de teflon, polimerizados com um aparelho fotopolimerizador nos tempos de 20 e 40 segundos. Após a polimerização os corpos-de-prova foram removidos da matriz e as porções não polimerizadas foram eliminadas. Um paquímetro foi utilizado para determinar a profundidade de polimerização de cada compósito, num total de 45 corpos. Os corpos-de-prova foram armazenados por 24 horas sendo posteriormente seccionados transversalmente ao centro e polidos. Foram realizadas três medidas de dureza Rockwell em três pontos equidistantes. Os corpos-de-prova proporcionaram três superfícies distintas: 1-voltada para a fonte de luz; 2-porção central; e 3-oposta à fonte de luz. Os autores concluíram que a dureza superficial obtida na porção central está próxima aos valores de dureza correspondentes à superfície voltada para a fonte de luz, sendo que a dureza diminuiu acentuadamente na face oposta à fonte de luz.

DE BACKER & DERMAUT<sup>14</sup>, em 1986, avaliaram a profundidade de polimerização de seis compósitos fotoativados, utilizando oito aparelhos de luz diferentes. Os corpos-de-prova medindo 2 mm de diâmetro e com espessura variando de 1, 2, 3 e 4 mm foram confeccionados em moldes de aço. Foram confeccionadas 4 corpos-de-prova para cada material, e um tempo de 60 segundos foi utilizado para polimerização. Após a polimerização os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de dureza Knoop. Segundo os autores, as médias de dureza começaram a decrescer a partir de 3 mm de profundidade, e os materiais de macropartículas obtiveram níveis de polimerização superiores aos de micropartículas. Enfatizaram

também que os fatores mais importantes, que afetam a profundidade de polimerização, foram a composição e propriedades físicas dos compósitos e não os aparelhos de luz, como geralmente tem sido aceito.

KANCA<sup>24</sup>, em 1986, testou sete compósitos indicados para dentes posteriores para saber quanto tempo de exposição adicional era necessário para melhorar a polimerização destes compósitos. Para isso, utilizou um grupo de corpos-de-prova de 7 mm de diâmetro por 2 mm de espessura, sob exposição de luz visível durante 40 segundos. Em um outro grupo de corpos-de-prova com as mesmas dimensões usou uma exposição adicional de 20 segundos na região de fundo. A seguir, foram feitas medidas de dureza Barcol e o autor concluiu que corpos-de-prova com 2 mm de espessura apresentaram diferenças na dureza entre a região superficial e fundo e que exposição adicional de 20 segundos aumentava a dureza dos compósitos.

MATSUMOTO et al.<sup>30</sup>, em 1986, determinaram a profundidade de polimerização (usando a dureza Knoop) de sete compósitos de diferentes procedências, colocados sob condições clínicas simuladas. Foram preparadas cavidades cilíndricas de 2 mm de diâmetro por 4,5 mm de profundidade, em superfícies oclusais de segundos molares extraídos. As penetrações para medida de dureza Knoop foram feitas após 48 horas e seis meses, 0,5 e 1 mm distantes da interface dente/restauração, nas profundidades de 1, 2, 3 e 4 mm. De acordo com os resultados, não houve diferença significativa entre os valores de dureza dos compósitos medidos a 0,5 e 1 mm distantes da interface dente restauração, mas a dureza diminuiu com o aumento da profundidade.



Desta forma, os autores concluíram que os compósitos exibiram uma redução na dureza com o aumento da profundidade da restauração e que os tempos recomendados pelos fabricantes são inadequados para garantir a polimerização completa. A técnica por camada pode ser o melhor método para preencher cavidades que ultrapassem 3 a 4 mm de profundidade.

SIMONSEN & KANCA<sup>41</sup>, em 1986, mediram a dureza superficial de quatro compósitos indicados para dentes posteriores, usando polimerização adicional após ajuste oclusal simulado. Corpos-de-prova de 2 mm de espessura e 7 mm de diâmetro foram polimerizados por 40 segundos e submetidos à exposição adicional de 20 segundos. Todos os materiais foram ensaiados nas tonalidades claras e escuras e os corpos-de-prova foram medidos usando dureza Barcol. Os resultados mostraram que após o ajuste oclusal simulado de 1mm da superfície dos compósitos, houve redução do número de dureza Barcol, após a exposição adicional à luz, os valores de dureza aumentavam. O aumento de dureza foi maior para os compósitos de tonalidades mais escuras. Os autores concluíram que a dureza superficial e a resistência ao desgaste talvez possam ser melhoradas por uma exposição adicional à luz, como último passo no procedimento clínico em restaurações com compósitos.

WATTS et al.<sup>48</sup>, em 1986, mediram a microdureza superficial de quatro compósitos indicados para dentes posteriores, utilizando medidas de dureza Knoop. A dureza Knoop foi medida logo após a polimerização 15, 30, 45 e 60 minutos, três e 24 horas, uma semana e um mês. Foram utilizados três grupos de cinco corpos-de-prova medindo 4 mm de diâmetro por 2,5 mm de

espessura, polimerizados por 60 segundos e armazenados em condições específicas (20 °C e 37 °C no estado seco e 37 °C em água destilada). Segundo os resultados, os valores de microdureza variaram significativamente com o tempo, sob cada condição de armazenagem. A maior dureza superficial foi obtida após um mês nas condições de armazenagem a 37 °C no estado seco. Com isso, os autores concluíram que a microdureza aumentou uniformemente com o tempo, alcançando o máximo após uma semana. Em todos os casos a melhoria foi substancial após a primeira hora e maior para os corpos-de-prova armazenados a 37 °C. Os resultados refletem a reação cruzada de polimerização progressiva dos compósitos, que continua após a fotoativação.

DE WALD & FERRACANE<sup>18</sup>, em 1987, realizaram um estudo no qual compararam 4 diferentes métodos para avaliar a profundidade de polimerização de três compósitos fotoativados. Na primeira fase, foram confeccionados corpos-de-prova medindo 5 mm de diâmetro por 1, 2, 3, 4 e 5 mm de espessura em moldes de alumínio, polimerizados a uma distância de 1 mm da superfície por 40 segundos. Cinco corpos-de-prova foram confeccionados para cada compósito e para cada espessura, perfazendo um total de 75 corpos-de-prova. O grau de conversão, ou seja, o percentual de ligações duplas de carbono que se converte em ligações simples durante a reação de polimerização, foi realizado com Espectrofotômetro Infravermelho. A medida que aumentou a profundidade, houve um declínio rápido no grau de conversão. Na segunda parte, foram confeccionados corpos-de-prova medindo 5 mm de diâmetro por 5 mm de espessura em matriz de alumínio, polimerizados por 40 segundos a uma distância de 1 mm da superfície. Um total de 15 corpos-de-prova foram confeccionados. Em seguida, os corpos-de-

prova foram removidos do molde e armazenados em ambiente escuro, por 24 horas a 37 °C. Decorrido 24 horas os corpos-de-prova foram embutidos em resina epóxica e armazenados por 24 horas. Posteriormente, cada corpo-de-prova foi seccionado longitudinalmente e polido. Em seguida, os corpos-de-prova foram colocados em um Stereo microscópio para determinar a profundidade na qual a linha demarcatória poderia ser visualizada entre o compósito polimerizado e o não polimerizado. O material não polimerizado foi removido e a profundidade do corpo-de-prova foi medida. Na terceira etapa as medidas de dureza Knoop dos mesmos corpos-de-prova da fase dois foram realizadas nas profundidades de 1, 2, 3, 4 e 5 mm ao longo da superfície seccionada. Segundos os autores, a profundidade de polimerização dos compósitos está diretamente correlacionada com o tamanho das suas partícula. No interior do compósito a dispersão da luz polimerizadora é aumentada, de modo que, o valor do tamanho da partícula de carga inorgânica aproxima-se do valor do comprimento de onda da luz ativadora. Os resultados revelaram uma correlação entre os métodos óticos e de remoção estimada acima da profundidade de polimerização quando comparada com a dureza e o grau de conversão. Embora a dureza Knoop se correlacione positivamente com o grau de conversão, o mesmo foi mais drasticamente reduzido com o aumento da profundidade.

ELIADES et al.<sup>19</sup>, em 1987, estudaram a fotopolimerização dos compósitos através de espectroscopia infravermelha. Os autores concluíram que o nível de polimerização foi menor para os materiais de micropartículas e que o aumento no tempo de exposição melhorou a polimerização para todos os materiais analisados. Informaram também que o aumento da dureza e

conseqüente grau de polimerização ocorrem devido a maior formação de radicais livres dentro do material.

BAHARAV et al.<sup>4</sup>, em 1988, estudaram o efeito do tempo de exposição de uma fonte de luz visível sobre a profundidade de polimerização e grau de dureza de um compósito para dentes posteriores. Corpos-de-prova de 15 mm de comprimento por 3 mm de diâmetro foram expostos à luz visível por 10, 20, 30, 40, 60, 80 e 180 segundos. Os testes de dureza Knoop foram realizados perpendicularmente ao longo eixo das corpos-de-prova e a 1 mm da superfície, 24 horas após a polimerização. Os resultados mostraram que a porção superficial sofreu polimerização mais completa e que um maior tempo de exposição resultou em maior profundidade de polimerização. O grau de polimerização foi maior nos primeiros 10 segundos, e a dureza máxima foi obtida após 80 segundos de exposição, medida a 1 mm de profundidade. Nenhum aumento adicional na dureza ocorreu até 180 segundos de exposição. Em profundidades maiores foi observada uma redução da dureza Knoop.

CHENG & GARONE NETTO<sup>8</sup>, em 1988, verificaram a capacidade de polimerização dos sistemas de luz visível e ultra violeta quanto aos tipos de compósitos, aos tipos de unidade ativadora, às espessuras dos compósitos e ao tempo de exposição. Os corpos-de-prova foram confeccionados em matrizes cilíndricas de latão, com espessura de 1, 2 e 3 mm. A polimerização dos corpos-de-prova foi realizada com tempo de exposição variando de 20, 40 e 60 segundos. Em seguida, os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de dureza Rockwell. Com base nos resultados, os autores concluíram que o sistema de luz visível apresentou poder de

polimerização maior do que a luz ultravioleta; em ambos os sistemas de ativação, quanto maior a espessura do compósito, maior a dificuldade de polimerização, principalmente quando a espessura ultrapassa de 2 a 3 mm; quanto maior o tempo de exposição para os dois sistemas de ativação, maior a capacidade de polimerização; e os aparelhos de luz visível, além de polimerizarem mais rapidamente, também apresentaram um poder de penetração através do esmalte dental.

ATMADJA & BRYANT<sup>3</sup>, em 1990, estudaram alguns fatores que influenciam no grau de polimerização de compósitos. Medidas de dureza Knoop foram efetuadas na superfície dos corpos-de-prova que receberam a luz, em diferentes tempos, nas distâncias de 1, 2, 3, 4 e 6 mm. Os autores concluíram que a dureza dos compósitos diminuiu com o aumento da profundidade e menores tempos de exposição; e a composição dos materiais também tem um grande efeito na dureza superficial e profundidade de polimerização.

SAMUEL et al.<sup>40</sup>, em 1992, verificaram a influência da distância da fonte de luz polimerizadora, polimerização adicional e do acabamento superficial de dois compósitos. Cinco corpos-de-prova de cada material medindo 6 mm de diâmetro por 2 mm de espessura, foram polimerizados por 60 segundos nas seguintes distâncias: 0, 5, 10 e 15 mm, perfazendo um total de 20 corpos-de-prova para cada material utilizado. Após a polimerização, os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de dureza Knoop nas regiões de superfície e fundo. Em seguida, os corpos-de-prova receberam um acabamento e foram testados quanto a dureza. Foram submetidos a uma nova incidência de

luz nas mesmas distâncias por mais 60 segundos e novas medidas foram tomadas. Com base nos resultados, os autores chegaram às seguintes conclusões: o aumento na distância da fonte de luz polimerizadora diminui a dureza superficial e de fundo destes compósitos; o acabamento superficial aumentou a dureza superficial dos compósitos; a adição de 60 segundos no tempo de exposição aumentou a dureza na superfície que recebeu acabamento; e a associação acabamento e polimerização adicional produziu maior dureza superficial.

HANSEN & ASMUSSEN<sup>23</sup>, em 1993, avaliaram o desempenho de três radiômetros e a profundidade de polimerização de um compósito. A intensidade de luz de 80 aparelhos (novos, usados e danificados) foi medida com os três radiômetros. O rendimento de cada aparelho foi medido 5 segundos após o aparelho ser ligado. Foram realizadas de duas a cinco medidas para cada aparelho, e o valor médio foi calculado. A profundidade de polimerização foi realizada utilizando 20 aparelhos fotopolimerizadores, em cavidades com 4,5 mm de diâmetro por 8 a 10 mm de comprimento em terceiros molares extraídos. O compósito foi colocado na cavidade e polimerizado por 40 segundos. Após 5 minutos, o compósito superficial não polimerizado foi removido e o polimerizado foi medido usando um micrômetro de precisão. Foram confeccionados quatro corpos-de-prova para cada aparelho testado. Após obter os resultados, os autores concluíram que as camadas do compósito devem apresentar espessura máxima de 2,5 mm, para ocorrer uma completa polimerização. Alguns aparelhos apresentam diferentes intensidades para cada tipo de radiômetro. Em alguns casos, houve uma pronunciada diferença entre o rendimento dentro do mesmo tipo de unidades

novas. O desempenho dos três radiômetros não foi completamente confiável, entretanto, podem ser considerados instrumentos úteis para monitorar o rendimento de aparelhos fotopolimerizadores.

LEE et al.<sup>27</sup>, em 1993, avaliaram a potência e comprimento de onda de cinco aparelhos fotopolimerizadores e comparando as medidas radiométricas e espectralradiométricas. Após os resultados, os autores concluíram que os dados obtidos pelas duas técnicas se correlacionaram bem próximas aos comprimentos de onda específico de 450 a 500 nm, a qual se considera ser a mais efetiva para a polimerização. O radiômetro mostrou-se um instrumento sensível para determinar o comprimento de onda e efetivo para determinar rapidamente a eficiência dos aparelhos fotopolimerizadores nos consultórios odontológicos.

PIRES et al.<sup>36</sup>, em 1993, avaliaram a relação entre distância da fonte de luz e compósito, medidas da intensidade de luz por meio de radiômetro e grau de conversão. A dureza Knoop foi usada para avaliar o grau de conversão. Corpos-de-prova de 6 mm de diâmetro por 2 mm de espessura foram confeccionados em uma matriz de Plexiglass e polimerizados com luz visível por 40 segundos, sendo que a fonte de luz foi posicionada às distâncias de 0, 2, 6 e 12 mm da superfície dos corpos-de-prova. Um disco de dentina plano e polido foi usado como base para simular o assoalho de um preparo cavitário clínico. Cinco corpos-de-prova foram confeccionados para cada distância, a intensidade de luz foi medida com radiômetros colocados nas mesmas distâncias da ponta ativa do condutor de luz. Todas as medidas foram realizadas com 3 radiômetros. A intensidade de luz foi medida antes dos

corpos-de-prova serem polimerizados a cada distância, sendo repetida após a polimerização de 3<sup>o</sup> e 5<sup>o</sup> corpos-de-prova de cada grupo. Após a polimerização, os corpos-de-prova foram armazenados por 24 horas e então, submetidos a um polimento, na parte superior e de fundo, para produzir uma superfície lisa e uniforme. Três medidas de microdureza Knoop foram feitas na superfície e no fundo de cada corpo-de-prova. Os autores concluíram que: a dureza na superfície dos corpos-de-prova não é afetada pela distância da ponta ativa do fotopolimerizador ou intensidade de luz; nas regiões mais profundas a dureza é menor que a dureza na superfície a qualquer distância da ponta do fotopolimerizador e diminui à medida que a ponta se afasta do compósito; e para assegurar uma adequada profundidade de polimerização, os tempos de exposição recomendados pelo fabricante devem ser aumentados sempre que a intensidade de luz for reduzida pela distância da ponta ativa do fotopolimerizador.

FOWLER et al.<sup>20</sup>, em 1994, verificaram por meio de dureza a influência de reduções na intensidade de luz sobre o grau de polimerização de compósitos e a habilidade do clínico para detectar a redução na intensidade de luz através da avaliação de polimerização dos corpos-de-prova pelo teste táctil, usando um explorador para avaliar a dureza nas regiões de superfície e fundo dos corpos-de-prova. A intensidade de luz foi reduzida de 0 a 60 % sem ou com filtros de densidade neutra a cada 10 %. A emissão de luz com os filtros foi monitorada por dois radiômetros. A profundidade de polimerização foi determinada em corpos-de-prova com 6 mm de diâmetro por 3 mm de espessura. Três corpos-de-prova foram preparados para cada intensidade de luz. Os grupos foram preparados com tempo de exposição de 30 e 60



segundos. Três medidas de dureza Barcol foram obtidas na região de superfície e fundo, para cada corpo-de-prova, após 1 hora de polimerização. O teste táctil foi realizado por três clínicos, em corpos-de-prova de 5 mm de diâmetro por 3 mm de espessura, nas regiões de superfície e fundo, utilizando um explorador. Quatro corpos-de-prova foram confeccionados para os tempos de 10, 15, 30 e 60 segundos de exposição, utilizando redução de 0 a 70 %. O teste de dureza Barcol também foi realizado após 1 hora. Os autores concluíram que: reduções na emissão dos aparelhos reduz a profundidade de polimerização; e o tempo de polimerização de 60 segundos pode compensar a perda da intensidade de luz. De acordo com os autores, os clínicos não conseguiram detectar rotineiramente diferenças menores que 20 a 30 números de dureza Barcol durante o teste táctil, um medidor de intensidade de luz é o meio mais prático para determinar o desempenho dos aparelhos fotopolimerizadores.

RUEGGBERG et al.<sup>38</sup>, em 1994, verificaram a influência da variação da intensidade de luz e do tempo de exposição na polimerização de compósitos em diferentes profundidades. A intensidade de luz foi verificada periodicamente por um radiômetro. A intensidade foi reduzida, com filtros de densidade neutra, de 800 mW/cm<sup>2</sup> para 578, 400 e 233 mW/cm<sup>2</sup>. Corpos-de-prova de compósito com 13 mm de diâmetro foram obtidas simulando restaurações cilíndricas de modo que os discos poderiam ser removidos numa profundidade de 1, 2 e 3 mm abaixo da superfície. Os corpos-de-prova foram polimerizados, utilizando várias intensidades de luz nos tempos de 20, 40, 60 e 80 segundos, sendo que a polimerização do compósito foi determinada através de espectroscopia infravermelha. Os autores concluíram que 60

segundos de exposição de luz são recomendados para promover uma polimerização uniforme, compensando a diminuição na intensidade de luz e que incrementos não devem ser maiores que 2 mm para se obter uma polimerização máxima e uniforme, embora 1 mm de espessura fosse ideal. De acordo ainda com os autores, se a intensidade de luz diminuir para 233 mW/cm<sup>2</sup> é recomendado a troca da lâmpada, e o mínimo de 400 mW/cm<sup>2</sup> é recomendado para polimerização rotineira dos compósitos.

YANAGAWA & FINGER<sup>50</sup>, em 1994, estudaram a relação entre resistência de união ao cisalhamento à dentina e a polimerização de compósito adjacente a interface de união. Um compósito foi polimerizado na dentina tratada com um sistema adesivo, nas espessuras de 1, 2, 3 e 5 mm, com sete tempo de exposição de 3 a 180 segundos. A resistência de união ao cisalhamento foi determinada 10 minutos após a polimerização. O grau de polimerização do compósito junto a união foi determinado através da dureza Wallace, em corpos-de-prova preparados nas mesmas condições dos do teste de resistência, porém, com uma placa de vidro separando o compósito da dentina. Uma relação consistente foi encontrada entre resistência de união ao cisalhamento, tempo de polimerização e grau de polimerização, indicando que resistência de união ao cisalhamento pequena, sempre em função da característica mecânica da resina próxima a interface de união.

BALLESTER et al.<sup>5</sup>, em 1995, realizaram um trabalho para mostrar a influência da distância do fotopolimerizador na intensidade de luz recebida pelas regiões de superfície e fundo de corpos-de-prova, confeccionados com compósito. Foi interposto ou não, entre o radiômetro e a

ponta do fotopolimerizador corpos-de-prova de compósito com 1 mm de espessura e as medidas foram anotadas em  $\text{mW/cm}^2$ . A distância do fotopolimerizador variou 0, 2, 5 e 10 mm. Os autores concluíram que o aumento da distância provocou diminuição acentuada da intensidade de luz recebida pela face de superfície e de fundo.

CORRER SOBRINHO<sup>13</sup>, em 1995, realizou um estudo para correlacionar a intensidade de luz emitida por seis aparelhos fotopolimerizadores, monitorados por um radiômetro, e o grau de conversão de um compósito fotoativado, através da dureza Knoop. Foram confeccionados três corpos-de-prova com 5 mm de diâmetro por 2 mm de espessura, polimerizados pela luz nos tempos de 30, 45, 60, 75, 90, 105, 135, 150, 165 e 180 segundos, por fotopolimerizadores com intensidade de luz de 50, 130, 220, 280 e  $520 \text{ mW/cm}^2$ . Após a polimerização os corpos-de-prova foram armazenados por 24 horas, à  $37^\circ\text{C}$ . em seguida os corpos-de-prova foram posicionados verticalmente e incluídas em resina a base de poliéster. Os corpos-de-prova foram desgastados até atingir a região central, polidas com lixas de granulação decrescente e solução aquosa de óxido de alumínio. Medidas de dureza Knoop foram realizadas em cinco pontos equidistantes na região de superfície e fundo. O autor concluiu que: os aparelhos com maior intensidade de luz proporcionam valores de dureza Knoop superiores aos de menor intensidade; independente do aparelho fotopolimerizador, os valores de dureza da superfície eram sempre superiores em relação ao fundo; os aparelhos fotopolimerizadores com intensidade de luz de 130, 220 e  $280 \text{ mW/cm}^2$  não apresentaram diferença para os valores de dureza nas regiões de fundo e superfície, à partir de 75 segundos de exposição.

MIYAZAKI et al.<sup>31</sup>, em 1995, investigaram a influência da intensidade de luz na resistência de união à dentina de cinco sistemas adesivos. Corpos-de-prova, retangulares de compósito com 1 mm de espessura por 2 mm de altura e 4 mm de largura, unidos por um sistema adesivo à dentina de incisivos mandibulares, foram polimerizadas com intensidades de luz de 100, 200, 400, 600, 800 e 1000 mW/cm<sup>2</sup>, por 40 segundos. Após 24 horas, os corpos-de-prova foram testados quanto a resistência de união ao cisalhamento. Os autores concluíram que: a intensidade de luz afetava a resistência de união entre dentina e o compósito; a resistência de união de todos os materiais diminuiu com intensidades menores; e, que diferentes sistemas adesivos produziam resultados diferentes para resistência de união.

ANUSAVICE<sup>1</sup>, em 1996, descreveu sobre os compósitos odontológicos. Em um breve histórico o autor relata que os primeiros estudos sobre compósitos surgiram no final da década de 40, porém somente na década de 60, com o desenvolvimento da molécula de BIS-GMA, surgiram os compósitos nos quais se baseiam os atuais. O autor relata também que os primeiros compósitos possuíam um sistema de ativação química da reação de polimerização, que foi substituído por sistemas de ativação física, inicialmente pela luz ultravioleta (anos 70) e posteriormente (anos 80) pela luz visível. Segundo o autor existe uma diferença significativa entre os compósitos autopolimerizáveis e os fotopolimerizáveis. Segundo o autor os compósitos são formados pelos seguintes componentes: Matriz resinosa – são monômeros aromáticos e diacrilatos alifáticos, sendo o BIS-GMA o mais usado, que por uma reação de polimerização formam macromoléculas e promovem o

endurecimento do material, também podem estar incorporados na matriz monômeros diluentes, pigmentos e radiopacificantes; Partículas de carga – são partículas inorgânicas que tem a função de melhorar as propriedades do compósito. Quanto maior a quantidade de partículas inorgânicas presentes no compósito menor será a contração de polimerização e o coeficiente de expansão térmica e melhores serão as propriedades mecânicas como: resistência à compressão, tração, abrasão, módulo de elasticidade e dureza; Agente de união – tem a função de unir quimicamente matriz e carga; e sistema ativador e iniciador – moléculas que quando unidas e ativadas promovem a polimerização por adição da matriz resinosa. Os materiais que são ativados por reação química têm a capacidade de sofrer polimerização em toda a extensão. Já aqueles que são iniciados pela luz irão polimerizar-se somente na região que receber uma intensidade de luz suficiente. Isto resulta em uma profundidade de polimerização deficiente. A conversão de monômeros depende de diversos fatores, entre eles: a capacidade de transmissão da luz através do material e a quantidade de fotoiniciador e inibidor. A transmissão da luz no material é controlada pela absorção e dispersão da luz pelas partículas de carga, bem como pela presença de uma estrutura dental que se interponha entre a fonte de luz e o compósito. O coeficiente de atenuação para os vários compósitos pode variar de um material para outro. Está na dependência da opacidade, do tamanho e da quantidade de carga e da cor dos pigmentos. A polimerização em qualquer profundidade está relacionada com a quantidade, em particular, de radicais livres para iniciação, e se relaciona diretamente com a intensidade de luz e tempo de exposição.

PEREIRA et al.<sup>35</sup>, em 1997, avaliaram a capacidade de polimerização, por meio de dureza Vickers, de um compósito, em função de diferentes intensidades e profundidades de polimerização. Para tal, 120 aparelhos fotopolimerizadores foram divididos em 12 grupos de acordo com a intensidade de luz emitida e cinco corpos-de-prova foram confeccionados com cada aparelho em uma matriz de poliacetato com dimensões de 7 x 4 x 4 mm. O teste de dureza foi realizado a cada milímetro. Um tempo de 60 segundos foi utilizado para a polimerização. Os autores concluíram que: aparelhos que emitem maior intensidade de luz proporcionam maior capacidade de polimerização; os aparelhos que emitiam intensidade de 800 mW/cm<sup>2</sup> promoveram polimerização em camadas com até 4 mm; os valores máximos de intensidade de luz para polimerizar 1, 2, 3 e 4 mm foram 564, 628, 692 e 756 mW/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

VICENTINI et al.<sup>45</sup>, em 1997, investigaram a influência da intensidade de luz e do tempo de exposição no grau de dureza Knoop de dois tipos de compósitos (um híbrido e outro microparticulado). Para isso foram preparados corpos-de-prova com 2 mm de espessura por 5 mm de diâmetro, em uma matriz de latão. A inserção do compósito foi feita em um único incremento e adaptada com uma tira de poliéster. Um aparelho com intensidade de 720 mW/cm<sup>2</sup> foi usado para polimerizar os corpos-de-prova com tempos de 30, 60, 90 e 120 segundos. Foram confeccionados 3 corpos-de-prova para cada tipo de compósito e tempo de exposição. Após a polimerização os corpos-de-prova foram armazenadas a 37 °C, por 24 horas, embutidas em resina a base de poliéster e seccionadas ao meio no sentido longitudinal. A dureza Knoop dos corpos-de-prova foram tomadas em cinco

pontos eqüidistantes, tanto na superfície e quanto no fundo. Os autores concluíram que: a dureza na região de superfície foi superior em relação ao fundo em todos os tempos de exposição; o compósito híbrido apresentou valores de dureza superiores ao compósito microparticulado.

## **5 – Proposição**



## 5 – Proposição

De acordo com as informações contidas na revisão bibliográfica, a polimerização incompleta pode alterar a dureza da restauração, apesar das inúmeras vantagens dos compósitos odontológicos fotoativados.

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi investigar a influência da distância da ponta ativa do aparelho fotopolimerizador, no grau de dureza Knoop dos compósitos Z 100 e Silux Plus, em diferentes profundidades.

## **6 – Materiais e Método**

## 6 – Materiais e Método

### 6.1 – Materiais

As características, marca comercial e fabricantes dos compósitos utilizados neste estudo estão apresentados na Tabela 1. As condições técnicas, tipo e fabricante do fotopolimerizador são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 1 – Características, marca comercial e fabricantes dos compósitos odontológicos utilizados no estudo\*.

<b>Características</b>	<b>Z100</b>	<b>Silux Plus</b>
Tipo	Partículas Pequenas	Micropartículas
Tamanho das partículas	1 $\mu\text{m}$ (0,01 a 3,5 $\mu\text{m}$ )	0,04 $\mu\text{m}$
Conteúdo de partículas	66 % em volume	37,5 % em volume
Matriz orgânica	BIS-GMA e TEGDMA	BIS-GMA e TEGDMA
Cor	A3 (escala Vita)	U
Indicações	Anteriores e Posteriores	Anteriores
Fabricante	3M Dental Products Division, St. Paul, MN.	3M Dental Products Division, St. Paul, MN.

\* Informações do Fabricante

Tabela 2 – Condições técnicas, tipo e fabricante do aparelho fotopolimerizador.

Modelo	XL 3000
Tipo	“revólver”
Fabricante	3M Dental Products Division St. Paul, MN, USA.
Intensidade de Luz	750 mW/cm <sup>2</sup>
Tensão	110/120 volts – 50/60 Hz
Fusível	0,9 A
Lâmpada	12 V – 75 watts / halógena
Observações	radiômetro embutido.

## 6.2 - Método

### 6.2.1 – Confeção dos corpos-de-prova

Os corpos-de-prova foram confeccionados numa matriz de latão<sup>17</sup> contendo uma cavidade com 5 mm de diâmetro por 2,5 mm de espessura, no centro de um cilindro de latão, com 10 mm de diâmetro por 10 mm de altura, seccionado longitudinalmente na parte central, a fim de facilitar a remoção do corpo-de-prova após a polimerização, como descrito por Correr Sobrinho<sup>13</sup> e VICENTINI *et al.*<sup>45</sup> (Figura 1).

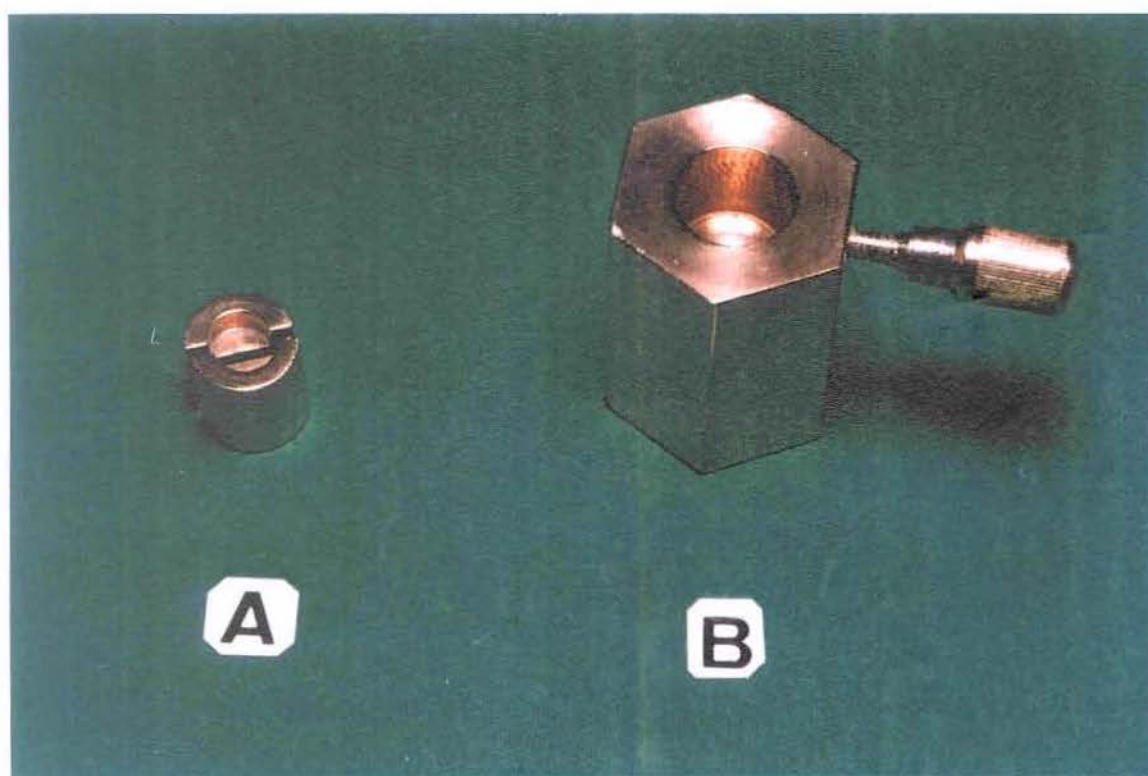


Figura 1 - (A) - Matriz usada na confecção dos corpos-de-prova; (B) – Base usada para apoio e fixação da matriz.

A matriz bipartida foi fixada numa cavidade com 10 mm de diâmetro por 9 mm de profundidade, confeccionada na parte superior de uma base hexagonal de latão, com 20 mm de diâmetro por 25 mm de altura (Figura 1). Essa matriz bipartida foi mantida em posição através de um parafuso colocado numa das faces laterais da base.

Para manter a ponta ativa do aparelho fotopolimerizador à diferentes distâncias da superfície do corpo-de-prova foi usado um espaçador confeccionado em latão. Esse espaçador era composto por um conjunto de 3 anéis, com diferentes espessuras, porém todos com 25 mm de diâmetro externo e um orifício interno de 5 mm de diâmetro. O primeiro anel possuía 4 mm de altura, com dois rebaiços centrais, de 1 mm cada (um superior e um inferior), com 12 mm de diâmetro, destinados para encaixe da ponta do aparelho fotopolimerizador (superior) e adaptação da matriz bipartida (inferior). Esse anel permitia um espaçamento de 2 mm entre a superfície do material restaurador e a ponta ativa do fotopolimerizador. O segundo anel possuía 4 mm de altura, com um rebaixo de 1 mm na parte superior e uma saliência de 1mm na parte inferior para encaixe do primeiro anel. O terceiro anel possuía 6 mm de altura, com um rebaixo superior de 1 mm e saliência inferior de 1mm, com as mesmas finalidades do segundo anel (Figura 2).



Figura 2 – Espaçadores usados para manter a ponta ativa do fotopolimerizador à diferentes distâncias da superfície do corpo-de-prova.

Com auxílio de uma espátula plástica (JON), o compósito foi inserido dentro da cavidade, numa única porção e com excesso. A adaptação do material foi feita pela compressão da tira de poliéster sob uma lâmina de vidro, com carga estática de 1Kg necessária para remoção do excesso de material e para deixar a superfície do compósito nivelado às bordas das paredes laterais da matriz. Em seguida, a lâmina de vidro foi removida e os corpos-de-prova foram fotopolimerizados por 40 segundos, utilizando o aparelho fotopolimerizador XL 3000 (3M Dental Products), com  $750 \text{ mW/cm}^2$  de intensidade de luz (Figura 3). O aparelho fotopolimerizador era monitorado quanto à intensidade de luz a cada três polimerizações com o auxílio de um

radiômetro (modelo 100 da Demetron). Os corpos-de-prova foram confeccionados de acordo com os seguintes grupos:

- Grupo 1** - Z100, ponta ativa do aparelho fotopolimerizador em contato com a tira de poliéster (sem espaçador);
- Grupo 2** - Z100, ponta ativa do aparelho fotopolimerizador distanciada 6 mm da superfície do compósito (espaçadores 1 e 2);
- Grupo 3** - Z100, ponta ativa do aparelho fotopolimerizador distanciada 12 mm da superfície do compósito (espaçadores 1, 2 e 3);
- Grupo 4** - Silux Plus, ponta ativa do aparelho fotopolimerizador em contato com a tira de poliéster (sem espaçador);
- Grupo 5** - Silux Plus, ponta ativa do aparelho fotopolimerizador distanciada 6 mm da superfície do compósito (espaçadores 1 e 2);
- Grupo 6** - Silux Plus, ponta ativa do aparelho fotopolimerizador distanciada 12 mm da superfície do compósito (espaçadores 1, 2 e 3).

Após a confecção, os corpos-de-prova foram devidamente identificados e armazenados numa estufa a 37° C e 100 % de umidade relativa, por 24 horas. Um total de 4 corpos-de-prova foram confeccionados para cada grupo, totalizando 24 corpos-de-prova.





Figura 3 – Polimerização com espaçador

### 6.2.2 – Inclusão e polimento dos corpos-de-prova

Assim, decorridas 24 horas, os corpos-de-prova foram fixados na posição vertical numa placa de vidro com adesivo à base de cianoacrilato (Superbond – Loctite Brasil Ltda., Itapevi - SP). Em seguida, os corpos-de-prova foram envolvidos por um anel de latão, com 16 mm de altura por 27 mm de diâmetro. A resina de poliéster (Poliéster 5060 MP - RCL - Ramires & Cia Ltda., Taboão da Serra - SP), previamente preparada segundo relação resina/ativador de 10 g/1,5 mL, foi vertida dentro do anel. Após a polimerização da resina, o anel de latão foi removido e a resina foi desgastada num torno de precisão, até atingir a região central do corpo-de-prova. Esse desgaste foi efetuado sob constante irrigação com solução de óleo solúvel

(proporção 4/1 - água/óleo), em baixa rotação, a fim de evitar aquecimento. Em seguida, o conjunto foi submetido ao polimento em politriz elétrica (APC-2, Arotec indústria brasileira) inicialmente com lixas irrigadas com água, nas granulações decrescentes de 220, 320, 400, 500, 600 e 1000 (3M do Brasil), e finalizado com feltro e pasta de diamante (0,05  $\mu\text{m}$ ), sob constante irrigação com água.

### 6.2.3 – Determinação da dureza Knoop

Após polimento, os corpos-de-prova foram demarcados em duas regiões: superfície e fundo. A superfície, compreendia a região onde houve a incidência direta da luz e o fundo, a região oposta.

As medidas de dureza Knoop foram efetuadas em um aparelho (Microhardness Tester FM, Future Tech Corp., Tokyo, Japan), sob carga de penetração de 50 gramas, por 30 segundos.

Foram feitas penetrações em seis profundidades diferentes (P1 à P6), distantes entre si 400  $\mu\text{m}$ :

P 1 - 30  $\mu\text{m}$  da superfície

P 2 - 430  $\mu\text{m}$  da superfície

P 3 - 830  $\mu\text{m}$  da superfície

P 4 - 1230  $\mu\text{m}$  da superfície

P 5 - 1630  $\mu\text{m}$  da superfície

P 6 - 2030  $\mu\text{m}$  da superfície

Três penetrações foram efetuadas em cada profundidade, totalizando 18 penetrações em cada corpo-de-prova (Figura 4). Um total de 432 penetrações foram efetuadas.

As medidas obtidas em micrometros foram convertidas em número de dureza Knoop, por meio de tabela de conversão.

Após obtenção dos dados, os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo Teste de Tukey.

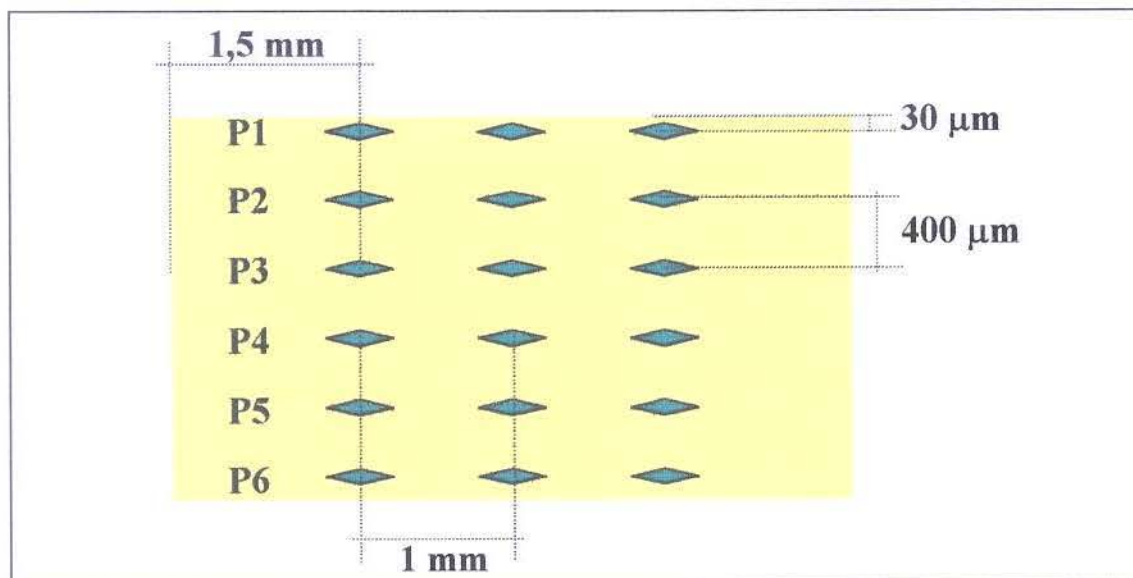


Figura 4 - Representação esquemática das penetrações, para determinação da microdureza.

## **7 – Resultados**

## 7 – Resultados

Os valores originais do número de dureza Knoop, dos compósitos Z100 e Silux Plus, nas diferentes profundidades (três penetrações em cada profundidade), foram submetidos à Análise de Variância e ao teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade e estão apresentados nas Tabelas 8, 9, 10, 11, 12 e 13 (Apêndice). Os valores médios e as comparações estatísticas estão apresentados nas Tabelas 3, 4, 5, 6, e 7 e Figuras 5, 6, 7, 8 e 9.

A Tabela 3 e Figura 5 mostram a comparação dos valores médios de dureza Knoop do compósito Z100 obtidos para as três diferentes distâncias do aparelho fotopolimerizador e nas seis profundidades. Observa-se através dos resultados que entre as distâncias do fotopolimerizador houve diferença estatística significativa, sendo que os valores de dureza Knoop do grupo polimerizado com a ponta ativa do polimerizador em contato com a fita matriz (0 mm) foram superiores aos das distâncias de 6 e 12 mm em todas as profundidades ( $p < 0,05$ ), exceto nas profundidades P5 e P6 para as distâncias 0 e 6 mm; e os valores de dureza Knoop do grupo da distância de 6 mm foi superior a 12 mm em todas as profundidades. Para as três distâncias da ponta do aparelho fotopolimerizador, os números de dureza Knoop da profundidade P1 foram estatisticamente superiores aos das profundidades P3 à P6 ( $p < 0,05$ ). Não houve diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ) no número de dureza Knoop entre as profundidades P1 e P2.

Tabela 3 - Comparação entre as médias de dureza Knoop (KHN) para o material Z 100, nas diferentes profundidades (P1-P6) e diferentes distâncias da ponta ativa do fotopolimerizador (0, 6 e 12 mm).

Profundidade	Distância da Ponta do Fotopolimerizador								
	0 mm DP *		6 mm DP *		12 mm DP *				
P1	78,19	±5,76 a,	A	71,12	±6,26 a,	B	59,28	±3,94 a,	C
P2	73,18	±5,82 ab,	A	65,00	±6,97 ab,	B	54,24	±3,43 Ab,	C
P3	70,01	±5,58 bc,	A	61,32	±6,82 bc,	B	49,07	±3,32 bc,	C
P4	64,37	±4,22 cd,	A	57,67	±2,70 bc,	B	45,61	±3,14 cd,	C
P5	58,95	±3,99 de,	A	54,28	±4,92 cd,	A	42,00	±4,70 cd,	B
P6	55,05	±1,97 e,	A	49,84	±2,96 d,	A	39,66	±5,32 d,	B

\* DP - Desvio Padrão

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 %, pelo teste de Tukey.

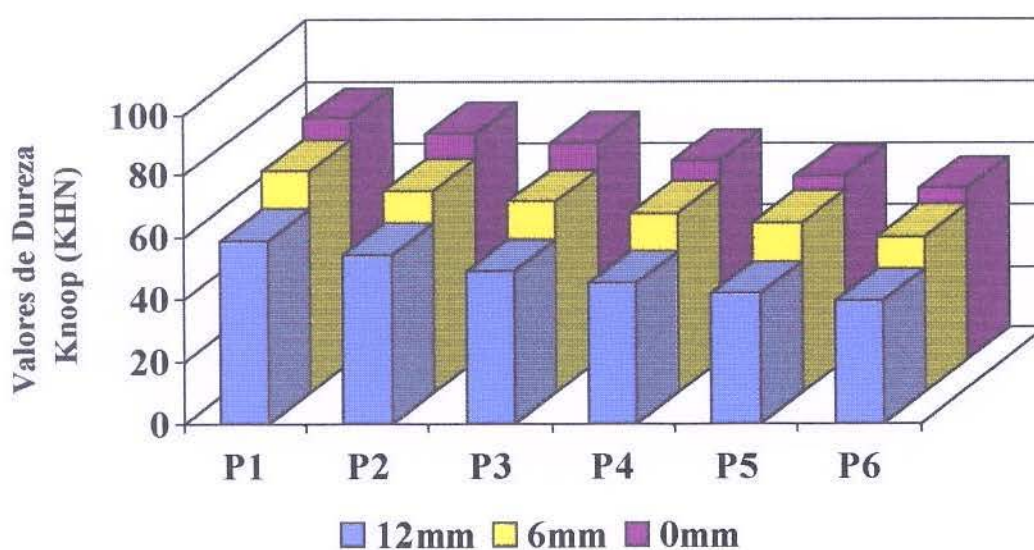


Figura 5 - Representação gráfica dos valores médios de dureza Knoop (KHN) para o material Z 100, nas diferentes profundidades (P1-P6) e diferentes distâncias da ponta ativa do fotopolimerizador (0, 6 e 12 mm).

As médias dos valores do número de dureza Knoop do compósito Silux Plus estão apresentados na Tabela 4 e Figura 6. Não houve diferença estatística significativa ( $p < 0,05$ ) entre os valores de dureza Knoop em cada profundidade, independente da distância da ponta ativa do aparelho fotopolimerizador. Quando cada distância da ponta ativa do aparelho fotopolimerizador foi comparada individualmente, observou-se que não houve diferença estatística significativa nos valores de dureza Knoop de todas as profundidades no grupo polimerizado com a ponta ativa do fotopolimerizador em contato com a matriz. No grupo com a ponta ativa do fotopolimerizador distanciado 6 mm houve diferença estatística significativa sendo que o valor de dureza Knoop da profundidade P1 superior aos das profundidades P5 e P6. Já no grupo distanciado 12 mm, o valor da profundidade P1 foi superior ao de P6 ( $p < 0,05$ ).

As tabelas 5, 6 e 7 e Figuras 7, 8 e 9 trazem a comparação dos valores de dureza Knoop do compósito Z100 em relação ao Silux Plus nas três distâncias da ponta ativa do aparelho fotopolimerizador e nas seis profundidades. Os valores de dureza Knoop do compósito Z100 foram estatisticamente superiores aos valores do Silux Plus para as três diferentes distâncias do aparelho fotopolimerizador em todas as profundidades ( $p < 0,05$ ).

Tabela 4 - Comparação entre as médias de dureza Knoop (KHN) para o material Silux Plus, nas diferentes profundidades (P1-P6) e diferentes distâncias da ponta ativa do fotopolimerizador (0, 6 e 12 mm).

Profundidade	Distância da Ponta do Fotopolimerizador		
	0 mm DP *	6 mm DP *	12 mm DP *
P1	35,29 $\pm$ 2,42 a, A	36,83 $\pm$ 2,20 a, A	32,54 $\pm$ 1,29 a, A
P2	33,76 $\pm$ 4,22 a, A	34,51 $\pm$ 2,55 ab, A	30,54 $\pm$ 1,25 ab, A
P3	33,73 $\pm$ 3,70 a, A	31,87 $\pm$ 1,55 ab, A	28,58 $\pm$ 1,74 ab, A
P4	30,45 $\pm$ 1,27 a, A	30,07 $\pm$ 4,00 ab, A	27,42 $\pm$ 1,48 ab, A
P5	29,28 $\pm$ 1,36 a, A	28,66 $\pm$ 2,10 b, A	25,50 $\pm$ 1,30 ab, A
P6	28,04 $\pm$ 0,85 a, A	27,23 $\pm$ 1,42 b, A	23,32 $\pm$ 1,65 b, A

\* DP – Desvio Padrão

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

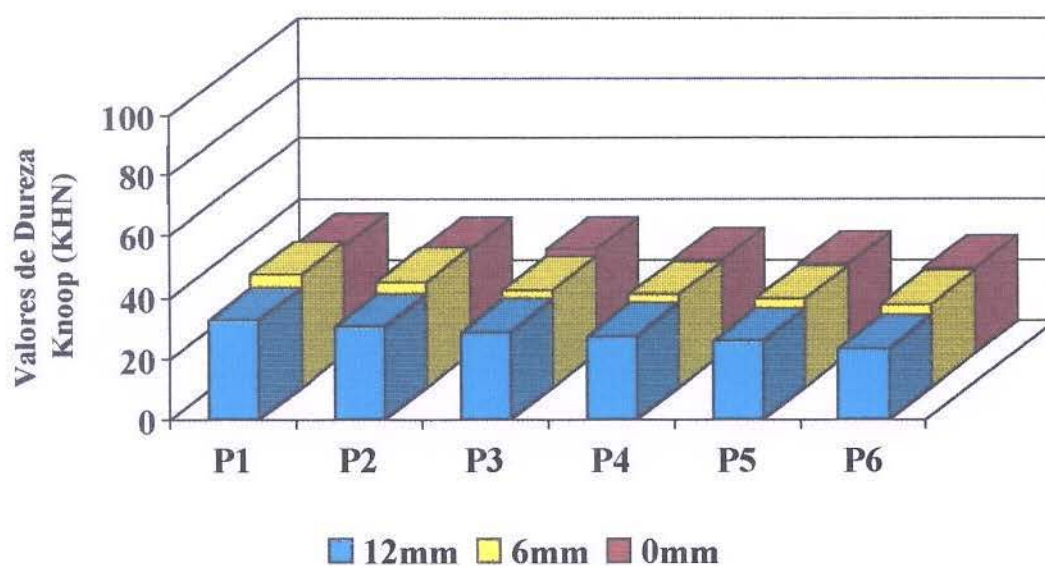


Figura 6 - Representação gráfica dos valores médios de dureza Knoop (KHN) para o material Silux Plus, nas diferentes profundidades (P1-P6) e diferentes distâncias da ponta ativa do fotopolimerizador (0, 6 e 12 mm).



Tabela 5 - Comparação entre as médias de dureza Knoop (KHN) para os materiais Z 100 e Silux Plus, nas diferentes profundidades (P1-P6) e distância da ponta ativa do fotopolimerizador de 0 mm.

Profundi- dade	Compósitos					
	Z 100	DP *		Silux	DP *	
P1	78,19	±5,76	A	35,29	±2,42	B
P2	73,18	±5,82	A	33,76	±2,22	B
P3	70,01	±5,58	A	33,73	±3,70	B
P4	64,37	±4,22	A	30,45	±1,27	B
P5	58,95	±3,99	A	29,28	±1,36	B
P6	55,05	±1,97	A	28,04	±0,85	B

\* DP – Desvio Padrão

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

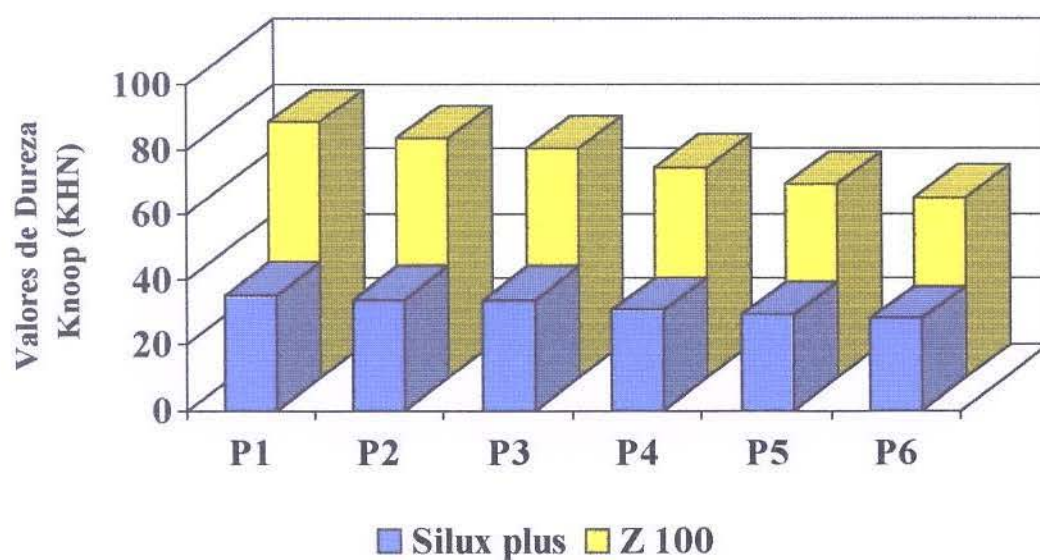


Figura 7 - Representação gráfica da comparação entre as médias de dureza Knoop (KHN) para os materiais Z 100 e Silux Plus, nas diferentes profundidades (P1-P6) e distância da ponta ativa do fotopolimerizador de 0 mm.

Tabela 6 - Comparação entre as médias de dureza Knoop (KHN) para os materiais Z 100 e Silux Plus, nas diferentes profundidades (P1-P6) e distância da ponta ativa do fotopolimerizador de 6 mm.

Profundi- dade	Compósitos					
	Z 100	DP *		Silux	DP *	
P1	71,12	±2,20	A	36,83	±6,26	B
P2	65,00	±2,55	A	34,51	±6,97	B
P3	61,32	±1,55	A	31,87	±6,82	B
P4	57,67	±4,00	A	30,07	±2,70	B
P5	54,28	±2,10	A	28,66	±4,92	B
P6	49,84	±1,42	A	27,23	±2,96	B

\* DP – Desvio Padrão

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

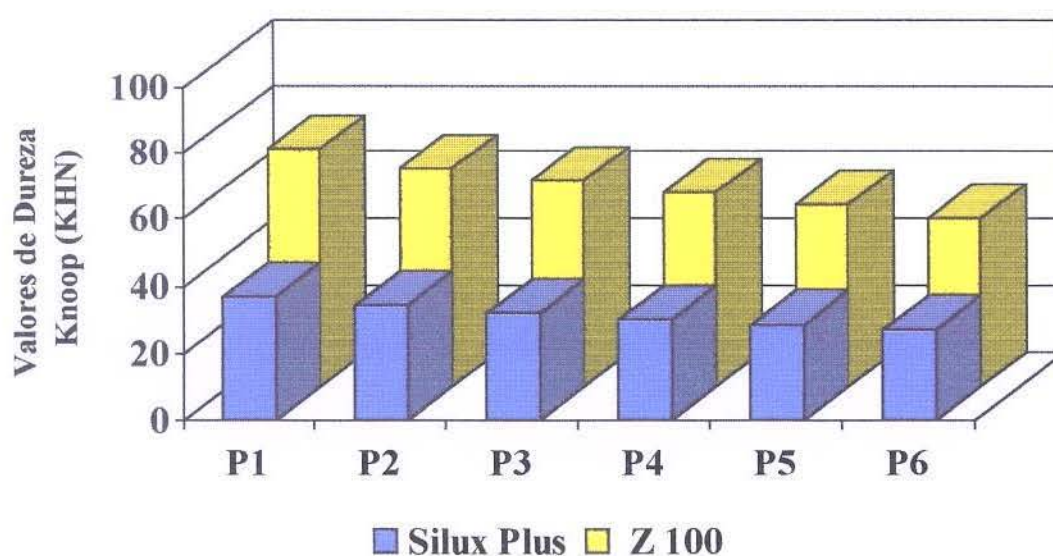


Figura 8 - Representação gráfica da comparação entre as médias de dureza Knoop (KHN) para os materiais Z 100 e Silux Plus, nas diferentes profundidades (P1-P6) e distância da ponta ativa do fotopolimerizador de 6 mm.

Tabela 7 - Comparação entre as médias de dureza Knoop (KHN) para os materiais Z 100 e Silux Plus, nas diferentes profundidades (P1-P6) e distância da ponta ativa do fotopolimerizador de 12 mm.

Profundi- dade	Compósitos					
	Z 100	DP *		Silux	DP *	
P1	59,28	±3,94	A	32,54	±1,29	B
P2	54,24	±3,43	A	30,54	±1,25	B
P3	49,07	±3,32	A	28,58	±1,74	B
P4	45,61	±3,14	A	27,42	±1,48	B
P5	42,00	±4,70	A	25,50	±1,30	B
P6	39,66	±5,32	A	23,32	±1,65	B

\* DP – Desvio Padrão

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de probabilidade, pelo teste de Tukey.

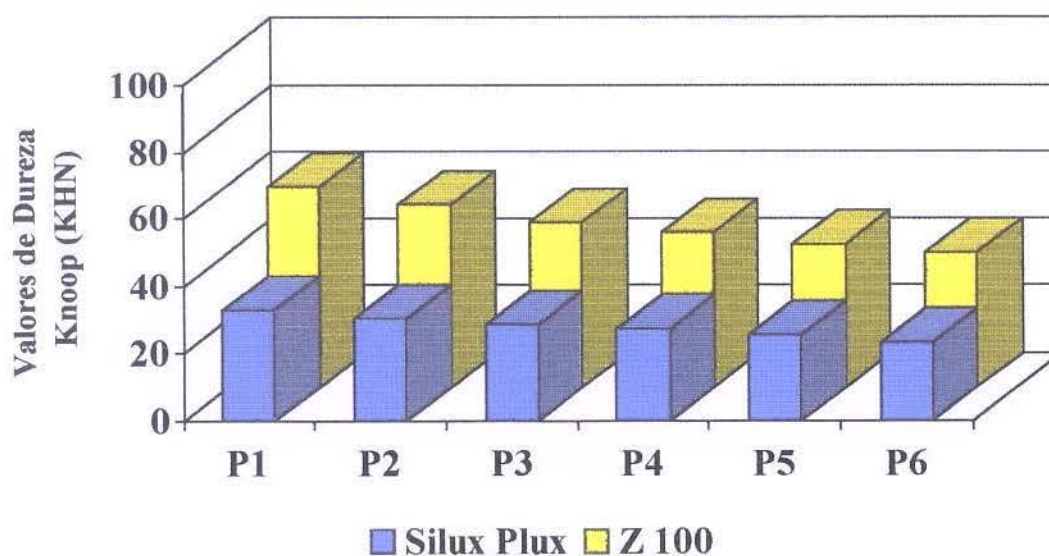


Figura 9 - Representação gráfica da comparação entre as médias de dureza Knoop (KHN) para os materiais Z 100 e Silux Plus, nas diferentes profundidades (P1-P6) e distância do fotopolimerizador de 12 mm.

## **8 – Discussão**

## 8 - Discussão

Na atualidade, o uso de compósitos para restaurações em dentes anteriores e posteriores é uma constante nos consultórios odontológicos. O desenvolvimento destes materiais começou no início dos anos sessenta e vem se aprimorando até os dias atuais. Neste período os compósitos odontológicos passaram por diversas modificações para atender as necessidades do mercado<sup>1</sup>.

Os compósitos ativados por luz visível ganharam popularidade graças às vantagens sobre seus antecessores, como a facilidade de manipulação, melhores propriedades físicas e mecânicas, maior grau de polimerização por unidade de tempo, capacidade de polimerização através de estrutura dental e resultados estéticos e funcionais satisfatórios<sup>2, 6, 8, 29, 32, 37, 44</sup>.

Os compósitos de ativação por luz visível necessitam de intensidade de luz, dentro do espectro de luz visível azul de 450 a 500 nm<sup>9</sup>, para que moléculas fotoiniciadoras promovam a liberação de radicais livres e produzam a polimerização<sup>1, 11, 19</sup>.

Diversos fatores podem influenciar o grau de polimerização dos compósitos, como por exemplo a intensidade da luz<sup>11, 15, 26</sup>; o tipo de aparelho fotopolimerizador<sup>7, 21, 29, 32, 42</sup>; o tempo de exposição<sup>15, 20, 25, 33, 38, 47</sup>; a espessura da camada de compósito<sup>16, 23, 24, 28, 29, 30, 38</sup>; a cor, composição e tipo de carga do compósito<sup>14, 39, 42, 44, 47</sup>; e a distância da ponta ativa do fotopolimerizador<sup>5, 25, 36, 40</sup>. Um material com polimerização insuficiente apresenta propriedades inadequadas, ficando sujeito a alterações de cor, desgaste excessivo e alta quantidade de monômeros residuais<sup>15, 46</sup>. De acordo com YANAGAWA &

FINGER<sup>50</sup> e MIYAZAKI et al.<sup>31</sup>, polimerização inadequada produz menor resistência de união entre dente e material restaurador, podendo levar a perda precoce da restauração.

A fim de evitar que intensidade de luz inadequada tornasse um fator que influenciasse nos resultados do estudo, um aparelho com intensidade de 750 mW/cm<sup>2</sup> foi utilizado, sendo o mesmo, aferido periodicamente por um radiômetro, como preconizado por diversos autores<sup>13, 23, 27, 36</sup>.

Segundo SWARTZ et al.<sup>43</sup>, KANKA<sup>25</sup> e BALLESTER et al.<sup>5</sup> a intensidade de luz diminui à medida que se aumenta a distância da ponta ativa do fotopolimerizador, e o ideal seria manter um íntimo contato entre a ponta do fotopolimerizador e a superfície do compósito, o que muitas vezes é difícil devido às circunstâncias clínicas. Essa diminuição da intensidade de luz gera uma redução no grau de polimerização. Os resultados obtidos em nosso estudo concordam com as afirmações feitas por esses autores. De acordo com as Tabela 3 e Figura 5, para o compósito Z100, observamos que quanto mais a ponta se afasta do material menor será os valores de dureza Knoop. Porém, esses resultados discordam dos resultados obtidos por PIRES et al.<sup>36</sup> que mostram que a região superficial dos compósitos é pouco influenciada pela distância da ponta do fotopolimerizador. Com relação a profundidade, quanto mais distante for a camada em relação à superfície menores os valores de dureza. Semelhante aos obtidos por PIRES et al.<sup>36</sup> cujos resultados mostram que a dureza nas regiões mais profundas é menor que nas superfícies, para todas as distâncias.

Para o compósito Silux Plus (Tabela 4 e Figura 6), nenhuma diferença estatística foi observada quando se afastou a ponta do aparelho fotopolimerizador, em relação à superfície (P1). Com relação a profundidade

de polimerização no grupo polimerizado com a ponta ativa do fotopolimerizador em contato com a matriz de poliéster (0 mm) não houve diferença estatística significativa no número de dureza Knoop para todas as profundidades. Para as distâncias da ponta ativa do fotopolimerizador de 6 e 12 mm, quanto mais profunda menor a polimerização com diferença estatística significativa de P5 e P6 (6 mm), e de P6 (12mm) em relação a P1.

A luz tendo capacidade de penetração limitada, gera diferença no grau de polimerização e, por conseqüência, na dureza<sup>16, 26, 51</sup>, da região de superfície e fundo dos compósitos. Para reduzir esse problema, a técnica de inserção incremental em camadas de compósito entre 2 e 3 mm tem sido preconizada<sup>16, 23, 24, 28, 29, 30, 38</sup>. Porém, mesmo utilizando camadas com essa espessura é possível constatar diferença na polimerização entre as regiões de superfície e fundo, o que significa a necessidade do uso de camadas com espessuras menores.

Os resultados do presente estudo concordam também com os dados de ONOSE et al.<sup>33</sup> que encontraram valores de dureza altos entre 0,5 e 1 mm de espessura e, a partir desta profundidade, observaram redução significativa nos valores de dureza. No presente estudo a profundidade em torno de 0,8 mm foi estabelecida como sendo o limite entre a região superficial dura e a região de fundo com polimerização reduzida. Complementando o que descreveu DE LANGE et al.<sup>16</sup> sobre a divisão dos compósitos em zonas de acordo com a polimerização: zona A – onde o material polimeriza por completo (no presente estudo – até 830  $\mu$ m), zona B – onde o material polimeriza parcialmente (além de 830  $\mu$ m) e zona C – onde o material não polimeriza .

Estes achados indicam que camadas de compósitos com até 2 mm, como preconizado por RUEGGEBERG et al.<sup>38</sup> ou 2,5 mm, como preconizado por HANSEN & ASMUSSEN<sup>23</sup>, podem ser excessivas e que as camadas mais profundas podem ter grau de polimerização muito aquém do esperado. Além disso, camadas mais delgadas devem ser recomendadas, principalmente se a ponta ativa do aparelho fotopolimerizador estiver distante da superfície do compósito.

O tempo de polimerização utilizado no presente estudo (40 segundos, de acordo com o recomendado pelo fabricante) pode não ter sido suficiente para polimerizar os compósitos. RUEGGEBERG et al.<sup>38</sup> e PEREIRA et al.<sup>35</sup> recomendam um tempo de polimerização de 60 segundos para produzir profundidade adequada de polimerização. CORRER SOBRINHO<sup>13</sup>, ONOSE et al.<sup>33</sup> e BAHARAV et al.<sup>4</sup> relataram que o tempo de exposição pode ser elevado para 75, 80 ou 120 segundos, respectivamente, quando existir um fator que possa prejudicar a taxa de fotopolimerização como é o caso da distância da ponta ativa do fotopolimerizador. KANKA<sup>24</sup> e SIMONSEN & KANKA<sup>41</sup> recomendam, além do aumento do tempo de exposição, uma polimerização adicional após o acabamento e polimento (expondo a região pouco polimerizada), para obter-se alto grau de polimerização. Esse passo técnico deve ser realizado em até uma semana, após esse período os valores de polimerização estão estáveis e exposição adicional não traria benefícios<sup>48, 49</sup>.

De acordo com as Tabelas 5, 6 e 7 e Figuras 7, 8 e 9 observa-se uma superioridade estatística do compósito Z100 em relação ao Silux Plus ( $p < 0,05$ ) em todas as distâncias da ponta do aparelho fotopolimerizador e profundidades. Isso provavelmente ocorreu em função dos diferentes tipos de partículas que cada compósito contém. O Z100 é um compósito de partículas



pequenas, com tamanho médio de partícula de 1  $\mu\text{m}$  (variando de 0,01 a 3,5  $\mu\text{m}$ ) e conteúdo de partícula de 66% em volume. Silux Plus é um compósito de micropartículas, com tamanho médio de partícula de 0,04  $\mu\text{m}$  e conteúdo de partícula de 37,5% em volume. De acordo com DE BACKER & DERMAUT<sup>14</sup> e DE WALD & FERRACANE<sup>18</sup> a capacidade de polimerização dos compósitos fotoativados pode ser influenciada pela composição do material, onde os compósitos de macropartículas apresentam maiores níveis de polimerização em relação aos de micropartículas. Para ANUSAVICE<sup>1</sup> quanto maior a quantidade de partículas inorgânicas presente no compósito menor será a contração de polimerização, coeficiente de expansão térmica e melhores serão as propriedades mecânicas, tais como: resistência à compressão, tração, abrasão, módulo de elasticidade e dureza.

Por outro lado, o sucesso de uma restauração depende em grande parte do conhecimento do profissional sobre o material que está sendo utilizado. O presente trabalho mostra que cuidados devem ser tomados quando se faz uso de compósitos odontológicos. O uso de aparelhos com intensidade de luz suficiente é recomendado. Quando a ponta ativa do fotopolimerizador não puder ser mantida em contato com a restauração, deve-se usar uma técnica de inserção incremental com camadas reduzidas (em torno de 1 mm) e um aumento tempo de exposição. Uma polimerização adicional após acabamento e polimento também é recomendado.

## **9 – Conclusão**

## 9 - Conclusão

Com base nos resultados obtidos podemos concluir que:

1 - Para o compósito Z100, quanto maior a distância da ponta do aparelho fotopolimerizador em relação ao material restaurador, menores os valores de dureza Knoop. Quanto maior a profundidade da camada em relação à superfície, menores os valores de dureza Knoop;

2 - Para o compósito Silux Plus, o aumento da distância da ponta ativa do fotopolimerizador não produziu diferença estatística significativa no número de dureza Knoop na superfície. Com a ponta ativa do fotopolimerizador distanciada 6 e 12 mm, a camada mais profunda teve número de dureza Knoop menor que a superfície, e para a situação de ponta ativa do fotopolimerizador em contato com a fita de poliéster, não houve diferença estatística significativa nos valores de dureza Knoop em todas as profundidades; e,

3 - Os valores de dureza Knoop do compósito Z 100 foram estatisticamente superiores em relação aos do compósito Silux Plus nas três distâncias da ponta ativa do fotopolimerizador e em todas as profundidades ( $p < 0,05$ ).

## **10 – Summary**

## 10 – Summary

The purpose of this study was to investigate the effect of light-tip distance on Knoop hardness degree, in different depth, of two composite resins.

Two composite resins (Z100 and Silux Plus, colors A3 and U (3M) and a light-curing unit XL 3000 (3M) with  $750 \text{ mW/cm}^2$  of light intensity were used in this study. Specimens with 5 mm in diameter and 2,5 mm thick were polymerized by visible light for 40 seconds, with light-tip distance of 0, 6 and 12 mm from the composite. Four specimens for each composite and distance were prepared. The specimens were stored for 24 hours, in  $37^\circ\text{C}$  and 100% of relative humidity. After, the specimens were vertically positioned and embedded in polyester resin. The specimens were sectioned to attain the central region and polished with decreasing grit sandpaper 220, 320, 400, 500, 600 and 1000 (3M) and diamond paste ( $0,05 \mu\text{m}$ ). The Knoop hardness measurements were obtained in six depths P1 to P6, by a Microhardness Tester FM (Future Tech Corp), with a load of 50 g and 30 seconds for each indentation.

The results indicated that: (1) – for the composite Z 100, as larger as the distance of the light-tip in relation to the material, less the values of hardness Knoop. And as bigger as depth of the layer in relation to the surface, less the values of hardness Knoop; (2) – for the Silux Plus composite, as larger as the distance of light-tip do not produce statistically difference on the Knoop hardness number in the surface. And the more depth is the layer

less will be the polymerization, except for the situation where the light-tip were in contact of the specimens, (3) – the composite Z 100 was superior statistically in relation to Silux Plus in the three distances of the light-curing and in all the depths ( $p < 0.05$ ).

Key Words: 1 – Composite Resin 2 – Knoop Hardness,

3 – Dental Materials

## **11 – Referências Bibliográficas**

## 11 – Referências Bibliográficas\*

1. ANUSAVICE, K.J. Restorative resins. In: \_\_\_\_\_. Phillips' Science of Dental Materials. 10. Ed. Philadelphia, W.B. Saunders Company, 1996. cap.12, p.273-300.
2. ASMUSSEN, E. Restorative resins: hardness and strenght vs. Quantity of remaining double bonds. *Scand. J. dent. Res.*, Copenhagen, v.90, n.6, p.484-489, Dec. 1982.
3. ATMADJA, G., BRYANT, R.W. Some factors influencing the depht of cure of visible light activated composite resins. *Aust. dent. J.*, Sydney, v.35, n.3, p.213-218, Jun, 1990.
4. BAHARAV, H. et al. Effest of exposure time on the depth of polimerization of a visible light cured composite resin. *J. oral Rehabil.*, Oxford, v.15, n.2, p.167-172, Mar. 1988.
5. BALLESTER, R.Y., NONNO, M.A.A., BEGOSSO, M.P. Influência de distância e resina na intensidade de luz fotoativadora.. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISAS ODONTOLÓGICAS, 099. Águas de São Pedro, 1995. *Anais...*, Bauru: SBPqO, p.50, 1995.
6. BASSIOUNY, M.A., GRANT, A.A. A visibile light – cured composite restorative: clinical open assessment. *Br dent. J.*, London, v.145, n.11, p.327-330, Dec. 1978.

---

\* De acordo com a NBR 6023 de agosto de 1989 da Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Abreviaturas de Periódicos: "Word List of Science Periodicals"*.



7. BLANKENAU, R.J. et al. Wavelength and intensity of seven systems for visible light curing composites resins: a comparison study. *J. Am. Dent. Ass.*, Chicago, v.106, n.4, p.471-474, Apr. 1983.
8. CHENG, S.M., GARONE NETTO, N. Eficiência de polimerização de resinas compostas por sistemas de luz visível e ultravioleta. *Revta Ass. paul. Cirurg. dent.*, São Paulo, v.42, n.2, p.148-150, Mar./Abr. 1988.
9. COOK, W.D. Curing efficiency and ocular hazards of dental photopolymerization sources. *Biomateriais*, Surey, v.7, p.449-454, 1986. Apud. RUEGGEBERG, F.A., Op. Cit. 38.
10. \_\_\_\_\_. Factors affecting the depth of cure of U.V. polymerized composites. *J. dent. Res.*, Chicago, v. 59, n. 5, p. 800-808, May, 1980.
11. \_\_\_\_\_, STANDISH, P.M. Cure of resin based restorative materials. II. White light photopolymerized resins. *Aust. dent. J.*, Sydney, v.28, n.5, p.307-311, Oct. 1983.
12. CORADAZZI, J.L., FRANCISCHONE, C.E., FRANCO, E.B. Avaliação de um aparelho com lâmpada halôgena para polimerização de resinas compostas. *Revta paul. Odont.*, São Paulo, v.8, n.4, p.50-54, Jul./Ago. 1986.
13. CORRER SOBRINHO, L. Correlação intensidade de luz - tempo de exposição sobre a polimerização de compósitos odontológicos. Tese (Doutorado em Odontologia – Área de Reabilitação Oral) – Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, 1995.

14. DE BACKER, J., DERMAUT, L. Visible light sources and posterior light cures resins: a practical mixture. *Quintess. Int.*, Berlin, v.17, n.10, p.635-641, Oct. 1986.
15. DE BACKER, J., DERMAUT, L., BRUYNOOGHE, W. The depth of polymerization of visible light cured composite resins. *Quintess. Int.*, Berlin, v.16, n.10, p.693-701, Oct. 1985.
16. DE LANGE, C., BAUSCH, J.R., DAVIDSON, C.L. The curing pattern of photo-initiated dental composites. *J. oral Rehabil.*, Oxford, v.7, n.5, p.369-377, Sept. 1980.
17. DENYER, R., SHAW, D.J. Cure evaluation of visible light composites by Knoop hardness measurement. *J. dent. Res.*, Chicago, v.61, n.1, p.271, Jan. 1982. [Abstr. 833].
18. DE WALD, J.P., FERRACANE, J.L. A comparison of four modes of evaluating depth of cure of light activated composites. *J. dent Res.*, Chicago, v.63, n.3, p.727-730, Mar. 1987.
19. ELIADES, G.C. et al. Degree of double bond conversion in light cured composites. *Dent. Mater.*, Washington, v.3, p.19-25, Jun. 1987.
20. FOWLER, C.S., SWARTZ, M.L., MOORE, B.K. Efficacy testing of visible light curing units. *Operative Dent.*, Seattle, v.19, n.2, p.47-52, Mar./Apr. 1994.
21. GALAN JUNIOR, J., LANGHI, M., CASTELLANOS, V. Profundidade de polimerização de resinas compostas ativadas por luz. *Revta paul. Odont.*, São Paulo, v.6, n.6, p.27-29, Nov./Dez. 1984.

22. GRESS, J.E. et al. Depth of cure of visible light cured composites – clinical simulation. *J. dent. Res.*, Chicago, v.63, n.2, p.293, Feb. 1984. [Abstr. 1097].
23. HANSEN, E.K., ASMUSSEN, E. Reliability of three dental radiometers. *Scand. J. dent. Res.*, Copenhagen, v.101, n.2, p.115-119, Apr. 1993.
24. KANCA, J. Maximizing the cure of posterior light activated resins. *Quintess. Int.*, Berlin, v.17, n.1, p.25-27, Jan. 1986.
25. \_\_\_\_\_. Visible light activated composite resins for posterior use a comparison of surface hardness and uniformity of cure. Update. *Quintess. Int.*, Berlin, v.16, n.10, p.686-690, Oct. 1985.
26. KILIAN, R.J. Visible light cured composite: dependence of cure on light intensity. *J. dent. Res.*, Chicago, v.58, n.special issue A, p.243, Jan. 1979. [Abstr. 603].
27. LEE, S.Y. et al. Radiometric and spectroradiometric comparison of power outputs of five visible light curing units. *J. Dent.*, Bristol, v.21, n.6, p.373-377, Dec. 1993.
28. LEUNG, R.L., FAN, P.C., JOHNSTON, W.M. Exposure time and thickness on polymerization of visible light composite. *J. dent. Res.*, Chicago, v.61, n.special issue, p.248, Mar. 1982. [Abstr. 623].
29. LUTZ, F., PHILLIPS, R.W. A classification and evaluation of composite resin system. *J. prosth. Dent.*, St. Louis, v.50, n.4, p.480-488, Oct. 1983.
30. MATSUMOTO, H. et al. Depth of cure of visible light cured resin: clinical simulation. *J. prosth. Dent.*, St. Louis, v.55, n.5, p.574-578, May, 1986.

31. MIYAZAKI, M. et al. Influence of light intensity on shear bond strenght to dentina. *Am. J. Dent.*, Washington, v.8, n.5, p.245-248, Oct. 1995.
32. NEWMAN, S.M., MURRAY, G.A., YATES, J.L. Visible lights and visible light activated composite resins. *J. prosth. Dent.*, St. Louis, v.50, n.1, p.31-35, July, 1983.
33. ONOSE, H. et al. Selected curing characteristics of light actived composite resins. *Dent. Mater.*, Washington, v.1, n.1, p.48-54, Feb. 1985.
34. OTA, K. et al. Effect of light expossure time on depth of curing in variuos composite resin systems. *Pediatr. Dent.*, Iowa City, v.7, n.1, p.19-22, Mar. 1985.
35. PEREIRA, S.K. et al. Intensidade de luz e profundidade de polimerização de aparelhos fotopolimerizadores. *Revta Ass. paul. Círg. Dent.*, São Paulo, v.51, n.3, p.257-260, Mai./Jun. 1997.
36. PIRES, J.A.F. et al. Effects of curing tip distance on light intensity and composite resin microhardness. *Quintess. Int.*, Berlin, v.24, n.7, p.517-521, July, 1993.
37. POLLACK, B.F., BLITZER, M.H. The advantages of visible light curing resins. *N. Y. St. dent. J.*, New York, v.48, n.4, p.228-230, Apr. 1982.
38. RUEGGBERG, F.A. et al. Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. *Operative Dent.*, Seattle, v.19, n.1, p.26-32, Jan./Feb. 1994.

39. RUYTER, Y.E., OYSAED, H. Conversion in different depths of ultra-violet and visible light activated composite materials. *Acta odont. Scand.*, Oslo, v.40, n.3, p.179-192, Sept. 1982.
40. SAMUEL, S.W. et al. Avaliação da dureza de dois compósitos restauradores em função da variação da distância da fonte de luz polimerizadora, de uma polimerização adicional e do acabamento. *Revta Fac. Odont.*, Porto Alegre, v.33, n.2, p.35-38, Dez. 1992.
41. SIMONSEN, R.J., KANCA, J. Surface hardness of posterior composite resins using supplemental polymerization after simulation occlusal adjustment. *Quintess. Int.*, Berlin, v.17, n.10, p.631-633, Oct. 1986.
42. SKEETERS, T.M., TIMMONS, J.H., MITCHELL, R.J. Curing depth of visible light cured composite resin. *J. dent. Res.*, Chicago, v.62, n.2, p.219, Mar. 1983. [Abstr. 448].
43. SWARTZ, M.L., PHILLIPS, R.W., RHODES, B. Visible light activated resins depht of cure. *J. Am. dent. Ass.*, Chicago, v.106, n.5, p.634-637, May, 1983.
44. TIRTHA, R. et al. "In vitro" depht of cure of photo-activated composites. *J. dent. Res.*, Chicago, v.61, n.10, p.1184-1187, Oct. 1982.
45. VICENTINI, A. et al. Fotopolimerização das resinas compostas. Influência da intensidade de luz e do tempo de exposição no grau de dureza knoop. *R.G.O.*, Porto Alegre, v.44, n.3, p.146-148, Mai./Jun. 1997.

46. VON FRAUNHOFER, J.A. The surface hardness of polymeric restorative materials. *Br. Dent. J.*, London, v.130, n.16, p.243-245, Mar. 1971.
47. WATTS, D.C., AMER, O.M., COMBE, E.C. Characteristics of visible light activated composite systems. *Br. dent. J.*, London, v.156, n.6, p.209-215, Mar. 1984.
48. \_\_\_\_\_, MCNAUGHTON, V., GRANT, A.A. The development of surface hardness in visible lighth cured posterior composites. *J. Dent.*, Bristol, v.14, n.4, p.169-174, Aug. 1986.
49. WILSON, G.S., DAVIES, E.H., VON FRAUNHOFER, J.A. Microhardness characteristics of anterior restorative materials. *Br. Dent. J.*, London, v.148, n.2, p.37-40, Jan. 1980.
50. YANAGAWA, T., FINGER, W.J. Relationship between degree of polymerization of composite and bond strength to Gluma treated dentin. *Am. J. Dent.*, Washington, v.7, n.3, p.157-160, Jun. 1994.
51. YEARN, J.A. Factors affecting cure of visible light activated composites. *Int. dent. J.*, Bristol, v.35, n.3, p.218-225, Sept. 1985.

## **12 – Apêndice**

## 12 – Apêndice

### 12.1 – Resultados Originais

Tabela 8 - Valores de número de dureza Knoop, do compósito Z100, de quatro corpos-de-prova (C1, C2, C3 e C4), nas diferentes profundidades (P1 à P6), em três penetrações ( A, B, C) para a distância da ponta ativa do fotopolimerizador de 0 mm.

		<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>
	<b>A1</b>	82,92	79,24	74,72	71,57	70,56	50,42
<b>C1</b>	<b>B1</b>	84,20	82,92	80,44	76,93	59,23	54,21
	<b>C1</b>	84,20	81,67	78,07	63,24	61,58	58,47
	<b>A2</b>	80,44	73,65	70,56	65,85	59,23	58,47
<b>C2</b>	<b>B2</b>	74,72	66,75	62,40	59,23	58,47	57,00
	<b>C2</b>	86,84	75,81	73,65	64,97	63,24	58,47
	<b>A3</b>	72,60	67,67	66,75	64,97	51,02	52,90
<b>C3</b>	<b>B3</b>	70,56	68,62	63,24	59,23	55,58	52,90
	<b>C3</b>	67,67	65,85	63,24	60,00	57,00	55,59
	<b>A4</b>	86,84	73,65	70,56	61,58	57,00	52,90
<b>C4</b>	<b>B4</b>	74,72	73,65	71,57	64,10	61,58	57,00
	<b>C4</b>	72,60	68,62	64,97	60,78	52,90	52,27



Tabela 9 - Valores de número de dureza Knoop, do compósito Z100, de quatro corpos-de-prova (C1, C2, C3 e C4), nas diferentes profundidades (P1 à P6), em três penetrações ( A, B, C) para a distância da ponta ativa do fotopolimerizador de 6 mm.

		<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>
	<b>A1</b>	76,93	71,57	64,10	63,24	60,00	50,42
<b>C1</b>	<b>B1</b>	71,57	66,75	62,40	58,47	55,58	53,55
	<b>C1</b>	72,60	70,56	68,62	64,10	60,78	45,93
	<b>A2</b>	76,93	69,59	66,75	60,78	55,58	52,90
<b>C2</b>	<b>B2</b>	79,24	73,65	72,60	65,85	60,78	58,47
	<b>C2</b>	79,24	73,65	67,67	61,58	58,47	50,42
	<b>A3</b>	60,00	57,00	57,00	54,21	49,82	47,52
<b>C3</b>	<b>B3</b>	64,97	60,00	56,28	52,27	49,82	49,23
	<b>C3</b>	67,67	60,00	56,28	52,90	50,42	48,08
	<b>A4</b>	72,60	57,00	52,90	51,54	50,42	45,93
<b>C4</b>	<b>B4</b>	66,75	63,24	57,00	54,21	50,42	46,98
	<b>C4</b>	64,97	57,00	54,21	52,90	49,23	48,65

Tabela 10 - Valores de número de dureza Knoop, do compósito Z100, de quatro corpos-de-prova (C1, C2, C3 e C4), nas diferentes profundidades (P1 à P6), em três penetrações ( A, B, C) para a distância da ponta ativa do fotopolimerizador de 12 mm.

		<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>
	<b>A1</b>	61,58	54,89	49,82	45,93	45,42	44,41
<b>C1</b>	<b>B1</b>	60,00	57,73	52,90	51,02	50,42	49,23
	<b>C1</b>	72,60	64,97	58,47	51,54	51,02	49,23
	<b>A2</b>	58,47	55,58	47,53	38,59	37,05	35,93
<b>C2</b>	<b>B2</b>	53,55	49,23	44,91	48,02	40,68	39,42
	<b>C2</b>	55,58	49,82	45,42	39,42	38,59	37,43
	<b>A3</b>	60,00	58,47	52,90	48,08	42,43	38,59
<b>C3</b>	<b>B3</b>	58,47	50,52	44,91	48,02	38,59	36,30
	<b>C3</b>	60,00	52,27	45,93	42,95	37,81	35,58
	<b>A4</b>	55,58	52,27	48,08	42,95	40,25	36,30
<b>C4</b>	<b>B4</b>	58,47	52,27	47,53	44,91	40,68	36,30
	<b>C4</b>	57,00	52,90	50,42	45,93	41,12	37,42

Tabela 11 - Valores de número de dureza Knoop, do compósito Silux Plus, de quatro corpos-de-prova (C1, C2, C3 e C4), nas diferentes profundidades (P1 à P6), em três penetrações ( A, B, C) para a distância da ponta ativa do fotopolimerizador de 0 mm.

		<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>
	<b>A1</b>	31,08	30,60	30,60	29,40	28,37	28,37
<b>C1</b>	<b>B1</b>	31,67	31,67	30,60	29,94	28,88	28,37
	<b>C1</b>	32,27	29,94	29,40	28,88	28,37	27,87
	<b>A2</b>	35,58	35,58	33,53	32,89	31,67	29,40
<b>C2</b>	<b>B2</b>	37,81	34,87	34,20	32,89	31,08	29,40
	<b>C2</b>	36,30	37,81	32,89	31,08	31,08	28,37
	<b>A3</b>	37,81	36,30	32,89	29,40	27,87	25,55
<b>C3</b>	<b>B3</b>	35,58	32,27	31,67	30,50	29,40	27,87
	<b>C3</b>	35,58	33,53	31,08	29,94	27,87	27,37
	<b>A4</b>	37,05	33,53	31,08	28,88	27,87	27,37
<b>C4</b>	<b>B4</b>	35,58	34,87	32,27	29,94	28,88	27,87
	<b>C4</b>	36,30	34,20	33,53	31,67	29,94	28,37

Tabela 12 - Valores de número de dureza Knoop, do compósito Silux Plus, de quatro corpos-de-prova (C1, C2, C3 e C4), nas diferentes profundidades (P1 à P6), em três penetrações ( A, B, C) para a distância a ponta ativa do fotopolimerizador de 6 mm.

		P1	P2	P3	P4	P5	P6
	<b>A1</b>	34,87	33,53	30,50	29,94	28,88	26,90
<b>C1</b>	<b>B1</b>	33,53	32,27	31,08	30,50	29,84	27,87
	<b>C1</b>	36,30	33,53	31,67	30,50	29,40	27,87
	<b>A2</b>	40,25	37,81	34,87	32,89	30,50	28,88
<b>C2</b>	<b>B2</b>	36,30	34,20	33,53	32,89	32,27	28,88
	<b>C2</b>	37,05	36,30	34,20	32,27	30,50	28,37
	<b>A3</b>	35,58	34,20	31,67	30,50	28,88	27,37
<b>C3</b>	<b>B3</b>	35,58	34,20	31,67	28,37	26,90	25,12
	<b>C3</b>	34,20	31,08	29,94	29,40	27,37	26,43
	<b>A4</b>	40,25	36,30	29,94	28,37	25,98	28,37
<b>C4</b>	<b>B4</b>	37,81	32,89	30,50	26,90	25,98	25,12
	<b>C4</b>	40,25	37,81	32,89	28,37	27,37	25,55

Tabela 13 - Valores de número de dureza Knoop, do compósito Silux Plus, de quatro corpos-de-prova (C1, C2, C3 e C4), nas diferentes profundidades (P1 à P6), em três penetrações ( A, B, C) para a distância da ponta ativa do fotopolimerizador de 12 mm.

		<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>
	<b>A1</b>	35,58	32,89	29,94	27,87	25,12	22,76
<b>C1</b>	<b>B1</b>	31,67	29,94	29,40	28,88	26,43	25,55
	<b>C1</b>	30,50	29,40	26,43	25,55	23,13	22,05
	<b>A2</b>	32,27	30,50	28,88	27,87	27,37	25,98
<b>C2</b>	<b>B2</b>	31,67	29,94	29,40	28,88	26,43	25,55
	<b>C2</b>	32,89	30,50	29,40	28,88	27,87	25,12
	<b>A3</b>	35,58	32,89	29,94	27,87	25,12	22,76
<b>C3</b>	<b>B3</b>	32,89	31,08	30,50	28,37	25,98	23,90
	<b>C3</b>	34,20	32,27	28,88	27,37	25,98	21,05
	<b>A4</b>	30,50	28,88	27,37	26,43	25,98	21,38
<b>C4</b>	<b>B4</b>	32,27	28,88	26,43	25,55	23,51	21,71
	<b>C4</b>	30,50	29,40	26,43	25,55	23,13	22,05

## 12. 2 – Análise Estatística

SANEST - SISTEMA DE ANALISE ESTATISTICA  
 Autores: Elio Paulo Zonta - Amauri Almeida Machado  
 Instituto Agronomico de Campinas - I A C  
 ANALISE DA VARIABEL TESTE - ARQUIVO: ADRIANO

CODIGO DO PROJETO: TESE

RESPONSAVEL: LOURENCO

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL: DUREZA

OBSERVACOES NAO TRANSFORMADAS

NOME DOS FATORES

FATOR	NOME
A	MATERIAL
B	DISTÂNCIA
C	PROFUNDIDADE

### QUADRO DA ANALISE DE VARIÂNCIA

CAUSAS DA VARIACAO	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB.>F
MATERIAL	1	27913.2203760	27913.2203760	2052.2012	0.00001
DISTÂNCIA	2	3059.1923746	1529.5961873	112.4571	0.00001
PROFUNDIDADE	5	3757.3843448	751.4768690	55.2492	0.00001
MAT*DIS	2	1273.3107383	636.6553692	46.8074	0.00001
MAT*PRO	5	657.0185992	131.4037198	9.6609	0.00001
DIS*PRO	10	29.0532560	2.9053256	0.2136	0.99393
MAT*DIS*PRO	10	35.6305768	3.5630577	0.2620	0.98729
RESIDUO	108	1468.9728193	13.6016002		
TOTAL	143	38193.7830851			

MEDIA GERAL = 44.346737

COEFICIENTE DE VARIACAO = 8.316 %

### TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE MATERIAL

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5% 1%
1	1	Z-100	72	58.269445	58.269445	a A
2	2	SILUX	72	30.424028	30.424028	b B

MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NIVEL DE SIGNIFICANCIA INDICADO

D.M.S. 5% = 1.21438 - D.M.S. 1% = 1.60295

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE MATERIAL  
DENTRO DE 0 MM DO FATOR DISTÂNCIA

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	Z-100	24	66.625416	66.625416	a	A
2	2	SILUX	24	31.758334	31.758334	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE MATERIAL  
DENTRO DE 6 MM DO FATOR DISTÂNCIA

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	Z-100	24	59.872500	59.872500	a	A
2	2	SILUX	24	31.528333	31.528333	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE MATERIAL  
DENTRO DE 12 MM DO FATOR DISTÂNCIA

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	Z-100	24	48.310417	48.310417	a	A
2	2	SILUX	24	27.985417	27.985417	b	B

MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA INDICADO

D.M.S. 5% = 2.10337 - D.M.S. 1% = 2.77639

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE MATERIAL  
DENTRO DE P1 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	Z-100	12	69.530835	69.530835	a	A
2	2	SILUX	12	34.888334	34.888334	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE MATERIAL  
DENTRO DE P2 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	Z-100	12	64.140002	64.140002	a	A
2	2	SILUX	12	32.940000	32.940000	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE MATERIAL  
DENTRO DE P3 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	Z-100	12	60.132498	60.132498	a	A
2	2	SILUX	12	31.393333	31.393333	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE MATERIAL  
DENTRO DE P4 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	Z-100	12	55.885831	55.885831	a	A
2	2	SILUX	12	29.315000	29.315000	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE MATERIAL  
DENTRO DE P5 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	Z-100	12	51.743334	51.743334	a	A
2	2	SILUX	12	27.810834	27.810834	b	B

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE MATERIAL  
DENTRO DE P6 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	Z-100	12	48.184166	48.184166	a	A
2	2	SILUX	12	26.196667	26.196667	b	B

MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA INDICADO

D.M.S. 5% = 2.97462 - D.M.S. 1% = 3.92641



MÉDIAS DO FATOR MATERIAL  
DENTRO DE 0 MM DO FATOR DISTÂNCIA E P1 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	Z-100	4	78.192505	78.192505	a	A
2	SILUX	4	35.290001	35.290001	b	B

MÉDIAS DO FATOR MATERIAL  
DENTRO DE 0 MM DO FATOR DISTÂNCIA E P2 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	Z-100	4	73.175003	73.175003	a	A
2	SILUX	4	33.764999	33.764999	b	B

MÉDIAS DO FATOR MATERIAL  
DENTRO DE 0 MM DO FATOR DISTÂNCIA E P3 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	Z-100	4	70.012497	70.012497	a	A
2	SILUX	4	33.727501	33.727501	b	B

MÉDIAS DO FATOR MATERIAL  
DENTRO DE 0 MM DO FATOR DISTÂNCIA E P4 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	Z-100	4	64.369995	64.369995	a	A
2	SILUX	4	30.452499	30.452499	b	B

MÉDIAS DO FATOR MATERIAL  
DENTRO DE 0 MM DO FATOR DISTÂNCIA E P5 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	Z-100	4	58.950001	58.950001	a	A
2	SILUX	4	29.275000	29.275000	b	B

MÉDIAS DO FATOR MATERIAL  
DENTRO DE 0 MM DO FATOR DISTÂNCIA E P6 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	Z-100	4	55.052498	55.052498	a	A
2	SILUX	4	28.040001	28.040001	b	B

MÉDIAS DO FATOR MATERIAL  
DENTRO DE 6 MM DO FATOR DISTÂNCIA E P1 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	Z-100	4	71.122498	71.122498	a	A
2	SILUX	4	36.832500	36.832500	b	B

MÉDIAS DO FATOR MATERIAL  
DENTRO DE 6 MM DO FATOR DISTÂNCIA E P2 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	Z-100	4	65.002502	65.002502	a	A
2	SILUX	4	34.509998	34.509998	b	B

MÉDIAS DO FATOR MATERIAL  
DENTRO DE 6 MM DO FATOR DISTÂNCIA E P3 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	Z-100	4	61.317501	61.317501	a	A
2	SILUX	4	31.869999	31.869999	b	B

MÉDIAS DO FATOR MATERIAL  
DENTRO DE 6 MM DO FATOR DISTÂNCIA E P4 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	Z-100	4	57.672501	57.672501	a	A
2	SILUX	4	30.072498	30.072498	b	B

MÉDIAS DO FATOR MATERIAL  
DENTRO DE 6 MM DO FATOR DISTÂNCIA E P5 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	Z-100	4	54.277500	54.277500	a	A
2	SILUX	4	28.655001	28.655001	b	B

MÉDIAS DO FATOR MATERIAL  
DENTRO DE 6 MM DO FATOR DISTÂNCIA E P6 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	Z-100	4	49.842499	49.842499	a	A
2	SILUX	4	27.230000	27.230000	b	B

MÉDIAS DO FATOR MATERIAL  
DENTRO DE 12 MM DO FATOR DISTÂNCIA E P1 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	Z-100	4	59.277504	59.277504	a	A
2	SILUX	4	32.542500	32.542500	b	B

MÉDIAS DO FATOR MATERIAL  
DENTRO DE 12 MM DO FATOR DISTÂNCIA E P2 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	Z-100	4	54.242500	54.242500	a	A
2	SILUX	4	30.545002	30.545002	b	B

MÉDIAS DO FATOR MATERIAL  
DENTRO DE 12 MM DO FATOR DISTÂNCIA E P3 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	Z-100	4	49.067497	49.067497	a	A
2	SILUX	4	28.582499	28.582499	b	B

MÉDIAS DO FATOR MATERIAL  
DENTRO DE 12 MM DO FATOR DISTÂNCIA E P4 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	Z-100	4	45.614998	45.614998	a	A
2	SILUX	4	27.420002	27.420002	b	B

MÉDIAS DO FATOR MATERIAL  
DENTRO DE 12 MM DO FATOR DISTÂNCIA E P5 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	Z-100	4	42.002502	42.002502	a	A
2	SILUX	4	25.502501	25.502501	b	B

MÉDIAS DO FATOR MATERIAL  
DENTRO DE 12 MM DO FATOR DISTÂNCIA E P6 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	Z-100	4	39.657501	39.657501	a	A
2	SILUX	4	23.320000	23.320000	b	B

## TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE DISTÂNCIA

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	0 MM	48	49.191875	49.191875	a	A
2	2	6 MM	48	45.700416	45.700416	b	B
3	3	12 MM	48	38.147917	38.147917	c	C

MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA INDICADO

D.M.S. 5% = 1.78434 - D.M.S. 1% = 2.22724

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE DISTÂNCIA  
DENTRO DE Z-100 DO FATOR MATERIAL

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	0 MM	24	66.625416	66.625416	a	A
2	2	6 MM	24	59.872500	59.872500	b	B
3	3	12 MM	24	48.310417	48.310417	c	C

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE DISTÂNCIA  
DENTRO DE SILUX DO FATOR MATERIAL

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	0 MM	24	31.758334	31.758334	a	A
2	2	6 MM	24	31.528333	31.528333	a	A
3	3	12 MM	24	27.985417	27.985417	b	B

MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA INDICADO

D.M.S. 5% = 2.52344 - D.M.S. 1% = 3.14979

MÉDIAS DO FATOR DISTÂNCIA  
DENTRO DE P1 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	0 MM	8	56.741253	56.741253	a	A
2	6 MM	8	53.977499	53.977499	a	A
3	12 MM	8	45.910002	45.910002	b	B

MÉDIAS DO FATOR DISTÂNCIA  
DENTRO DE P2 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	0 MM	8	53.470001	53.470001	a	A
2	6 MM	8	49.756250	49.756250	a	A
3	12 MM	8	42.393751	42.393751	b	B

MÉDIAS DO FATOR DISTÂNCIA  
DENTRO DE P3 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	0 MM	8	51.869999	51.869999	a	A
2	6 MM	8	46.593750	46.593750	b	A
3	12 MM	8	38.824998	38.824998	c	B

MÉDIAS DO FATOR DISTÂNCIA  
DENTRO DE P4 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	0 MM	8	47.411247	47.411247	a	A
2	6 MM	8	43.872499	43.872499	a	A
3	12 MM	8	36.517500	36.517500	b	B

MÉDIAS DO FATOR DISTÂNCIA  
DENTRO DE P5 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	0 MM	8	44.112500	44.112500	a	A
2	6 MM	8	41.466250	41.466250	a	A
3	12 MM	8	33.752501	33.752501	b	B

MÉDIAS DO FATOR DISTÂNCIA  
DENTRO DE P6 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	0 MM	8	41.546249	41.546249	a	A
2	6 MM	8	38.536249	38.536249	a	A
3	12 MM	8	31.488750	31.488750	b	B

MÉDIAS DO FATOR DISTÂNCIA  
DENTRO DE Z-100 DO FATOR MATERIAL E P1 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	0 MM	4	78.192505	78.192505	a	A
2	6 MM	4	71.122498	71.122498	b	A
3	12 MM	4	59.277504	59.277504	c	B

MÉDIAS DO FATOR DISTÂNCIA  
DENTRO DE Z-100 DO FATOR MATERIAL E P2 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	0 MM	4	73.175003	73.175003	a	A
2	6 MM	4	65.002502	65.002502	b	B
3	12 MM	4	54.242500	54.242500	c	C

MÉDIAS DO FATOR DISTÂNCIA  
DENTRO DE Z-100 DO FATOR MATERIAL E P3 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	0 MM	4	70.012497	70.012497	a	A
2	6 MM	4	61.317501	61.317501	b	B
3	12 MM	4	49.067497	49.067497	c	C

MÉDIAS DO FATOR DISTÂNCIA  
DENTRO DE Z-100 DO FATOR MATERIAL E P4 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	0 MM	4	64.369995	64.369995	a	A
2	6 MM	4	57.672501	57.672501	b	B
3	12 MM	4	45.614998	45.614998	c	C

MÉDIAS DO FATOR DISTÂNCIA  
DENTRO DE Z-100 DO FATOR MATERIAL E P5 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	0 MM	4	58.950001	58.950001	a	A
2	6 MM	4	54.277500	54.277500	a	A
3	12 MM	4	42.002502	42.002502	b	B

MÉDIAS DO FATOR DISTÂNCIA  
DENTRO DE Z-100 DO FATOR MATERIAL E P6 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	0 MM	4	55.052498	55.052498	a	A
2	6 MM	4	49.842499	49.842499	a	A
3	12 MM	4	39.657501	39.657501	b	B

MÉDIAS DO FATOR DISTÂNCIA  
DENTRO DE SILUX DO FATOR MATERIAL E P1 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	0 MM	4	35.290001	35.290001	a	A
2	6 MM	4	36.832500	36.832500	a	A
3	12 MM	4	32.542500	32.542500	a	A

MÉDIAS DO FATOR DISTÂNCIA  
DENTRO DE SILUX DO FATOR MATERIAL E P2 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	0 MM	4	33.764999	33.764999	a	A
2	6 MM	4	34.509998	34.509998	a	A
3	12 MM	4	30.545002	30.545002	a	A

MÉDIAS DO FATOR DISTÂNCIA  
DENTRO DE SILUX DO FATOR MATERIAL E P3 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	0 MM	4	33.727501	33.727501	a	A
2	6 MM	4	31.869999	31.869999	a	A
3	12 MM	4	28.582499	28.582499	a	A

MÉDIAS DO FATOR DISTÂNCIA  
DENTRO DE SILUX DO FATOR MATERIAL E P4 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	0 MM	4	30.452499	30.452499	a	A
2	6 MM	4	30.072498	30.072498	a	A
3	12 MM	4	27.420002	27.420002	a	A

MÉDIAS DO FATOR DISTÂNCIA  
DENTRO DE SILUX DO FATOR MATERIAL E P5 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	0 MM	4	29.275000	29.275000	a	A
2	6 MM	4	28.655001	28.655001	a	A
3	12 MM	4	25.502501	25.502501	a	A

MÉDIAS DO FATOR DISTÂNCIA  
DENTRO DE SILUX DO FATOR MATERIAL E P6 DO FATOR PROFUNDIDADE

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	0 MM	4	28.040001	28.040001	a	A
2	6 MM	4	27.230000	27.230000	a	A
3	12 MM	4	23.320000	23.320000	a	A

## TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE PROFUNDIDADE

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	P1	24	52.209585	52.209585	a	A
2	2	P2	24	48.540001	48.540001	b	B
3	3	P3	24	45.762916	45.762916	b	BC
4	4	P4	24	42.600416	42.600416	c	CD
5	5	P5	24	39.777084	39.777084	cd	DE
6	6	P6	24	37.190416	37.190416	d	E

MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA INDICADO

D.M.S. 5% = 3.07752 - D.M.S. 1% = 3.64815

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE PROFUNDIDADE  
DENTRO DE Z-100 DO FATOR MATERIAL

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	P1	12	69.530835	69.530835	a	A
2	2	P2	12	64.140002	64.140002	b	B
3	3	P3	12	60.132498	60.132498	bc	BC
4	4	P4	12	55.885831	55.885831	cd	CD
5	5	P5	12	51.743334	51.743334	de	DE
6	6	P6	12	48.184166	48.184166	e	E

TESTE DE TUKEY PARA MÉDIAS DE PROFUNDIDADE  
DENTRO DE SILUX DO FATOR MATERIAL

NUM.ORDEM	NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	1	P1	12	34.888334	34.888334	a	A
2	2	P2	12	32.940000	32.940000	ab	AB
3	3	P3	12	31.393333	31.393333	abc	AB
4	4	P4	12	29.315000	29.315000	bcd	BC
5	5	P5	12	27.810834	27.810834	cd	BC
6	6	P6	12	26.196667	26.196667	d	C

MÉDIAS SEGUIDAS POR LETRAS DISTINTAS DIFEREM ENTRE SI AO NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA INDICADO

D.M.S. 5% = 4.35226 - D.M.S. 1% = 5.15926



MÉDIAS DO FATOR PROFUNDIDADE  
DENTRO DE 0 MM DO FATOR DISTÂNCIA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	P1	8	56.741253	56.741253	a	A
2	P2	8	53.470001	53.470001	a	AB
3	P3	8	51.869999	51.869999	ab	AB
4	P4	8	47.411247	47.411247	bc	BC
5	P5	8	44.112500	44.112500	cd	C
6	P6	8	41.546249	41.546249	d	C

MÉDIAS DO FATOR PROFUNDIDADE  
DENTRO DE 6 MM DO FATOR DISTÂNCIA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	P1	8	53.977499	53.977499	a	A
2	P2	8	49.756250	49.756250	ab	AB
3	P3	8	46.593750	46.593750	bc	BC
4	P4	8	43.872499	43.872499	c	BCD
5	P5	8	41.466250	41.466250	cd	CD
6	P6	8	38.536249	38.536249	d	D

MÉDIAS DO FATOR PROFUNDIDADE  
DENTRO DE 12 MM DO FATOR DISTÂNCIA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	P1	8	45.910002	45.910002	a	A
2	P2	8	42.393751	42.393751	ab	AB
3	P3	8	38.824998	38.824998	bc	BC
4	P4	8	36.517500	36.517500	cd	BCD
5	P5	8	33.752501	33.752501	cd	CD
6	P6	8	31.488750	31.488750	d	D

MÉDIAS DO FATOR PROFUNDIDADE  
DENTRO DE Z-100 DO FATOR MATERIAL E 0 MM DO FATOR DISTÂNCIA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	P1	4	78.192505	78.192505	a	A
2	P2	4	73.175003	73.175003	ab	AB
3	P3	4	70.012497	70.012497	bc	AB
4	P4	4	64.369995	64.369995	cd	BC
5	P5	4	58.950001	58.950001	de	CD
6	P6	4	55.052498	55.052498	e	D

MÉDIAS DO FATOR PROFUNDIDADE  
DENTRO DE Z-100 DO FATOR MATERIAL E 6 MM DO FATOR DISTÂNCIA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	P1	4	71.122498	71.122498	a	A
2	P2	4	65.002502	65.002502	ab	AB
3	P3	4	61.317501	61.317501	bc	BC
4	P4	4	57.672501	57.672501	bc	BCD
5	P5	4	54.277500	54.277500	cd	CD
6	P6	4	49.842499	49.842499	d	D

MÉDIAS DO FATOR PROFUNDIDADE  
DENTRO DE Z-100 DO FATOR MATERIAL E 12 MM DO FATOR DISTÂNCIA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	P1	4	59.277504	59.277504	a	A
2	P2	4	54.242500	54.242500	ab	AB
3	P3	4	49.067497	49.067497	bc	BC
4	P4	4	45.614998	45.614998	cd	BCD
5	P5	4	42.002502	42.002502	cd	CD
6	P6	4	39.657501	39.657501	d	D

MÉDIAS DO FATOR PROFUNDIDADE  
DENTRO DE SILUX DO FATOR MATERIAL E 0 MM DO FATOR DISTÂNCIA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	P1	4	35.290001	35.290001	a	A
2	P2	4	33.764999	33.764999	a	A
3	P3	4	33.727501	33.727501	a	A
4	P4	4	30.452499	30.452499	a	A
5	P5	4	29.275000	29.275000	a	A
6	P6	4	28.040001	28.040001	a	A

MÉDIAS DO FATOR PROFUNDIDADE  
DENTRO DE SILUX DO FATOR MATERIAL E 6 MM DO FATOR DISTÂNCIA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	P1	4	36.832500	36.832500	a	A
2	P2	4	34.509998	34.509998	ab	AB
3	P3	4	31.869999	31.869999	ab	AB
4	P4	4	30.072498	30.072498	ab	AB
5	P5	4	28.655001	28.655001	b	AB
6	P6	4	27.230000	27.230000	b	B

MÉDIAS DO FATOR PROFUNDIDADE  
DENTRO DE SILUX DO FATOR MATERIAL E 12 MM DO FATOR DISTÂNCIA

NUM.TRAT.	NOME	NUM.REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
1	P1	4	32.542500	32.542500	a	A
2	P2	4	30.545002	30.545002	ab	AB
3	P3	4	28.582499	28.582499	ab	AB
4	P4	4	27.420002	27.420002	ab	AB
5	P5	4	25.502501	25.502501	ab	AB
6	P6	4	23.320000	23.320000	b	B