



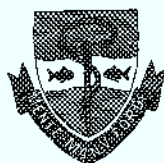
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

Monografia de Final de Curso

Aluno(a): **ALINE TRIPODE DRITES BRACEIRO**



Ano de Conclusão do Curso: 2003

TCC 063



*FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA RESTAURADORA
Área de Dentística*



“EFEITO DO TIPO DE POLIMERIZAÇÃO E DA IMERSÃO EM ETANOL NA DUREZA SUPERFÍCIAL E RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DIAMETRAL EM COMPÓSITOS

MONOGRAFIA DO TRABALHO
DE CONCLUSÃO DE CURSO

ALINE TRIPODE BRITES BRACEIRO

*DEZEMBRO, 2003
PIRACICABA - SP*



*FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA RESTAURADORA
Área de Dentística*



“EFEITO DO TIPO DE POLIMERIZAÇÃO E DA IMERSÃO EM ETANOL NA DUREZA SUPERFÍCIAL E RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DIAMETRAL EM COMPÓSITOS

Profº Dr. José Roberto Lovadino

ALINE TRIPODE BRITES BRACEIRO

Sumário

• Resumo	4
• Introdução	5
• Objetivo	7
• Metodologia	7
• Resultados	11
• Discussão	13
• Conclusão	17
• Referências Bibliográficas	18

1. RESUMO

O objetivo deste estudo “in vitro” é avaliar a microdureza, a resistência à tração e a pigmentação superficial em compósitos dentais fotoativados. Para tanto, serão confeccionados 80 corpos-de-prova, utilizando-se dois compósitos. Esses corpos de prova serão, aleatoriamente, divididos em 8 grupos, cada grupo contendo 10 amostras. Cada grupo vai variar no tipo de polimerização (convencional; progressiva; “pulse-delay”; alta intensidade). Após a confecção dos corpos de prova, estes serão submetidos aos três testes laboratoriais (dureza superficial, pigmentação superficial e tração diametral), e os resultados, tabulados e submetidos à análise estatística. Os resultados dos testes ANOVA e TUKEY, mostraram que para a tração diametral, não houve diferença estatística entre os modos de fotopolimerização, entretanto a média dos grupos imersos em etanol apresentaram valores baixos para o teste diametral (TD) e diferente estatisticamente ($p < 0.05$). Para o teste de microdureza (M) as amostras imersas em etanol tiveram média mais baixa que todos os grupos. O modo de polimerização convencional (C) apresentou maior valor de (M), estatisticamente diferente ($p < 0.05$) da média do pulse delay (PD) dos grupos imersos em água. Na média do grupo imersos em etanol, o modo C e PD apresentaram maior valor de M, estatisticamente diferente ($p < 0.05$) do alta intensidade (AI). Para todas as condições experimentais, as superfícies inferiores.

2. INTRODUÇÃO

A polimerização dos compósitos se dá através da conversão das moléculas de monômeros em uma rede de polímeros, o que causa a aproximação molecular (Davidson & Feilzer, 1997). O grau de conversão da matriz polimérica de um compósito dental tem uma significativa importância nas propriedades físicas e mecânicas de um compósito dental (Ferracane & Grener, 1984), evitando problemas clínicos, como desgaste excessivo do material, pigmentação excessiva e citotoxicidade por uma polimerização deficiente (Yap, 2000). O grau de polimerização é dependente não somente da composição do compósito, mas também da efetividade da fonte fotoativadora (Yap, 2000). Outros fatores também interferem no grau de polimerização, como a espessura de material a ser polimerizada, cor do compósito e a distância da ponta de fotoativação ao compósito (Sobrinho *et al.*, 2000).

Entretanto, um alto grau de polimerização significa uma alta taxa de contração de polimerização (Althoff & Hartung, 2000). A contração de polimerização é a principal desvantagem deste material (Lambrechts, Braem & Vanherle, 1987), pois gera tensão no sistema de união entre a restauração de compósito e a estrutura dental (Koran & Kürschner, 1998). podendo levar a alguns problemas clínicos, como descoloração marginal, fraturas na restauração ou no dente, solubilidade do sistema adesivo e infiltração marginal.

Assim sendo, é necessário obter-se um ótimo grau de polimerização do compósito dental e uma mínima tensão de contração de polimerização para o sucesso clínico da restauração (Tarle *et al.*, 1998). Alternativas em relação a fotoativação têm surgido com o intuito de minimizar a tensão de contração de polimerização sem diminuir as propriedades físicas do compósito. A polimerização inicial com baixa intensidade seguido de polimerização com alta intensidade pode resultar em menor tensão de contração para o

sistema de união durante a polimerização, sem comprometimento das propriedades físicas deste material. (Mehl, Hickel & Kunzelmann, 1997). O propósito desta técnica é prolongar o tempo de polimerização da resina no estado pré-gel, no qual a resina tem a capacidade de escoar durante a contração de polimerização, sem causar tensão no sistema de união (Friedl & others, 2000). Outro método de diminuir a tensão de contração de polimerização é a polimerização tardia (“pulse delay”), que consiste em polimerização inicial com um flash de luz (1 seg.) seguido de um tempo de espera sem fotoativação (1 a 4 minutos) até a polimerização final de maneira convencional (Kanca & Suh, 1999).

Porém, diferentes procedimentos de fotoativação podem levar a formação de diferentes estruturas de polímeros dentro da matriz resinosa, mesmo que o grau de conversão dos monômeros seja o mesmo (Asmussen & Peutzfeldt, 2001). Assim, algumas propriedades físicas dos compósitos polimerizados de forma diferente, como a dureza superficial, foi diferente no estudo realizado por McKinney & Wu (1985), após a imersão dos corpos de prova em etanol por 24 horas. O etanol, segundo McKinney & Wu (1985) tem o efeito de atacar a matriz polimérica, diminuindo algumas propriedades físicas. O etanol corresponde à ingestão de água, doces, xaropes, bebidas alcoólicas e não alcoólicas (McKinney & Wu, 1985). No estudo de McKinney & Wu (1985), aonde se testou diferentes tempos de polimerização tardia (pulse delay method), em comparação com a polimerização convencional, pode-se concluir que a polimerização tardia levou a formação de cadeias poliméricas lineares na matriz dos corpos de prova, que propiciou menor dureza superficial dos corpos de prova, quando imersos em etanol. Já a polimerização convencional levou à formação de cadeias poliméricas mais interligadas umas com as

outras, levando a um reforço da estrutura da matriz, e conseqüentemente a uma maior dureza superficial dos corpos de prova, quando imersos em etanol.

Assim, outros métodos de polimerizações devem ser testados e analisados, principalmente àqueles mais utilizados clinicamente, como o método de intensidade variada, e alta intensidade inicial.

3. OBJETIVO:

O objetivo deste estudo foi:

- Mensurar através de ensaios mecânicos a dureza superficial e a resistência à tração de corpos de prova confeccionados com um compósito dental, antes e após a imersão em etanol.

4. METODOLOGIA:

4.1- DELINEAMENTO EXPERIMENTAL:

Unidades Experimentais: 40 corpos de prova

Fator em estudo :

Intensidade da luz halógena para a polimerização do material em 4 níveis:

- normal;
- progressiva;
- alta intensidade;
- polimerização tardia (“pulse-delay”).

Imersão em etanol em dois níveis

- Não imersos em etanol;
- Imersos em etanol .

Variável de resposta: Dureza superficial e resistência à tração diametral

Forma de designar o tratamento às unidades experimentais: por processo aleatório, através de sorteio.

Os grupos de estudo serão divididos da seguinte forma:

Quadro 2: Grupos de estudo.

GRUPOS	COMPÓSITO	TIPO DE POLIMERIZAÇÃO
Grupo 1	Z250	680mW/cm^2 – 30 segundos
Grupo 2	Z250	380mW/cm^2 – 10 segundos + 680mW/cm^2 – 20 segundos
Grupo 3	Z250	1060mW/cm^2 – 10 segundos
Grupo 4	Z250	680mW/cm^2 – 1 segundos + 60 segundos sem luz + 680mW/cm^2 – 20 segundos

5.2- CONFECÇÃO DOS CORPOS DE PROVA:

Para a realização deste estudo, serão confeccionados 80 corpos-de-prova do compósito Z250 (3M-Espe), à temperatura e umidade relativa controlada. Para isso, matrizes de teflon individualizadas serão utilizadas, tendo cada matriz a forma de um tronco de cilindro, medindo 3 mm de altura por 15 mm de diâmetro, com um orifício central de 6 mm de diâmetro (fig.1).

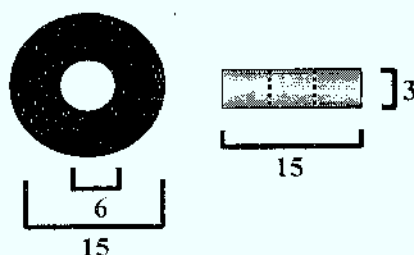


Figura 1 – matriz de teflon

A obtenção das amostras será feita através da inserção do compósito, em dois incrementos de 1,5 mm cada, no orifício central da matriz. Cada incremento de compósito será fotoativado (fotoativador Degulux – Degussa), de acordo com os grupos experimentais.

Os corpos de prova serão removidos da matriz, identificados devidamente e armazenados numa estufa, a 37°C e 100% de umidade relativa do ar ambiental, por um período de 24 horas. Decorrido o prazo de 24 horas, será realizado o acabamento dos compósitos utilizando o sistema de acabamento e polimento com discos de óxido de alumínio de abrasividade decrescente Sof-Lex (3M do Brasil Ltda). Os corpos de prova serão mantidos em recipiente escuro, à temperatura de 37°C, por um período de 6 dias, de acordo com a norma nº27 da ADA.

Após os sete dias da confecção dos 80 corpos de prova, 40 serão imersos em etanol por 24 horas, enquanto que 40 permanecerão imersos em água destilada. Dos 40 corpos de prova imersos em etanol, 20 serão destinados aos testes de dureza superficial e tração diametral e 20 ao teste de pigmentação. Os corpos de prova não imersos em etanol serão divididos da mesma forma.

5.3- TESTE DE DUREZA SUPERFÍCIAL:

As mensurações de micro-dureza serão realizadas 72 horas após a confecção dos corpos de prova. As medidas serão realizadas na superfície dos corpos de prova com um microdurômetro FM (Future Tech Corp., Japão) e penetrador Knoop. Utilizar-se-á uma carga de 50 gramas durante 30 segundos (SOBRINHO *et al.*, 2000).

Serão realizadas 6 mensurações por corpo de prova, estando o longo eixo do penetrador perpendicular à superfície. A primeira medida de micro-dureza será feita a uma distancia de 500µm da matriz. A partir da penetração realizada, a distancia utilizada entre as outras penetrações será de 200µm.

5.4- TESTE DE TRAÇÃO DIAMETRAL:

O Ensaio de tração diametral será realizado em uma Máquina Universal de Ensaio – Instron (modelo 4411) e o carregamento axial será aplicado por uma placa horizontal de encontro à porção lateral do corpo de prova (Fig.2). Esta posição permite que a carga, aplicada transversalmente a 10mm/min (ADA, nº 27) gere, predominantemente, tensões de tração, no interior da massa do corpo de prova, perpendicular ao plano vertical que passa pelo centro do espécime.

O valor da carga indicado pela máquina, no momento da fratura, será utilizado para determinar, a resistência à tração diametral, conforme a fórmula:

$$R = \frac{2p}{\pi dh}, \text{ onde:}$$

R = resistência à tração

p = carga de fratura (Kgf)

π = constante (3,1416)

d = diâmetro do corpo de prova (cm)

h = altura do corpo de prova

Os valores, convertidos em Mega-Pascal (MPa), serão submetidos a análise estatística.

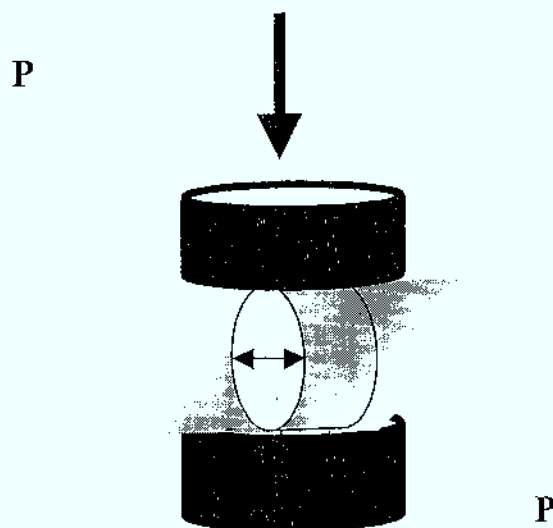


Figura 2 - Teste de compressão diametral. Embora uma força compressiva seja aplicada ao longo da porção lateral do disco, uma força de tração será produzida.

5. RESULTADOS

Os resultados do teste de tração diametral (TD) estão presentes na tabela 2. O teste ANOVA mostrou somente diferença estatística entre as médias das imersões. Não houve diferença significativa entre os tipos de polimerização testados. O teste de TUKEY aplicado para comparações individuais ($p < 0.05$), mostrou que a média do grupo imerso em etanol apresentou baixo valor para o teste de TD e diferença estatística ($p < 0.05$), da média do grupo imerso em água.

Resultados do teste de MD estão presentes na tabela 3 e 4. O teste ANOVA mostrou diferença estatística entre os 3 fatores estudados: meio de imersão, tipo de polimerização e superfície testada (superior e inferior) e a tripla interação entre eles.

O teste de TUKEY mostrou que para todas as condições experimentais, a superfície inferior mostrou menor microdureza e diferença estatística em relação a superfície superior.

Para a superfície superior, quando as amostras foram imersas em água, a polimerização C mostrou maior média de M e estatisticamente diferente em relação ao PD. Os tipos soft start (SS) não mostrou . Para amostras imersas em etanol, PD e C mostraram maior média de MD e diferença estatística em relação ao AI. O tipo SS diferença estatística em relação a nenhum outro grupo. Em relação as médias de imersão, somente SS e PD não mostraram diferença estatística para água e etanol. Para a polimerização C e AI, as amostras armazenadas em etanol mostrou-se com menor dureza que as armazenadas em água.

Para superfícies inferiores, quando as amostras foram imersas em água, o tipo AI mostrou maior dureza e diferença estatística em relação ao PD. Os tipos SS e C não mostraram diferença estatística em relação a nenhum grupo. Para amostras imersas em etanol, polimerização com PD e C mostrou média maior de M e diferença estatística em relação ao SS e AI. O tipo SS mostrou maior dureza que AI. Em relação as médias de imersão, somente C e PD não mostraram diferença estatística da água para o etanol. Para polimerização SS e AI, amostras armazenadas em etanol mostraram menos dureza que as armazenadas em água.

6. DISCUSSÃO

De acordo com as condições experimentais deste estudo, os resultados mostrados dos diferentes *métodos* de polimerização pôde ser guiado pelas propriedades *físicas* diferentes da resina composta, armazenado em *água* ou etanol, e a heterogeneidade dos resultados quando dois diferentes testes foram usados, não houve diferença *estatística* entre os modos de polimerização, entretanto amostras imersas em etanol apresentaram a media do grupo mais baixa, e diferença estatisticamente ($p<0,05$) que aquelas imersas em *água*. Para o teste de *microdureza*, amostras imersas no etanol apresentaram baixa media de dureza em todos os grupos no meio de etanol, a *polimerização* convencional e PD apresentaram alta média de dureza, estatisticamente diferente ($p<0,05$) que PD, para todos os grupos imersos em *água*.

Estes diferentes resultados não mostraram correlação entre os dois teste usados, e essas diferentes dureza dos materiais indicam diferentes *resistência* dentro da cavidade oral. A dureza do material restaurador proporciona uma indicação de como o material *será* utilizado adequadamente sofrendo *tensão* no ambiente oral (Cobb, Vargas & Rundle, 1996). A avaliação da dureza esta sendo amplamente testado para examinar o compósito polimerizado e as *conseqüências* da *eficiência* dos tipos de polimerização(Kurachi & outros,2001).

A dureza da superfície pode ser vista como a resistência ao desgaste e a capacidade de manter a estabilidade da restauração (Baharav & col,1998).

O teste tração diametral demonstra a resistência do material restaurador som forças laterais geradas durante a função oral (Cobb, Vargas & Rundle, 1996).

Quando a dureza foi avaliada, diferentes resultados foram obtido. Entretanto, diferente do tipo de polimerização e de imersão, a superfície inferior teve menor dureza que a superfície superior. Muitos estudos mostram que quando a luz passa por entre os incrementos do material restaurador, a intensidade da luz decresce gradativamente, portanto decresce o potencial de polimerizador (Yap, 2000; Price & col, 2002). (Rueggeberg, Caughman & Curtis, 1994).

Neste estudo a técnica de polimerização com PD, mostrou baixa dureza para amostras imersas em água, estatisticamente diferente do modo C para as superfícies superiores, e estatisticamente diferente na obtenção das superfícies inferiores com AI. Asmussen & Petutzfeldt (2001) relatou que a intensidade da luz e o tempo de polimerização podem modificar a formação de estruturas polimerizadas.

Polimerização com PD provoca poucos centro de crescimento do polímero. Consequentemente, a propagação da polimerização será predominantemente. Adicionada uma molécula de monômero depois outra ate formar uma cadeias de polímero. Estes resultados mostram maior quantidade polímero ou estruturas poliméricas com seleção de poucas cadeias cruzadas. No final da polimerização ativará grande parte dos remanescentes da canforoquinona e deste modo aumentar os centro polimerizados. Muitos centros polimerizados aumentaram a tendência para formar as ramificações dos polímeros. Outro estudo (Hackman, Pohjola & Rueggeberg,), mostrou que a técnica com PD produziu similar TD com a técnica C polimerizada com 10 e 20 segundos na superfície e 0.5, 1 e 2

mm de profundidade, entretanto a técnica do PD mostrou mais baixo TD que os 40 segundos da técnica convencional.

Asmussen & Petutzfeldt (2001) acredita que as estruturas poliméricas formaram-se com a técnica PD nas superfícies menos duras e depois imersas em etanol.

Entretanto, neste estudo, a polimerização com PD somente mostrou baixa dureza quando imersa em água. A média do etanol, deste modo mostrou similar dureza com o C e SS, e estatisticamente diferente da AI. Em outro estudo, Asmussen & Petutzfeldt (2003) sugeriram que a resina composta polimerizada com intensidade inicial muito baixa e imersa em etanol responde melhor que resinas polimerizadas com C de contínua intensidade. Com energia inicial de densidade baixa (intensidade x tempo), a formação de polímeros foi limitada antes do final da polimerização, porque essa energia inicial não é eficiente para ativar suficientemente monômeros para formar a estrutura final de polímeros, e quando as amostras são imersas em etanol, esta afirmação torna-se mais evidente.

A polimerização com AI não apresentou diferença estatística com nenhum grupo na superfície superior e em água e foi diferente estatisticamente do PD na superfície inferior na água. Por outro lado, na média do etanol, AI mostrou baixa microdureza que PD e C. Na superfície superior, e na superfície inferior, apresentou menor dureza. Alta intensidade inicial aumenta a contração de polimerização devido a rápida reação de polimerização. A intensidade inicial alta pode resultar em uma estrutura polimérica com grande quantidade de cadeias cruzadas devido a alta quantidade de monômeros reagentes, gerando muitos centros polimerizados. Entretanto, ha hipóteses para menor dureza em relação ao etanol para este tipo de polimerização de dez segundos, não são suficientes para uma efetiva polimerização em toda profundidade da amostra. Muitos estudos mostraram tempo

reduzido de polimerização com Al produzindo uma insatisfatória polimerização. Nas camadas mais profundas da resina composta, e isto menos polimerizado é mais sensível quando imerso em etanol.

Técnicas C e SS mostraram similar dureza em todas condições, e elas não apresentaram diferenças estatísticas com nenhum grupo, exceto para amostras nas superfícies inferiores e imersas em etanol. Asmussen & Petutzfeldt (2001) disseram que a polimerização do tipo C com continua intensidade ira iniciar muitos centros polimerizados, resultando uma estrutura polimérica com maior intensidade de cadeias cruzadas, e isto pode ser comparado com uma escada a qual cada molécula de monômero original representa um degrau. Neste estudo, a intensidade da técnica C foi de 450mW/cm^2 . No grupo SS deste estudo a intensidade inicial foi de 380mW/cm^2 , em avaliação similar do estudo de Asmussen (2001) (450mW/cm^2). Baseado nesses valores, isso pode ser suposto que tanto o grupo do SS ou do C (680mW/cm^2) teve comparáveis estruturas poliméricas, apresentado equivalência entre as relações das propriedades físicas. Entretanto, SS não foi eficiente nas superfícies inferiores das amostras imersas em etanol. Yap (2000) relatou que compósito tem a capacidade de reter energia. Assim, a energia inicial de SS foi reduzida na superfície inferior mudando a estrutura polimérica linear. Asmussen & Petutzfeldt (2003) propuseram que quando amostra é irradiada com uma intensidade intermediaria, e isso é mais susceptível para o etanol que para amostras polimerizadas com baixa ou alta intensidade inicial. Isto é possível para amostras polimerizadas com SS tendo a mesma ação.

Para o teste de TD, não houve diferença estatística para nenhum modo de polimerização. É possível que o teste de TD não seja sensível para os diferentes tipos de polimerização, devido a condição do teste nas amostras para fratura e amostras que poderiam ter a mesma proporção de conversão, quando todas as superfícies foram

comparadas (superfície superior, meio e inferior), e resistência ao mesmo tempo para força aplicada. Entretanto, todos os grupos imersos em etanol apresentou mais baixa TD que os imersos em água. Etanol causa um “amacramento” na superfície da resina composta por remover a estrutura polimérica não reagindo com monômeros, polímeros e polímeros lineares (Asmussen & Petutzfeldt, 2001), ou concede para os polímeros uma estrutura mais aberta, diminuindo as propriedades físicas e aumentando o desgaste (Asmussen & Hansen, 1986; McKinney & Wu, 1985). Nas resinas compostas com a mesma qualidade de conversão dos monômeros, é possível que o etanol tenha uma seletiva dissolução para o relativo polímero linear, o qual pode ser esperado mais estruturas com cadeias cruzadas. O teste TD mostrou maior sensibilidade para as medias dos testes de imersão que para os testes de dureza.

7.CONCLUSÃO

Dentro dos limites do estudo apresentado, podemos concluir que:

1. A superfície inferior apresentou menor dureza que a superfície superior para todos os tipos de polimerização.
2. Para o teste de dureza, os tipos de polimerização Soft Start e Convencional apresentaram bons resultados.
3. Neste estudo o fator polimerização não teve efeito no teste de Tração Diametral.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Althoff O & Hartung M. (2000) Advances in light curing. *American Journal of Dentistry* **13** 77-81.

Asmussen & Peutzfeldt (2003)

Asmussen E & Peutzfeldt A (2001) Influence of pulse-delay curing on softening of polymer structures. *Journal of Dental Research* **80** 1570-1573.

Asmussen E, Hansen EK (1986) Surface discoloration of restorative resins in relation to surface softening and oral hygiene. *Scandinavian Journal of Dental Research* **94** 174-177.

Applequist EA & Meiers JC (1996) Effect of bulk insertion, prepolymerized resin composite balls, and beta-quartz inserts on microleakage of class V resin composite restorations *Operative Dentistry* **27** 253-258.

Baharav H, Abraham D, Cardash HS, Helft M (1988) Effect of exposure time on the depth of polymerization of a visible light-cured composite resin *Journal of Oral Rehabilitation* **15** 167-172.

Cobb DS, Vargas MA, Rundle T (1996) Physical properties of composite cured with conventional light or argon laser *American Journal of Dentistry* **9** 199-202.

Feilzer AJ, de Gee AJ & Davidson CL (1990) Quantitative determination of stress reduction by flow in composite restorations *Dental Materials* **6** 167 – 171.

- Friedl KH, Schmalz G, Hiller KA, Märkl A (2000) Marginal adaptation of class V restorations with and without softstart-polymerization *Operative Dentistry* **25** 26-32.
- Hackman ST, Pohjola RM, Rueggeberg FA (2002) Depths of cure and effect of shade using pulse-delay and continuous exposure photo-curing techniques *Operative Dentistry* **27** 593-9.
- Koran P, Kürschner R (1998) Effect of sequential *versus* continuous irradiation of a light-cured resin composite on shrinkage, viscosity, adhesion, and degree of polymerization *American Journal of Dentistry* **10** 17-22.
- Kurachi C, Tuboy AM, Magalhães DV, Bagnato VS (2001) Hardness evaluation of a dental composite resin polymerized with experimental LED-based devices *Dental Materials* **17** 309-315.
- Lambrechts P, Braem M & Vanherle G (1987) Evaluation of clinical performance for posterior composite resins and dentin adhesives *Operative Dentistry* **12** 53 – 78.
- Leinfelder KF, Bayne SC & Swift Jr EJ (1999) Packable composites: Overview and technical considerations *Journal of Esthetic Dentistry* **11** 234-249.
- Lim B, Ferracane JL, Condon JR, Adey JD (2002) Effect of filler fraction and filler surface treatment on wear of microfilled composites *Dental Materials* **18** 1-11.
- Lourenço, 2000
- Luo Y, Lo EC, Wei SH, Tay FR. (2002) Comparison of pulse activation vs. conventional light-curing on marginal adaptation of a compomer conditioned using a total-etch or a self-etch technique. *Dental Materials* **18** 36-48.

- Manhart, J. Kunzelmann K.-H, Chen HY & Hickel R. (2000) Mechanical properties and wear behavior of light-cured packable composite resins *Dental Materials* **16** 33-40.
- McKinney JE & Wu W (1985) Chemical softening and wear of dental composites *Journal of Dental Research* **64** 1326-1331.
- Mehl A, Hickel R, Kunzelmann KH (1997) Physical properties and gap formation of light-cured composites with and without softstart-polymerization *Operative dentistry* **25** 321-330.
- Peutzfeldt A, Sahafi A, Asmussen E (2000) Characterization of resin composites polymerized with plasma arc curing units *Dental Materials* **16** 330-336.
- Price RB, Dérand T, Loney RW, Andreou P (2002) Effect of light source and specimen thickness on the surface hardness of resin composite *America Journal of Dentistry* **15** 47-53.
- Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW (1994) Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite *Operative Dentistry* **19** 26-32.
- Sarret & others, 2000
- Unterbrink GL & Muessner R (1995) Influence of light intensity on two restorative systems *Journal of Dentistry* **23** 183-189.
- Yap AUJ, (2000) Effectiveness of polymerization in composite restoratives claiming bulk placement: impact of cavity depth and exposure time *Operative Dentistry* **25** 113-120.