

FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

-UNICAMP-

PRISCILA CHRISTIANE SUZY LIPORONI

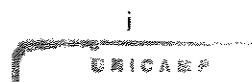
Cirurgiã-dentista

**AVALIAÇÃO QUALITATIVA DA INFILTRAÇÃO MARGINAL NAS  
RESTAURAÇÕES EM COMPÓSITOS POLIMERIZADOS COM LASER DE  
ARGÔNIO E LUZ HALÓGENA**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do grau de Doutor em Clínica Odontológica, área de concentração Dentística.

-Piracicaba-

-2000-



UNICAMP

BIBLIOTECA CENTRAL

SEÇÃO CIRCULANTE

PRISCILA CHRISTIANE SUZY LIPORONI

**AVALIAÇÃO QUALITATIVA DA INFILTRAÇÃO MARGINAL NAS  
RESTAURAÇÕES EM COMPÓSITOS POLIMERIZADOS COM LASER DE  
ARGÔNIO E LUZ HALÓGENA**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do grau de Doutor em Clínica Odontológica, área de concentração Dentística.

Este exemplar foi devidamente corrigido,  
de acordo com a Resolução CCPG-036/83  
CCPG, 27/05/2001  
Assinatura do Orientador

Orientador : Luís Alexandre Maffei Sartini Paulillo

Banca Examinadora :

Prof. Dr. Carlos de Paula Eduardo

Prof. Dr. José Benedicto Mello

Prof. Dr. José Roberto Lovadino

Profa. Dra. Paula Mathias Rabelo de Moraes

-Piracicaba-  
-2000-

IDADE	30
CHAMADA:	UNICAMP
	L664a
Ex.	
MBO DC/	44558
OC.	16-892701
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
EQ	R\$ 11,00
TA	17103101

CM-00155180-7

### Ficha Catalográfica

L664a Liporoni, Priscila Christiane Suzy.  
 Avaliação qualitativa da infiltração marginal nas restaurações em compósitos polimerizados com laser de argônio e luz halógena. / Priscila Christiane Suzy Liporoni. -- Piracicaba, SP : [s.n.], 2000.  
 xviii, 98p. : il.

Orientador : Prof. Dr. Luís Alexandre Maffei Sartini Paulillo.  
 Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Laser. 2. Polimerização. 3. Resinas compostas. I. Paulillo, Luís Alexandre Maffei Sartini. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Marilene Girello CRB/8-6159, da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP.



FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de DOUTORADO, em sessão pública realizada em 01 de Dezembro de 2000, considerou a candidata PRISCILA CHRISTIANE SUZY LIPORONI aprovada.

1. Prof. Dr. LUIS ALEXANDRE MAFFEI SARTINI PAULILLO

2. Prof. Dr. JOSÉ BENEDICTO MELLO

3. Profa. Dra. PAULA MATHIAS RABÊLO DE MORAIS

P. Mathias

4. Prof. Dr. CARLOS DE PAULA EDUARDO

5. Prof. Dr. JOSE ROBERTO LOVADINO

## DEDICATÓRIA

AOS MEUS PAIS, WALTER E VALMERI, RESPONSÁVEIS  
PELA PESSOA QUE SOU HOJE E POR TUDO QUE  
CONQUISTEI.

APOIO, INCENTIVO E AMOR TODOS ESSES ANOS, DEDICO  
A VOCÊS ESTE TRABALHO COM TODO MEU AFETO.

A MINHA IRMÃ, SIMONE, A QUEM ADORO, OBRIGADA  
PELA CUMPLICIDADE, CARINHO E AMIZADE SEMPRE.

AO MEU IRMÃO, ALESSANDER (*IN MEMORIAN*), COM A  
CERTEZA DE ESTAR SEMPRE AO MEU LADO.

A DEUS,

POR TUDO!

## AO ORIENTADOR

LUÍS ALEXANDRE MAFFEI SARTINI PAULILLO, MINHA MAIS PROFUNDA GRATIDÃO POR SEU APOIO E INCENTIVO, IMPRESCINDÍVEIS PARA ELABORAÇÃO DESTE TRABALHO.

SUA AMIZADE E COMPETÊNCIA CONTRIBUÍRAM, DE MANEIRA FUNDAMENTAL, PARA MEU CRESCIMENTO PROFISSIONAL E PESSOAL.

**MUITO OBRIGADA!**

## AGRADECIMENTOS

A minha turma de pós-graduação, Ana Paula, Cláudia, Dagmar, Fernanda, Giselle, Lucíola, Ricardo, Marcelo, Paula e Rodrigo, uma turma muito especial que jamais será esquecida!

Minha queridas amigas e companheiras do dia a dia, Claudinha, Karina e Paulinha, sem dúvida, vocês são pessoas especiais e que, mesmo longe, estarão sempre muito próximas. Adoro vocês!

À Profa. Dra. Leonor de Castro Monterio Loffredo, da área de Bioestatística da Faculdade de Odontologia de Araraquara/UNESP pela realização da análise estatística deste trabalho.

Ao Prof. Dr. José Benedicto Mello pela amizade, confiança e colaboração durante a elaboração deste trabalho.

À Universidade Vale do Paraíba pela utilização do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento na utilização do Laser de Argônio.

Ao Prof. Dr. Marcos Tadeu T. Pacheco, Diretor do IP&D e Prof. Dr. Renato A. Zângaro, Diretor do FCBS, UNIVAP.

Ao Prof. Landulfo Silveira Jr., do IP&D/UNIVAP, pela colaboração e orientação no uso do Laser de Argônio.

À Profa. Dra. Brenda Paula F. A. Gomes, Coordenadora do Curso de Pós-graduação em Clínica Odontológica da F.O.P./UNICAMP.

À Profa. Dra. Altair A. Del Bel Cury, Coordenadora Geral de Pós-graduação da F.O.P./UNICAMP.

Ao Prof. Dr. Antônio Wilson Sallum e Prof. Dr. Frab Norberto Bóscolo, Diretor e Diretor Associado da F.O.P./UNICAMP.



" NOSSAS DÚVIDAS SÃO TRAIADORAS E NOS FAZEM  
PERDER O QUE, COM FREQUÊNCIA, PODERÍAMOS  
GANHAR, POR SIMPLES MEDO DE ARRISCAR."

SHAKESPEARE

# SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES	1
RESUMO	3
ABSTRACT	4
1. INTRODUÇÃO	5
2. REVISÃO DE LITERATURA	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	41
4. RESULTADOS	49
5. DISCUSSÃO	56
6. CONCLUSÃO	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
OBRAS CONSULTADAS	69
ANEXOS	70
APÊNDICE	97

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

QUADRO 01 - Materiais restauradores utilizados durante o procedimento restaurador das cavidades classe V.....	42
QUADRO 02 - Aparelhos utilizados durante a polimerização das restaurações em resina composta e termociclagem.....	42
FIGURA 01 - Esquema de tempos e temperaturas em que foi realizada a termociclagem.....	46
FIGURA 02 - Esquema de escores para avaliação da infiltração marginal nas margens de esmalte e dentina/cimento.....	48
TABELA 01 - Resultados de infiltração marginal dos grupos experimentais, margem em esmalte.....	50
GRÁFICO 01 - Gráfico de barras ilustrando os escores médios de infiltração marginal em esmalte segundo os grupos experimentais.....	51
TABELA 02 - Resultados de infiltração marginal dos grupos experimentais, margem dentina/cimento.....	52
GRÁFICO 02 - Gráfico de barras ilustrando os escores médios de infiltração marginal em dentina/cimento segundo os grupos experimentais.....	53
GRÁFICO 03 - Gráfico de barras para os escores médios de infiltração marginal para polimerização com laser de Argônio dos grupos experimentais, margens em esmalte e dentina/cimento.....	54

GRÁFICO 04 - Gráfico de barras para os escores médios de infiltração marginal para polimerização com lâmpada halógena, margens em esmalte e dentina/cimento.....55

## RESUMO

O propósito deste estudo foi avaliar a infiltração marginal, através da penetração de corante, em restaurações classe V em compósitos, comparando-se a polimerização com lâmpada de luz halógena e laser de Argônio. Cavidades circulares foram preparadas em 114 terceiros molares, na JCE, e aleatoriamente divididas em seis grupos. Todos os grupos foram restaurados utilizando-se o mesmo sistema adesivo, Scotchbond Multi-Use Plus, polimerizando-se por 5 segundos com o laser de Argônio e 10 segundos com lâmpada de luz halógena. Os dentes foram restaurados com diferentes resinas compostas: Charisma, Natural Flow e Solitaire. A polimerização foi de 20 segundos com laser de Argônio e 40 segundos com lâmpada de luz halógena. Logo em seguida, foram armazenados em 100% de umidade relativa a 37°C por 24 h antes do acabamento e polimento. Os espécimes foram termociclados por 2000 ciclos às temperaturas : 5°C e 55°C durante 1 minuto em cada banho e imersos em solução de azul de metileno a 2% por 4 h. Seccionaram-se os dentes no sentido vestibulo-lingual e a infiltração nas margens em esmalte e dentina, avaliada por dois examinadores calibrados, que atribuíram escores representativos para os níveis de penetração de corante: 0-não infiltrou; 1-infiltração até 1/3 da parede gengival/oclusal; 2- até 2/3 da parede gengival/oclusal; 3- até 3/3 da parede gengival/oclusal; 4-infiltração na parede axial. Foi realizado teste de Kruskal-Wallis (5%) que indicou não haver diferença estatística significativa para as diferentes resinas compostas avaliadas e tipo de polimerização empregada: lâmpada de luz halógena e laser de Argônio.

## ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the marginal leakage through dye penetration, in class V composite resin restorations, comparing the conventional visible light and argon laser polymerization. Circular cavities (2mm x 1,5mm) were prepared on the CEJ on the buccal surfaces of 114 extracted human third molars. The teeth were randomly divided into 6 groups of 19 each. Adhesive system Scotchbond MP was used for all groups, and the adhesive was polymerized by an argon laser for 5s and conventional visible light for 10s, following manufacturers' recommendations. The teeth were restored with different composite resins: Charisma, Solitaire and Flowable. The argon laser polymerization lasted for 20s and the conventional visible light polymerization lasted for 40s, following manufacturers' recommendations. The teeth were stored in 100% relative humidity at 37<sup>0</sup> C for 24h, after that, they were finished and polished. The specimens were thermocycled between 5<sup>0</sup>C and 55<sup>0</sup>C for 2000 cycles for 1 minute dwell time, followed by immersion in a 2% methylene blue solution for 4h. The teeth were sectioned buccolingually. The microleakage was evaluated for margins of enamel and dentin/cementum and separately scored as follows : 0-no microleakage; 1-microleakage 1/3 occlusal or gingival wall; 2-microleakage 2/3 occlusal or gingival wall; 3-microleakage all occlusal or gingival wall; 4-microleakage axial wall. Statistical analysis using Kruskal-Wallis test indicated not significant differences among all groups ( $\alpha=0,05$ ). It can be concluded that: the argon laser does not reduce microleakage when compared to conventional visible light.

## \*1 . INTRODUÇÃO

Com o advento do condicionamento ácido em 1955 e da resina composta em 1963, as restaurações adesivas estéticas começaram a ser utilizadas em dentes anteriores. O uso desses materiais em dentes posteriores foi, no início, limitado, pois estas restaurações apresentavam um desgaste oclusal acentuado e havia presença de uma considerável infiltração marginal, especialmente nas margens cervicais, em que o esmalte estava ausente (O'Leary & Kafrawy, 1983).

A microinfiltração é definida como a passagem, clinicamente não detectável, de bactérias, fluidos, moléculas ou íons entre a parede da cavidade e o material restaurador (Kidd, 1976; Pashley, 1990; Alani & Toh, 1997). Essa infiltração está sempre presente nas margens das restaurações, em maior ou menor grau, havendo necessidade de que a mesma seja minimizada para maior longevidade e sucesso clínico das restaurações (Pashley, 1990).

Embora o condicionamento ácido da dentina e os adesivos hidrófilos permitam diminuição da infiltração marginal através de adequada união entre a resina composta e a estrutura dentinária (Ericson & Dérand, 1991, Gwinnett & Yu, 1994), nenhum sistema adesivo foi capaz de eliminá-la (Prati & others, 1990). Essa percolação pode resultar em manchamento e deterioração marginal, injúria pulpar, sensibilidade pós-operatória e cárie secundária (Kidd, 1976; Torstenson & Brannstrom, 1988).

---

\* Citações no texto de acordo com as Normas Bibliográficas da revista Operative Dentistry, USA.

O sucesso das restaurações em resina composta depende, entre outros fatores, da adaptação e resistência de adesão às estruturas dentais (Lieberman & others, 1985). Em margens gengivais - dentina ou cimento - há maior tendência para ocorrer microinfiltração quando comparada às margens em esmalte nas restaurações em compósitos (Davidson, De Gee & Feilzer, 1984).

Um outro ponto importante a ser considerado, quando se avalia microinfiltração, são as mudanças de temperaturas que ocorrem na cavidade bucal. Essas alterações térmicas geram tensões, ocasionando o rompimento da união dente/restauração devido às diferenças do coeficiente de expansão térmico-linear entre compósitos e dente. (Chohayeb, 1992). Um dos objetivos da termociclagem é simular essas alterações que ocorrem na cavidade bucal tornando também os trabalhos *in vitro* mais eficientes (Bauher & Henson, 1985; Chan & Jones, 1994; Crim & Garcia-Godoy, 1987; Crim, Swartz & Phillips, 1985; Hembree & Taylor, 1984; Holtan, 1993; Kidd, 1976; Welsh & Hembree, 1988), induzindo as restaurações ao envelhecimento.

A contração de polimerização, observada nos materiais resinosos, é outro fator que pode levar a um aumento de infiltração na região cervical (Eakle, 1986; Lai & Johnson, 1993). Uma adequada polimerização é fundamental para se obter ótimas propriedades físicas e clínicas em restaurações realizadas com resinas compostas. Os problemas associados com inadequada polimerização incluem propriedades físicas inferiores, solubilidade no meio bucal e irritação pulpar (Kidd, 1976; Torstenson & Brannstrom, 1988).



A maioria das restaurações diretas em resinas compostas, tanto em dentes anteriores quanto posteriores, é realizada com compósitos fotoativados e, estes, segundo a teoria universal aceita, contraem em direção à fonte de luz (Lutz, Krejci & Oldenburg, 1986; Versluis & others, 1996; Versluis, Tantbirojn & Douglas, 1998). No entanto, contração de polimerização não depende apenas da luz, também é dependente da cavidade, distribuição e tipo de carga inorgânica e grau de conversão (Versluis, Tantbirojn & Douglas, 1998). A luz halógena convencional, apesar de ser eficiente para polimerização de compósitos, faz com que estes ainda requeiram fotoativação incremental, polimerizando-se por 40 a 60 segundos cada incremento e com limitação de cura à profundidade de 2 a 2,5 mm (Yap & others, 2000).

Com o desenvolvimento de novas tecnologias em busca de soluções na terapêutica odontológica, os lasers, já amplamente utilizados por outras especialidades físicas e biológicas, vêm conquistando espaço cada vez maior na odontologia. O laser de Argônio é um laser com comprimento de onda de 470 a 514 nm, sendo emitido de modo contínuo ou pulsátil, liberando um feixe de luz verde-azulado no espectro visível, tendo meio ativo gasoso, com potência de 1 a 10 W, aceitando fibra ótica, o que facilita o seu manuseio na cavidade bucal. Este laser, absorvido pela hemoglobina e melanina, é utilizado em oftalmologia, dermatologia e vem sendo pesquisado e utilizado também na área odontológica. Em 1989, Powell & others demonstraram que o laser de Argônio era indicado para polimerização de compósitos, levando menos tempo na polimerização (Kelsey & others, 1989; Blankenau & others, 1991; Vargas, Cobb & Schmit, 1998) e

promovendo adequada adesão dos materiais ao esmalte e à dentina. O uso deste laser pode ser uma alternativa para a cura de resinas compostas, pois apresenta propriedades físicas superiores, tais como: maior resistência à adesão, maior extensão e profundidade de cura, maior resistência à compressão, aumento da resistência à tensão diametral, maior resistência à flexão e diminuição na sensibilidade pós-operatória (Kelsey & others, 1989; Blankenau & others, 1991; Puppala, Hedge & Munshi, 1996; Vargas, Cobb & Schmit, 1998).

Na cura de compósitos, o laser de Argônio deve ter um feixe de comprimento de onda específico, correspondente ao pico de absorção da canforoquinona (entre 470 nm e 489 nm), que está presente na amina orgânica, resultando na formação de radicais livres para iniciar a reação de polimerização.

Uma relação linear entre intensidade de luz e contração de polimerização tem sido demonstrada (Sakaguchi, Douglas & Peters, 1992). A razão da contração do compósito fotoativado por luz é mais alta durante 30 a 40 segundos do início da reação de endurecimento (Sakaguchi, Douglas & Peters, 1992). Este fato é clinicamente significativo, porque a integridade da interface dente/restauração é rapidamente desafiada durante a fase precoce da polimerização, quando a adesão entre o tecido duro e o compósito ainda é finalizada. A redução da intensidade da luz polimerizadora pode permitir uma redução da tensão de contração de polimerização na restauração, ou uma mudança na fonte pode contribuir para uma integridade marginal mais favorável (Versluis & Tantbirojn, 1999; Suh, 1999).

Devido à necessidade de minimizar os fatores que levam à microinfiltração, vários aspectos devem ser avaliados. Assim, o propósito deste trabalho é observar o comportamento de cavidades circulares classe V em 114 terceiros molares, restauradas com compósitos odontológicos de diferentes composições e indicações, comparando-se a polimerização convencional, lâmpada halógena e a polimerização com laser de Argônio, através da análise qualitativa da infiltração marginal em esmalte e dentina/cimento.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. METODOLOGIA

Em 1969, Guzman, Swartz & Phillips, utilizando isótopos radioativos, avaliaram os efeitos da variação térmica na adaptação marginal de quatro materiais. Foram utilizados dentes humanos recém-extraídos que receberam restaurações classe V, no terço médio das superfícies vestibulares. Os materiais restauradores empregados foram amálgama de prata (com e sem verniz cavitário), cimento de silicato, resina convencional de polimetacrilato e resina epóxica reforçada. A adaptação marginal de cada restauração foi medida após estocagem em água por períodos de uma semana, um mês e três meses, submetendo as restaurações à solução contendo cálcio radioativo. O grau de penetração dos isótopos, ao longo da interface dente/restauração, foi medido através de autoradiografias. Foram realizadas vinte e sete restaurações, sendo que nove não eram submetidas à ciclagem térmica, servindo como controle, nove eram submetidas a 50 ciclos térmicos e o restante a 500 ciclos térmicos. Os resultados demonstraram que a microinfiltração ao redor das restaurações de amálgama aumentou quando as mesmas foram submetidas a 500 ciclos térmicos. Os espécimes avaliados, após três meses, mostraram bom selamento, não afetado pela ciclagem. Restaurações de amálgama que receberam uma base de verniz cavitário mostraram pouca ou nenhuma infiltração, independentemente do tempo de avaliação e dos ciclos térmicos. O cimento de silicato e as resinas mostraram

considerável eficácia na avaliação de três meses e sua adaptação marginal não foi prejudicada pelas alterações térmicas empregadas.

Uma revisão sobre microinfiltração foi publicada em 1976, por Kidd. A autora relatou várias metodologias disponíveis para avaliação das propriedades de selamento das restaurações, dentre elas: uso de corantes, isótopos radioativos, ar pressurizado, bactérias, análise de nêutron ativado, cáries artificiais e microscopia eletrônica de varredura. Além disso, afirmou que testes de termociclagem têm sido freqüentemente incluídos nos delineamentos experimentais.

Com o objetivo de comparar dois métodos de avaliação da microinfiltração marginal, Crim & Mattingly , em 1981, utilizaram 40 pré-molares humanos, com cavidades classe V nas superfícies vestibular e lingual dos dentes restaurados com resina composta Concise, estocando-se os corpos-de-prova em água a 37<sup>o</sup>C, por uma hora e divididos em dois grupos: dentes mantidos em fuccina básica a 0,5%, a 37<sup>o</sup>C, por 25 horas ou ciclagem por 25 horas, em banhos contendo a mesma solução corante, consistindo cada ciclo em 4 segundos a 60<sup>o</sup>C e 23 segundos a 37<sup>o</sup>C . Os dentes foram seccionados e a infiltração marginal avaliada em microscópio com 20 vezes de aumento, através de escores. Foi observado, através dos resultados, que testes sem termociclagem não levam em consideração a diferença entre coeficientes de expansão térmico-linear do dente e da restauração. Os autores concluíram que, para se avaliar microinfiltração, testes utilizando termociclagem são mais eficientes.

Em 1984, Heembre & Taylor compararam a infiltração marginal de algumas resinas compostas híbridas e microparticuladas. O grupo controle foi restaurado

sem condicionamento ácido e sem sistema adesivo. No grupo teste foram feitos condicionamento ácido e aplicação do sistema adesivo previamente à inserção da resina composta. Os dentes foram termociclados (100 ciclos) e imersos em solução de isótopos ( $\text{Ca}^{45}$ ) por duas horas, para análise da microinfiltração. Os resultados indicaram que a infiltração marginal foi significativamente reduzida quando foram realizados condicionamento ácido do esmalte e aplicação de sistemas adesivos. Resinas de micropartículas apresentaram maior grau de infiltração marginal que resinas híbridas mesmo utilizando-se a técnica do condicionamento ácido.

Com a finalidade de comparar a eficácia de quatro técnicas de termociclagem, Crim, Swartz & Phillips, em 1985, utilizaram fuccina básica e isótopos ( $\text{Ca}^{45}$ ) como evidenciadores de microinfiltração. Dois sistemas de termociclagem com diferentes tempos de permanência em cada banho foram avaliados. O primeiro deles consistia em quatro banhos: 4 segundos em  $60^{\circ}\text{C}$ , 23 segundos em  $37^{\circ}\text{C}$ , 4 segundos em  $12^{\circ}\text{C}$  e 23 segundos em  $37^{\circ}\text{C}$ , num total de 1500 ciclos. O segundo sistema era composto de dois banhos: 30 segundos a  $60^{\circ}\text{C}$  e 30 segundos a  $12^{\circ}\text{C}$ , com 1500 ciclos. Após o preparo das cavidades classe V e procedimento restaurador, os corpos-de-prova foram selados com verniz. Dez dentes, com duas restaurações cada, foram aleatoriamente escolhidos para um dos seguintes métodos: 1A – primeiro sistema de ciclagem, com imersão em solução aquosa de fuccina em cada um dos quatro banhos; 1B – primeiro sistema de ciclagem, com imersão em água em vez corante, em cada um dos banhos; 2A – segundo sistema de ciclagem, com banhos em água, colocando-se

os espécimes em solução de tinta por 24 horas após a ciclagem ; 2B – segundo sistema de ciclagem com banhos em água, colocando-se os espécimes em solução aquosa de isótopos ( $\text{Ca}^{45}$ ) por duas horas. Os dentes foram preparados para avaliação produzindo auto-radiografias. Um terceiro método foi usado como controle, em que os corpos-de-prova não foram termociclados, nem imersos em tinta por 24 horas. Foram estabelecidos escores para análise da microinfiltração, tanto para esmalte, quanto para cimento. Os resultados obtidos não demonstraram diferença estatística entre as quatro técnicas de termociclagem, entretanto todos os procedimentos que envolvem termociclagem foram mais eficientes em demonstrar a microinfiltração do que os que não a utilizaram.

Também estudando microinfiltração, Welsh & Hembree Jr., em 1985, compararam quatro materiais restauradores utilizados em dentes anteriores. Como controle negativo foi utilizado o cimento de ionômero de vidro Fuji e a resina composta Concise como controle positivo. Foram utilizadas as resinas compostas e seus respectivos adesivos, Dent-Mat e Clearfil. Preparos cavitários classe V foram preparados na junção amelo-cementária e restaurados. Os dentes foram termociclados, permanecendo um minuto em água a  $4^{\circ}\text{C}$  e um minuto a  $58^{\circ}\text{C}$  por 100 ciclos, imersos por duas horas em solução de isótopos ( $\text{Ca}^{45}$ ), com pH 7, incluídos em polimetimetacrilato e colocados em filme periapical ultra-rápido por 17 horas, produzindo auto-radiografias. Foram feitos testes em intervalos de uma semana, 3 meses e 6 meses, sendo avaliados seis corpos-de-prova em cada intervalo de tempo. De acordo com o grau de infiltração, foram atribuídos escores de 0 a 4. Os resultados demonstraram maior infiltração na margem gengival em

dentina e cimento do que na margem incisal em esmalte. Além disso, as resinas compostas testadas, que utilizam adesivos recomendados para superfície de dentina/cimento, apresentaram grande infiltração. O cimento de ionômero de vidro não demonstrou diferença estatística significativa na infiltração marginal em todos os tempos observados.

Ainda em 1985, Bauher & Henson compararam a microinfiltração em restaurações realizadas em ouro, amálgama e resina composta. Cavidades classe V foram preparadas em 32 pré-molares humanos recém-extraídos. A fim de prevenir padrões diferentes de microinfiltração, cada espécime recebeu obturação retrógrada com amálgama, cobrindo-se raiz e coroa com esmalte para unha, deixando livres 2 mm circundantes à restauração. Os dentes foram parcialmente embebidos em resina acrílica de precisão e a ciclagem térmica foi realizada numa solução de tinta fluorescente aquosa, temperatura constante de 4 e 60° C por 25 ciclos, 1 minuto em cada. As coroas foram seccionadas e avaliadas em microcópio de luz ultravioleta. O grau de microinfiltração ao longo das paredes gengival, oclusal e axial foi anotado para cada material restaurador. Os resultados demonstraram não haver diferença estatística entre os materiais, entretanto a análise qualitativa dos dados demonstrou que restaurações em amálgama recém-inseridas apresentaram pior selamento das margens.

Eakle, em 1986, avaliou o efeito da ciclagem térmica, resistência à fratura e microinfiltração em 14 pré-molares extraídos por motivos ortodônticos e restaurados com resina composta. Cavidades MOD (mésio-ocluso-distal) foram preparadas e restauradas com Scotchbond/P-30, dividindo-se os dentes em dois



grupos. O grupo 1 foi submetido a 480 ciclos térmicos e corado com nitrato de prata por 4 horas. O grupo que não sofreu ciclagem térmica foi usado como controle. Os dentes foram fraturados numa máquina de teste universal. Os resultados mostraram decréscimo significativo na resistência à fratura dos dentes termociclados quando comparados ao grupo controle. A microinfiltração ocorreu extensivamente nos dois grupos, sugerindo que variações de temperatura podem reduzir a resistência à fratura e a contração de polimerização pode produzir uma microinfiltração clinicamente significativa, até mesmo antes da ciclagem térmica dos dentes.

Em 1987, Crim & Garcia-Godoy realizaram um experimento verificando a influência do tempo de estocagem e do número de ciclos na avaliação da microinfiltração. Foram realizadas cavidades classe V em superfícies vestibular e lingual de pré-molares humanos e as restaurações foram confeccionadas utilizando-se sistema adesivo/resina composta. Cinco dentes contendo 10 restaurações foram aleatoriamente selecionados de acordo com os seguintes métodos - 1 e 2: após procedimento restaurador, os dentes foram imediatamente submetidos a 100 e 1500 ciclos térmicos, respectivamente; 3 e 4: após procedimento restaurador, os dentes foram estocados em água por 24 horas à temperatura ambiente e submetidos a 100 e 1500 ciclos térmicos, respectivamente. Cada ciclo consistia em 23 segundos a 37<sup>0</sup>C e 4 segundos a 12<sup>0</sup>C . Os dentes foram imersos em fuccina básica por 24 horas, seccionados longitudinalmente e no sentido vestibulo-lingual, estabelecendo-se escores para margens oclusais e gengivais das restaurações, com a utilização de lupa

estereoscópica. Os resultados demonstraram não haver diferença estatística entre os corpos-de-prova ciclados imediatamente após o procedimento restaurador e os armazenados em água por 24 horas. Além disso, o número de ciclos não representou diferença estatística significativa.

Pashley, em 1990, fez algumas considerações clínicas sobre a infiltração marginal, relatando que a maioria dos materiais odontológicos permite a microinfiltração de bactérias e seus produtos até a dentina. Dessa forma, para a compreensão das conseqüências clínicas é necessário que características de permeabilidade da dentina sejam avaliadas. Quanto maior a exposição da dentina durante o preparo, maior o potencial para que ocorra microinfiltração. Quanto mais espessa for a dentina, menor sua permeabilidade: a dentina que cobre os cornos pulparens é mais permeável que a central. Da mesma forma, a que cobre as paredes axiais é mais permeável do que a radicular. Além da localização da dentina, número de túbulos dentinários e diâmetro dos túbulos, outro aspecto a ser observado é a presença ou não de *smear layer*. Quando esta lama dentinária é criada, debris são forçados para o interior de cada túbulo, formando *smear plugs*, que possuem normalmente 1 a 2  $\mu\text{m}$  e reduzem a permeabilidade dentinária, entretanto sua presença limita a resistência de adesão à dentina dos adesivos. Esses fatores devem ser sempre observados a fim de minimizar ao máximo conseqüências desagradáveis da microinfiltração como a sensibilidade pós-operatória e as cáries secundárias.

Prati & others, em 1990, realizaram estudo com objetivo de avaliar a eficácia do selamento marginal *in vitro* em restaurações de Classe V, na junção cimento-esmalte e a força de resistência adesiva de vários sistemas adesivos e compósitos. A efetividade do selamento foi estudada através da penetração de corante ao longo da margem superficial das restaurações, ao longo das paredes da cavidade de dentina e em direção à polpa. Boas correlações foram encontradas entre as avaliações, mas não houve nenhuma relação aparente com a força de resistência adesiva. Os autores sugerem que selamento marginal é mais influenciado pelas propriedades dos compósitos do que pelo sistema adesivo empregado. A análise da força adesiva indica somente o potencial adesivo dos materiais sem considerar os efeitos de contração do compósito na formação de fendas depois da reação de presa.

Chohayeb, em 1992, comparou microinfiltração em restaurações classe V feitas com cimento de ionômero de vidro ou resina composta associada a diferentes sistemas adesivos dentinários. As cavidades foram preparadas na junção cimento-esmalte de molares humanos extraídos. Os materiais foram inseridos de acordo com as instruções dos fabricantes. As amostras foram termocicladas, imersas em solução de nitrato de prata, seccionadas e submetidas à avaliação da microinfiltração através de uma escala. O sistema adesivo dentinário experimental demonstrou microinfiltração menos significativa que o cimento de ionômero de vidro, porém os demais sistemas adesivos e o ionômero de vidro apresentaram tendências similares de infiltração marginal.

Com o propósito de avaliar a integridade marginal de restaurações em compósitos após fadiga térmica, Davidson & Abdalla, em 1993, realizaram trabalho, utilizando 96 molares humanos com cavidades classe II restauradas com resina composta - Heliomolar, P-50 e Clearfil Photo Posterior, e também, uma base de ionômero de vidro fotoativado, Vitrebond. A integridade marginal foi avaliada através da penetração corante e observação em MEV (microscopia eletrônica de varredura) antes e depois da fadiga térmica e mecânica. O ensaio de fadiga mecânica não afetou de forma significativa a integridade marginal de amostras que foram restauradas com base de ionômero de vidro fotoativado. Por outro lado, restaurações que utilizaram sistema adesivo e resina composta sofreram deterioração marginal mais significativa. Os autores concluíram que o ionômero de vidro fotoativado pode proteger restaurações em resina composta, classe II, da deterioração marginal.

Utilizando a técnica de evidenciação por nitrato de prata, Holtan & others, em 1993, avaliaram a microinfiltração dos adesivos dentinários Scotchbond Multiuso, All Bond 2, Syntac, X-R Bond e Scotchbond 2. Duas restaurações circulares classe V, localizadas metade em esmalte, metade em cimento, foram realizadas em superfícies opostas de cada dente, servindo uma como controle e a outra recebendo um dos materiais testados. Após a aplicação dos adesivos, as cavidades foram restauradas com a resina Sillux Plus, em dois incrementos. Terminado o procedimento restaurador, os dentes foram submetidos a 500 ciclos térmicos, sendo 1 minuto à temperatura de 5<sup>o</sup>C e 1 minuto a 55<sup>o</sup>C. Os dentes foram imersos em nitrato de prata a 50%, por 2 horas, no escuro. Cada

restauração foi seccionada longitudinalmente, a partir do centro. A microinfiltração ao longo das margens foi avaliada através de estereomicroscopia. Os resultados demonstraram que o Scotchbond Multiuso, o Syntac e o All-Bond 2 tiveram menores valores de microinfiltração do que o controle (Scotchbond). Já o X-R Bond não apresentou diferença estatística significativa quando comparado ao controle. Ao comparar esses resultados com outros trabalhos que avaliaram os mesmos adesivos, mas que empregavam testes de cisalhamento, os autores não encontraram correlação significativa. Concluíram que somente testes de cisalhamento não são suficientes para que o clínico decida por um ou outro adesivo dentinário e que os resultados de microinfiltração também devem ser considerados.

Chan & Jones, em 1994, avaliaram a importância da ciclagem térmica na microinfiltração de eosina em vários materiais restauradores, colocados em superfícies radiculares. Foram usados 20 pré-molares e restaurações classe V foram preparadas na porção radicular vestibular, mesial, distal e lingual. Cada cavidade recebia um material restaurador diferente, escolhido aleatoriamente. Os materiais restauradores empregados foram amálgama (ANA 2000), cimento de ionômero de vidro (Ketac-Fil), adesivo dentinário (Tripton/Opalux e Gluma/Pekalux). Após a inserção dos materiais, os dentes foram divididos em dois grupos: um submetido à termociclagem e outro mantido à temperatura constante. O grupo 1 recebeu 150 ciclos térmicos de 45<sup>o</sup>C (1 minuto) , 37<sup>o</sup>C (4 minutos) , 15<sup>o</sup>C (1 minuto) e 37<sup>o</sup>C (4 minutos) enquanto que o grupo 2 permaneceu em temperatura constante. Os dentes foram imersos em eosina a 5% por uma hora.

Os resultados mostraram que o Ketac-Fil apresentou maior infiltração do que o Gluma/Pekalux. Quando os grupos 1 e 2 foram comparados, não houve diferença significativa entre o grau de microinfiltração associado aos materiais restauradores, independentemente da temperatura a que foram expostos. Os autores concluíram que todos os materiais estudados apresentaram potencial para microinfiltração. A eosina foi capaz de discriminar a microinfiltração entre os quatro tipos de materiais. A ordem de quantidade de microinfiltração entre os materiais variou de acordo com o regime de temperatura adotado.

Gwinnett & Yu, em 1994, avaliaram a resistência adesiva em dentina de quatro sistemas adesivos, ART Bond, Optibond dual cure, PUB 3 (prisma Universal bond 3) e Scotchbond MP, utilizando a força coesiva de dentina como controle e avaliando a infiltração e presença de fendas na interface dente/restauração. Os resultados mostraram haver diferença estatística significativa entre o grupo PUB 3 e os demais adesivos. Todos os sistemas adesivos utilizados diferiram estatisticamente do grupo controle em dentina, porém os grupos estudados não apresentaram infiltração de corante e a presença de fendas foi similar para todos os grupos, com exceção do PUB 3 que apresentou maior tendência à formação de fendas.

Em 1996, Dèjou, Sindres & Camps propuseram estudo para verificar e comparar os métodos estatísticos empregados para avaliar a eficiência de selamento *in vitro* de sistemas adesivos restauradores. Foram utilizados, nesse estudo, 260 pré-molares humanos recentemente extraídos, divididos aleatoriamente em 13 grupos. Cavidades foram preparadas de maneira

padronizada e os dentes restaurados com 13 sistemas restauradores, termociclados e imersos em solução de fuccina básica a 0,5% por 24 horas e logo em seguida, foram embebidos em resina epóxica e seccionados. Cinco critérios de avaliação foram relatados: média, mediana e a modalidade dos dados medidos em cada dente, medida máxima da penetração de corante e porcentagem dos dentes em cada grupo sem nenhuma penetração de corante. Os resultados mostraram não haver diferença estatística entre os subgrupos, embora o resultado obtido foi maior quando o critério selecionado foi a penetração máxima de corante (6 subgrupos) ou a porcentagem de dentes sem nenhuma penetração de corante (5 subgrupos) do que quando o critério foi mediana (3 subgrupos), modalidade ou média (4 subgrupos). A posição dos 13 sistemas restauradores estabelecida a partir dos cinco critérios foi diferente. Os resultados destes estudos *in vitro* da penetração de corante devem ser considerados como comparações e não como conclusões absolutas. A penetração máxima de corante medida em cada dente permite a análise estatística adequada dos resultados e parece ser o melhor critério de avaliação.

Numa revisão de literatura, Alani & Toh, em 1997, relataram várias técnicas usadas nos estudos de microinfiltração para avaliar propriedades de selamento dos materiais restauradores, tanto *in vitro* como *in vivo*. Os estudos *in vitro* incluem o uso de corantes, evidenciadores químicos, isótopos radioativos, pressão de ar, bactérias, análise de nêutron ativado, microscopia eletrônica de varredura, técnicas de indução artificial de cáries e condutibilidade elétrica. Os autores reforçaram a idéia de que nas margens das restaurações ocorre processo

dinâmico de microrrachaduras que contêm tráfego conturbado de íons e moléculas. Além disso, afirmaram que o uso de corantes orgânicos como indicadores de microinfiltração é um dos métodos mais antigos e comuns na detecção da microinfiltração *in vitro*. Em geral, esse método envolve inserção de restauração em dente extraído e imersão do mesmo na solução de corante, após a proteção de todo o restante do dente com verniz à prova d' água. Após intervalo de tempo, o espécime é removido, lavado, seccionado anteriormente ao seu exame visual, que estabelece a extensão da penetração da tinta ao redor da restauração. A literatura demonstrou que há vários tipos corantes: anilina azul, violeta cristal, fluoresceína, eosina, azul de metileno, fuccina básica e eritrosina. Suas concentrações variam de 0,5 a 10% , enquanto que o tempo de imersão dos espécimes varia de 4 a 72 horas. O uso de corantes apresenta como vantagens a possibilidade de detecção em soluções com concentrações diluídas, sendo método barato e não tóxico. Ao compararem métodos de avaliação de microinfiltração, os autores concluíram que nenhum deles é ideal, entretanto suas vantagens e desvantagens devem ser observadas e adequadas às condições de trabalho.

Num estudo de revisão, Gale & Darvell, em 1999, discutiram a validade da termociclagem em estudos laboratoriais, como penetração de corante, força de resistência adesiva, força de tração, discutindo número de ciclos e temperaturas utilizadas, na tentativa de simular o ambiente da cavidade bucal. As mudanças de temperatura utilizadas raramente têm sido substanciadas com medições de temperatura feitas *in vivo* e variam consideravelmente entre os trabalhos



existentes na literatura. O autor relata que deveria haver existência de justificativa e padronização para os regimes de temperaturas e ciclos na realização desses trabalhos. Uma avaliação de estudos descrevendo mudanças de temperatura em dentes *in vivo* é seguida por análise de vários estudos de laboratório de ciclagem térmica, sendo que a variação de regimes utilizados foi grande, dificultando a comparação dos trabalhos. Estudos e testes de termociclagem foram freqüentemente contraditórios, mas geralmente houve aumento de infiltração devido à fadiga térmica, embora nunca tenha sido demonstrado que esses testes são relevantes para falhas clínicas. Entretanto, se isto for feito, o regime padronizado seria definido: 35<sup>o</sup>C (28 s), 15<sup>o</sup>C (2 s), 35<sup>o</sup>C (28s), 45<sup>o</sup>C (2 s). Os autores concluíram que uma estimativa provisória de aproximadamente 10 000 ciclos térmicos por ano é sugerida. As alterações térmicas são válidas quando o adesivo utilizado é confiável, mas isto não é o caso da maioria dos materiais restauradores atuais.

## **2.2. FOTOPOLIMERIZAÇÃO / COMPÓSITOS**

Davidson, de Gee & Feilzer, em 1984, publicaram trabalho com o objetivo de avaliar o desenvolvimento da resistência adesiva dentina/resina composta em relação a tensões geradas durante contração de endurecimento em função do tempo de polimerização. Foram testadas uma resina composta quimicamente ativada, Silar e uma fotoativada, Silux Plus e o adesivo dentinário Scotchbond. Foi utilizado modelo linear para a realização do teste de tração. Durante todo o processo de polimerização, a adesão não foi atingida pela fadiga, fato explicado

pelo relaxamento do fluxo, que pode ocorrer neste tipo de configuração. No modelo tridimensional, os compósitos são unidos a mais de duas paredes de dentina. Nesta situação, o fluxo é severamente limitado e os valores de tensão podem exceder a força de união, conduzindo à ruptura. Em cavidades classe V devemos considerar o tipo e forma de cavidade para preservação da união compósito/dente.

Torstenson & Brannstrom, em 1988, realizaram estudo em que avaliaram o comportamento de restaurações em resina composta sob alterações térmicas. Foram avaliadas restaurações estocadas em água destilada e a formação de fendas. Os resultados demonstraram que a largura das fendas não mudou quando exposta ao calor e a exposição ao frio aumentou a largura da fenda em aproximadamente 5  $\mu\text{m}$ . Com esta técnica, grande redução da fenda foi encontrada para Silare e para Palfique e nenhuma penetração ocorreu em 12 das 19 restaurações. Os autores concluíram que o uso de uma camada fina de base poderia resolver problemas de hipersensibilidade e infecções na região da fenda.

Kelsey & others, em 1989, realizaram estudo para comparar as propriedades físicas da resina Silux Plus (micropartícula) e P-50 (híbrida) polimerizadas com lâmpada halógena e laser de Argônio. Todas as propriedades físicas para as duas resinas compostas foram superiores com a polimerização através do laser de Argônio. Os autores concluíram que a polimerização com laser de Argônio é mais vantajosa que a com lâmpada halógena pois melhoram as propriedades físicas desses materiais, mesmo com redução do tempo de polimerização.

Chung & Greener, em 1990, propuseram estudo para avaliar o grau de conversão, a concentração de partículas inorgânicas e as propriedades mecânicas de sete resinas compostas posteriores fotoativadas. Os compósitos utilizados foram: Marathon, Ful-fil, P-30, Estilux, Sinterfil, Occlusin e Bis-fil I. O grau de conversão dos compostos variou de 43,5 a 73,8%. A fração do peso da carga da resina composta obtida variou de 66,4 a 85,2%. A fração do volume variou de 58,2 a 74,2%. Os valores médios das forças de compressão e tração diametral observadas variaram de 242,3 a 324,7 MPa e de 39,8 a 62,6 MPa, respectivamente. Os números de dureza Knoop variaram de 41,8 a 81,9. Os autores concluíram que houve correlações significativas entre a fração do volume de carga e resistência à tração diametral, e entre a fração do volume de carga e o número de dureza Knoop. Nenhuma correlação foi encontrada entre o grau de conversão e alguma das propriedades mecânicas das resinas compostas testadas. Devido às correlações positivas entre a fração do volume de carga e da força de tração diametral, e entre a fração do volume de carga e dos números de dureza Knoop, os autores concluíram que a concentração da carga do compósito tem um papel proeminente para determinar as propriedades das resinas compostas posteriores contemporâneas.

Blankenau & others, em 1991, compararam o grau de polimerização de resinas compostas polimerizadas com laser de Argônio e lâmpada halógena. As resinas testadas foram Silux Plus e P-50 e o grau de conversão foi medido pela extração dos monômeros não polimerizados através de cromatografia líquida. Um maior grau de polimerização foi observado na resina composta Silux Plus

polimerizada com laser de Argônio. A resina P-50 obteve resultados semelhantes ou ligeiramente superiores com a polimerização a laser, porém sem apresentar diferença estatística significativa.

Lai & Johnson, em 1993, testaram a contração de polimerização de compósitos fotoativados através de dilatômetro preenchido com água, projetado especificamente para esse fim. Foram testados três compósitos fotoativados, P-50, Herculite XRV e Prisma APH. Os dados obtidos da contração de polimerização desta investigação foram comparados com dados publicados, sendo revistos os fatores que afetaram as medições de contração. A contração de polimerização depende do monômero, seu peso molecular, grau de conversão e quantidade presente no compósito. Os autores concluíram que a manutenção de um ambiente de temperatura constante para o dilatômetro durante o teste de contração foi o fator mais crítico para a utilização bem sucedida deste aparelho. Concluíram também que a contração de polimerização dos compósitos avaliados no dilatômetro se correlaciona com o conteúdo de carga da resina composta.

Feilzer & others, em 1995, avaliaram a intensidade de luz na contração de polimerização e integridade marginal em cavidades classe V restauradas com compósito, Clearfil Lustre. A resina composta foi polimerizada com lâmpadas halógenas de intensidades diferentes, 250 e 650mW/cm<sup>2</sup>. A integridade marginal foi melhor preservada com intensidade de luz menor. Sugerem que o grau de conversão é dependente de outros fatores como tempo de exposição, tipo e cor da resina, e profundidade da restauração.

Em 1996, Anseth & others publicaram estudo com o objetivo de avaliar vantagens e desvantagens de alguns co-monômeros que poderiam aumentar a conversão de ligações duplas e reduzir a contração de polimerização, ao mesmo tempo manter a resistência mecânica da cadeia. Durante a polimerização de monômeros multifuncionais para restaurações dentais, as conversões de ligações duplas finais variam de 55 a 75%. A baixa conversão resulta em quantidade grande de monômeros livres, reduzida adesão à partícula de carga, e aumento do potencial e absorção. Uma série de monômeros foram utilizados neste estudo, DEGDMA (dietilenoglicol dimetacrilato), TEGDMA (trietilenoglicol dimetacrilato), PEG200DMA (polietilenoglicol 200 dimetacrilato), PEG600DMA (polietilenoglicol 600 dimetacrilato). Esses materiais foram escolhidos como sistema modelo para determinar se a composição do copolímero afeta a conversão final, as propriedades mecânicas e a contração. Os resultados demonstraram que a conversão final pode ser significativamente aumentada, a contração diminuída e as propriedades mecânicas mantidas. Encontrou-se que até 30% em peso de PEG600DMA puderam ser adicionados ao DEGDMA sem se reduzir a força de união e aumentando a conversão. Os resultados para outras combinações de co-monômeros foram similares.

Carvalho & others, em 1996, publicaram revisão sobre os fatores que poderiam afetar a contração de polimerização das resinas compostas, rompendo a interface adesiva. Discutiram que a fadiga poderia depender da configuração da cavidade, Fator C, uso de bases sob os compósitos, tamanho, tipo e posição dos incrementos da resina composta inserida na cavidade, e a forma de início da

polimerização da resina quimicamente ativada. Os autores concluíram que a fadiga gerada durante o processo de cura das resinas compostas em situações clínicas é bem mais complexa, mas que há um número de fenômenos e procedimentos que podem ser utilizados para reduzir as forças de contração de polimerização.

Puppala, Hegde & Mushi, em 1996, avaliaram a infiltração marginal em restaurações classe V curadas com laser de Argônio e lâmpada halógena. Foram utilizados 32 dentes anteriores decíduos e permanentes, livres de cáries e fraturas. A polimerização com laser de Argônio foi realizada por 10 segundos e com lâmpada halógena por 40 segundos. Os espécimes foram termociclados à temperatura de  $5^{\circ}\text{C}/55^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  num total de 100 ciclos térmicos. A infiltração marginal foi avaliada através de penetração de corante (azul de metileno a 2%) e isótopos ( $\text{P}^{32}$ ). Os resultados mostraram que o grau de infiltração marginal foi significativamente mais alto para o grupo polimerizado com laser de Argônio comparado à lâmpada halógena. As margens cervicais, em dentes decíduos e permanentes, mostrou significativamente maior grau de microinfiltração do que a margem incisal. O autor concluiu que a penetração de corante foi superior ao método dos isótopos.

Versluis & others, em 1996, realizaram estudo para avaliar a fadiga gerada durante a contração de polimerização. Os autores propuseram a definição de um modelo para determinar o efeito da técnica incremental na contração de polimerização. O desenvolvimento de áreas de tensão para diferentes técnicas

incrementais são simuladas através de uma análise numérica. A análise mostra que, em restauração com boa estabilidade adesiva, a técnica incremental aumenta a deformação do dente restaurado. Foram realizados quatro modelos clínicos de restaurações, usando a técnica incremental, para demonstrar seu efeito na fadiga durante a contração, sendo que cada restauração consistiu de quatro incrementos. Os autores concluíram que muitos fatores envolvidos durante o processo de polimerização podem afetar o resultado da contração de polimerização.

Bouschlicher, Vargas & Boyer, em 1997, propuseram trabalho com o objetivo de investigar o efeito do tipo de compósito, intensidade da luz, fator cavitário e da polimerização a laser na contração. Foram utilizadas três resinas compostas, Silar, Z-100 e Silux Plus. O tempo de exposição com a unidade de luz halógena foi de 40s /lado e para o laser 20s /lado. Os resultados mostraram que o compósito de cura química teve força mais baixa de contração de polimerização, enquanto as resinas compostas Silux Plus e Z-100 tiveram forças mais elevadas. A elevação na intensidade de luz aumentou a força máxima de contração na curva força/tempo. As forças máximas foram inversamente relacionadas ao fator cavitário e diretamente relacionadas ao volume do compósito em um sistema não rígido que permitisse concordância. A força máxima não foi significativamente diferente com as duas pontas de luz ativadora testadas. As forças obtidas com polimerização para os dois grupos de laser foram similares e estatisticamente mais baixas do que a luz halógena testada.

Nomoto, em 1997, propôs estudo para avaliar a influência do comprimento de onda na polimerização das resinas fotoativadas e definir o comprimento de

onda mais adequado, utilizando resina experimental e unidade de luz halógena com intensidade constante. Para selecionar o comprimento de onda foram usados filtros especiais. O espectro infravermelho das resinas curadas foi medido antes e depois da extração de monômeros residuais. O grau de conversão durante a polimerização foi calculado, estando o comprimento de onda mais adequado entre 450-490 nm. A absorção de canforoquinona afetou fortemente a polimerização, especialmente durante o estágio inicial. Entretanto, a polimerização não dependeu unicamente do comprimento de onda da luz, mas também da energia de exposição.

Peutzfeldt, em 1997, publicou revisão de literatura sobre os monômeros utilizados nas resinas compostas. A autora relatou que os sistemas mais comuns presentes nas resinas compostas são baseados no Bis-GMA (glicidil dimetacrilato) ou seus derivados. Os problemas mais comuns das resinas compostas são contração de polimerização e baixa resistência ao desgaste sob forças mastigatórias, fatores altamente influenciados pelos monômeros. Consideráveis esforços na tentativa de reduzir ou minimizar os efeitos indesejáveis desses materiais são estudados por muitos pesquisadores. A autora relatou ainda que o uso de aditivos nesses materiais poderia aumentar o grau de conversão das ligações duplas metacrilato e suas propriedades mecânicas, aumentando sua longevidade e expandindo suas indicações clínicas.

Davy & others, em 1998, relataram a síntese de uma série de monômeros preparados a partir da reação de vários ácidos isoméricos aromáticos dicarboxílicos (ftálico, isoftálico e tereftálico). Os monômeros obtidos dessa reação



eram líquidos, de baixa viscosidade e a relação entre viscosidade e estrutura molecular foi estudada. A existência da baixa viscosidade nesses monômeros contendo di-hidroxilas foi associada à ligação intramolecular do hidrogênio entre grupos susceptíveis nas moléculas dos monômeros. Esta viscosidade reduzida do monômero, comparada com o Bis-GMA permitiu redução na quantidade de diluente, TEGDMA, resultando em uma pequena diminuição da contração de polimerização comparado àquela exibida por soluções de Bis-GMA / TEGDMA de viscosidades equivalentes. Os autores concluíram que as características dos monômeros, propriedades mecânicas e contração de polimerização são comparáveis às formulações equivalentes de Bis-GMA.

Em 1998, Tarle & others realizaram estudo com o propósito de analisar o efeito da polimerização a laser pulsátil na qualidade das amostras de resina composta através da determinação do grau de conversão e contração de polimerização de diferentes compósitos híbridos: Valux Plus, Tetric, Pertac hybrid, em tonalidades clara e escura. Os resultados demonstraram diferença estatística significativa e os valores obtidos pelo grau de conversão com laser pulsátil foram mais elevados que os obtidos pelo aparelho Heliolux GTE. Todos os compósitos de cores claras apresentaram maior grau de conversão que os de cores escuras, no mesmo material. Os valores de contração de polimerização foram significativamente menores no caso da fotopolimerização com laser pulsátil para todos os materiais e cores testados.

Vargas, Cobb & Schmit, em 1998, propuseram estudo com o objetivo de avaliar *in vitro* a polimerização de resinas compostas utilizando laser de Argônio e

lâmpada halógena. Foram utilizados dois compósitos, Silux Plus e TPH. Cinco corpos-de-prova de cada grupo foram confeccionados, injetando-se o material em uma matriz de teflon. Os corpos-de-prova foram polimerizados por 40 segundos com lâmpada convencional, e 30, 20, 10 segundos com laser de Argônio. Os espécimes foram armazenados em recipiente sem luz a 37<sup>o</sup>C para posterior determinação da dureza Knoop. Os resultados mostraram não haver diferença estatística significativa na leitura de dureza para a resina composta microparticulada e a híbrida. Para a resina de micropartícula, os valores de dureza obtidos pela polimerização de 30 e 40 segundos foram mais significativos que 20 e 10 segundos. Com 10 segundos de polimerização, o compósito não apresentou uma dureza adequada. O compósito híbrido apresentou resultados comparáveis nos tempos de 20, 30 e 40 segundos. O autor concluiu que a polimerização com lâmpada convencional e laser de Argônio são semelhantes e que o uso do laser reduz o tempo de polimerização das resinas compostas.

Versluis, Tantbirojn & Douglas, em 1998, propuseram estudo para analisar o vetor de contração para resinas fotopolimerizadas e auto-curadas e verificar a teoria universal de que os compósitos contraem em direção à luz. Foi utilizada resina Z-100, cor amarelo-opaca. Foram avaliadas a penetração da luz fotopolimerizadora, profundidade de cura e medida de tensão na fase pós-gel. Para avaliação da penetração da luz, foram confeccionadas cavidades classe V em incisivos bovinos e a avaliação foi feita através de radiômetro com guia de luz. Para o ensaio de profundidade de cura, as amostras foram polimerizadas por 60 segundos em diferentes intensidades de luz. Foram feitas cinco leituras de dureza

com uma carga de 25g por 10 segundos. No ensaio de medida de tensão, o compósito foi colocado em medidor de tensão bi-axial e fotopolimerizado por 60 segundos. Uma segunda luz foi aplicada, depois de 5 minutos, bem acima da cura inicial. Os autores concluíram que a contração de polimerização é resultado de parâmetros complexos, que incluem o tipo de cavidade, sistemas adesivos e o tipo de polimerização. A análise mostrou que a direção de contração não foi significativamente afetada pela orientação da luz e sim pela qualidade do adesivo e superfícies livres.

Estudos recentes questionam o conceito de que as resinas compostas fotoativadas contraem em direção à fonte de luz, concluindo que a contração de polimerização é dependente de outros fatores como fator cavidade e qualidade do sistema adesivo. Asmussen & Peutzfeldt, em 1999, realizaram estudo para investigar o sentido da contração de polimerização de resinas compostas fotoativadas, com relação à adesão e espessura do material. A resina composta foi aplicada, em excesso, em moldes metálicos cilíndricos. Os espécimes foram polimerizados e sua convexidade ou sua concavidade medidas. Na espessura de 3 mm, a contração ocorreu em direção à fonte de luz, independentemente da posição do raio luminoso. Em 4 e 5 mm de espessura, o sentido da contração podia ser dirigido para a fonte de luz ou afastado dela, dependendo da posição da fonte de luz polimerizadora. A quantidade de luz emitida da fonte que passou através do material foi comparado com o número das moléculas de canforoquinona presentes na resina composta em 3, 4, ou 5 mm de espessura. Os autores concluíram que, sob as condições do estudo, o sentido da contração foi o

resultado de uma ação recíproca entre o sentido da luz e da espessura do material.

Em 1999, Christensen & others publicaram artigo em que testaram a efetividade de 14 métodos de polimerização em seis resinas compostas (Bisfill II, Heliomolar RO, Herculite XRV, Z100, Silux Plus e TPH Spectrum). Foram utilizados 2 lasers, 7 aparelhos de luz halógena e 5 aparelhos com lâmpada de Xenônio. Avaliou-se a contração de polimerização, módulo de elasticidade, geração de calor, tração dos materiais testados. Os resultados mostraram que o efeito das fontes de luz não foi estatisticamente significativo mas sim a formulação das resinas. As resinas de micropartículas tiveram menor contração de polimerização e módulo de elasticidade. As resinas compostas auto-curadas tiveram contração de polimerização e módulo de elasticidade igual ou maior que as resinas híbridas testadas. O laser e a lâmpada de Xenônio produziram um aumento de calor superficial acima de 21<sup>o</sup>C, dentro das restaurações acima de 14<sup>o</sup>C e a luz halógena produziu maior aumento de temperatura dentro da câmara pulpar, acima de 2<sup>o</sup>C. Os autores concluíram que nenhum tipo de polimerização foi capaz de eliminar o problema de contração gerado pelos compósitos e que problemas na composição das resinas foram mais significativos para a formação de defeitos causados pela polimerização do que o tipo de luz utilizada.

Ferracane, Choi & Condon, em 1999, avaliaram o desgaste *in vitro* de algumas resinas compostas compactáveis, comparando-as com resinas compostas para dentes posteriores. Foram testadas cinco resinas compostas compactáveis fotoativadas, Alert, Pyramid esmalte e dentina, Solitaire, Surefil, e

dois compósitos para dentes posteriores, Heliomolar e Z-100, que foram utilizados como controle. Os corpos-de-prova foram confeccionados em uma matriz metálica, sendo os compósitos de alta viscosidade condensados para melhor adaptação do material. Os espécimes foram polimerizados por 40 segundos através de um aparelho fotopolimerizador. Os corpos-de-prova foram armazenados por 24 horas em água a 37 °C antes de receberem o polimento superficial. As amostras foram submetidas ao ensaio de desgaste superficial em uma máquina simuladora de desgaste. Os resultados mostraram que a resina composta Solitaire obteve significativamente os valores mais altos de desgaste à abrasão do que os demais compósitos. Não houve diferença na profundidade de abrasão para as resinas compostas compactáveis Pyramid esmalte, Alert e Surefil, e todas foram estatisticamente similares às resinas híbridas Heliomolar e Z-100. A resina composta Pyrmid dentina obteve os maiores valores de resistência à abrasão. Os autores concluíram que as resinas compostas compactáveis podem oferecer alguns benefícios clínicos, como manipulação e inserção do material, mas elas não oferecem melhorias significativas no desempenho clínico, comparadas às resinas compostas híbridas, baseando-se nas suas características de desgaste.

Fleming & Maillet, em 1999, publicaram artigo em que discutiram vantagens e desvantagens do uso do laser para polimerização de resinas compostas comparadas à lâmpada halógena. O laser de Argônio não emprega o uso de filtros como a lâmpada halógena, é uma luz monocromática de alta intensidade enquanto a luz halógena é policromática de baixa intensidade. O laser possui

propriedades que favorecem sua utilização: é uma luz colimada e coerente e seu comprimento de onda é específico, favorecendo a polimerização das resinas compostas. Os autores relatam que menores quantidades de monômeros não polimerizados são encontrados nas resinas compostas polimerizadas com laser de Argônio, além de propriedades físicas superiores, o laser de Argônio requer menos tempo de fotopolimerização comparado à luz halógena. Apesar de inúmeras vantagens, os autores descrevem algumas desvantagens do uso do laser, como aumento na quantidade de calor, além de ser um aparelho de alto custo e de grande porte. A luz emitida pelo laser pode ser absorvida, transmitida, espalhada ou refletida pelos tecidos, podendo causar algum prejuízo aos tecidos adjacentes se utilizado de maneira inadequada. Os autores concluíram que a utilização de um ou outro método de polimerização podem ser usados, mas o profissional deve fazer uma crítica avaliação da literatura atual antes de tomar a decisão.

O objetivo do trabalho publicado por Manhart & others, em 1999, foi avaliar as propriedades mecânicas e o comportamento do desgaste de resinas compostas fotoativadas compactáveis. Foram avaliados o módulo de elasticidade, a resistência flexural, a resistência à fratura, a resistência ao desgaste de três compósitos compactáveis, Solitaire, Surefil, Alert; e uma cerâmica organicamente modificada, o Definite, em comparação a um composto híbrido avançado, Tetric Ceram, e um compósito com liberação de íons, Ariston pHc. Os resultados mostraram que a resina composta Alert exibiu o módulo de elasticidade mais alto e a mais baixa resistência ao desgaste. A resina composta Solitaire apresentou a

mais alta resistência ao desgaste porém valores significativamente mais baixos de resistência flexural e módulo de elasticidade do que todos os outros materiais. A resina composta Surefil revelou valores de módulo de elasticidade e resistência ao desgaste significativamente mais altos que Tetric Ceram e Ariston pHc. Os autores concluíram que as resinas compostas compactáveis testadas diferiram significativamente em suas propriedades mecânicas, sugerindo que a resistência à fratura e ao desgaste são altamente influenciados pelo seu tipo de carga. A resina composta Surefil demonstrou bons parâmetros de fratura mecânica e baixo desgaste.

Sakaguchi, em 1999, publicou revisão de literatura sobre os mecanismos de cura de compósitos e sua importância em procedimentos clínicos restauradores. Discutiu a reação de endurecimento das resinas compostas, através da conversão de grupos insaturados ou a ruptura das ligações duplas em ligações simples. Durante a cura desses materiais há encurtamento da cadeia polimérica, resultando na contração de polimerização. O autor descreveu ainda métodos usados para medir a tensão e a fadiga dos compósitos. Concluiu que alguns métodos para medir a contração na fase pós-geleificação não são claros e podem não medir toda a deformação desta fase. Chegou ainda à conclusão de que os dados de medida de tensão são difíceis de serem interpretados e que a literatura não mostra uma boa correlação entre os métodos.

Suh, em 1999, publicou revisão sobre fatores que poderiam causar ou minimizar a contração de polimerização dos compósitos fotoativados. A contração de polimerização das resinas compostas induz tensão na superfície adesiva

dente/restauração. Essa tensão pode ser controlada pelo método de polimerização do pulso tardio. O desenvolvimento de novos compósitos mudou as exigências de energia para se obter uma boa polimerização. A energia total requerida para uma melhor polimerização foi reduzida e a taxa em que a energia é utilizada pode ter grande efeito nas propriedades finais da restauração. Compósitos mais recentes podem empregar diferentes fotoiniciadores, tornando a emissão de luz um fator importante para propriedades finais da restauração. O autor sugere que as bulas dos compósitos deveriam conter: indicações da energia total requerida; especificação do pulso atrasado, se possível, e a faixa espectral requerida para a emissão da lâmpada usada na polimerização.

Unterbrink & Leibenberg, em 1999, publicaram revisão de literatura e recomendações clínicas das resinas compostas *flowable*. Os autores discutem que a fadiga gerada pela contração é significativamente influenciada por diversos fatores, principalmente pela geometria da cavidade. O módulo de elasticidade também é crítico pois envolve outras variáveis como, tipo e conteúdo de monômero, sistema catalisador e intensidade de luz; um alto módulo de elasticidade ou uma rápida polimerização podem levar a um aumento da fadiga durante a contração no processo de polimerização. Sugerem que o uso de um sistema único adesivo/primer em dentina associado a resina composta *flowable* poderia solucionar muitos problemas das resinas compostas.

Em 1999, Versluis & Tantbirojn publicaram estudo fazendo algumas considerações teóricas sobre a fadiga produzida durante a reação de endurecimento dos compósitos. A contração de polimerização das resinas



compostas gera tensões na interface das restaurações levando a grande preocupação clínica, pois causa o aparecimento de microinfiltração, fendas e sensibilidade pós-operatória. A fadiga produzida durante a contração das resinas compostas depende do módulo de elasticidade, tipo de cavidade e sistema adesivo. Analisam a reação de endurecimento dos compósitos, como tipo de contração - volumétrica e linear, fase pré e pós-gel da reação de presa e distribuição uniforme ou não da contração. Concluíram que a combinação de técnicas experimentais e modelos teóricos melhoram nosso entendimento e nos permitem encontrar bases científicas para procedimentos clínicos e direção para outros trabalhos.

Condon & Ferracane, em 2000, publicaram trabalho com o objetivo de avaliar a redução nos níveis de tensão em compósitos durante a sua polimerização. Foram avaliadas onze marcas comerciais de compósitos, Durafill VS, Epic TMPT, Litefil ILA, Heliomolar, Fulfil, Prisma TPH, Estelite, Herculite, Charisma, Tetric e Bisfil 2; e resinas compostas experimentais especialmente formuladas com um monômero altamente funcional MSAA (álcool alil estireno) associado ao Bis-GMA. Confeccionaram-se cinco corpos-de-prova para cada material testado, medindo-se a tensão durante a polimerização dos compósitos. Os resultados mostraram valores significativamente menores de tensão para as resinas compostas Epic TMPT, Litefil ILA, Durafill VS e Heliomolar. Para resinas experimentais, os resultados mostraram que altos níveis de MSAA podem produzir diminuição na tensão de contração comparadas com o controle, Bis-GMA 100%. Concluíram que compósitos com níveis menores de partículas de carga inorgânica

e modificações na química dos compósitos tradicionais podem produzir menores níveis de tensão durante a contração de polimerização.

Yap & others, em 2000, investigaram mudanças dimensionais após a polimerização de resinas compostas e resinas modificadas por poliácidos, estocadas em água e ar por períodos de tempo pré-determinados. Os resultados mostraram que a reação de polimerização tanto das resinas compostas quanto das modificadas por poliácidos foram acompanhadas de alterações dimensionais. O grau de contração para ambos materiais foi maior durante a reação de polimerização, mas continuou mesmo depois da remoção do aparelho de luz. Quando estocados em água, a contração foi mais elevada nas primeiras horas para os dois materiais. Após um mês de estocagem em água, a resina modificada por poliácido teve significativamente menor contração que a resina composta.

### **3. MATERIAIS E MÉTODO**

#### **3.1. DELINEAMENTO**

FATORES EM ESTUDO:

Fonte de fotopolimerização em dois níveis: lâmpada halógena e laser de Argônio e material restaurador em três níveis: Charisma, Solitaire e Natural Flow.

VARIÁVEL DE RESPOSTA ESTUDADA: microinfiltração através da penetração de corante.

UNIDADE EXPERIMENTAL: 114 terceiros molares humanos inclusos extraídos compostos por restaurações circulares classe V.

MÉTODO DE AVALIAÇÃO: análise qualitativa por escores representativos em duas margens: esmalte e dentina/cimento.

DELINEAMENTO ESTATÍSTICO: inteiramente ao acaso e duplo cego.

#### **3.2. MATERIAIS E APARELHOS**

Para o desenvolvimento deste estudo foram selecionados três resinas compostas e um sistema adesivo. As cores, lotes, classificação e fabricantes desses materiais são apresentados no QUADRO 01.

**QUADRO 01** – Materiais utilizados durante o procedimento restaurador das cavidades classe V, neste experimento.

<b>Material</b>	<b>Cor</b>	<b>Lote</b>	<b>Classificação Dos materiais</b>	<b>Fabricante</b>
<b>Charisma - Kulzer</b>	A20	32	Micro-híbrida	Heraeus Kulzer GmbH, Germany
<b>Solitaire - Kulzer</b>	A20	32	Compactável	Heraeus Kulzer GmbH, Germany
<b>Natural Flow - DFL</b>	A2	98121070	Flow	DFL Ind. e Com. Ltda
<b>Sistema Adesivo - Scotchbond MP</b>		7HK	Adesivo hidrófilo	3M do Brasil Ltda

Além dos materiais restauradores, foram selecionadas duas fontes para a polimerização dos compósitos, lâmpada halógena e laser de Argônio, cujos fabricantes e características são apresentados no QUADRO 02. Esse quadro também apresenta a máquina de ciclagem térmica e medidor de potência.

**QUADRO 02** – Aparelhos utilizados durante a polimerização das restaurações em resinas compostas e termociclagem, neste experimento.

<b>Laser de Argônio</b> - Spectra Physics, modelo Stabilite 2017, feixe contínuo, 6W de potência, comprimento de onda 476,5nm
<b>Aparelho fotopolimerizador</b> – XL 3000, com energia de 494 mW/cm <sup>2</sup> – modelo 5530BA – 3M do Brasil Ltda.
<b>Máquina de Ciclagem Térmica</b> - Instrumental Instrumentos de Precisão Ltda. – Brasil controle computadorizado de ciclos - COMPUMOTOR OEM - Series Software - (Microstepper Products - COMPUMOTOR DIVISION - Parker Hannifin Corporation).
<b>Medidor de Potência</b> - Newport - modelo 1835 C.

### **3.3.MÉTODO**

#### **3.3.1. SELEÇÃO DOS DENTES**

Para este estudo, foram utilizados 114 terceiros molares inclusos recém-extraídos e armazenados em formol a 2%, pH 7,0. Antes da realização dos procedimentos restauradores, os mesmos foram limpos com curetas periodontais 7/8 (Duflex do Brasil Ltda.) e polidos com pedra-pomes e água através de taças de borracha.

#### **3.3.2. PREPAROS CAVITÁRIOS**

Em cada dente, foi preparada uma cavidade classe V, com 2,0 mm de diâmetro e 1,5mm de profundidade, localizada na região amelo-cementária, sendo a parede oclusal em esmalte e a gengival em dentina/cimento.

Os preparos foram realizados em alta rotação sob refrigeração ar/água, utilizando-se pontas diamantadas especiais – (KG Sorensen Ind. E Com. Ltda – Ref. 016). Essas pontas foram substituídas a cada dez cavidades. Concluída a realização dos preparos, as cavidades foram limpas com pedra-pomes e água e lavadas com jatos ar/água para serem restauradas. Em seguida, os dentes foram armazenados em estufa a 37°C e umidade relativa 100% por 24h.

### **3.3.3. PROCEDIMENTO RESTAURADOR**

#### **3.3.3.1. APLICAÇÃO DO SISTEMA ADESIVO**

A cavidade foi condicionada com ácido fosfórico gel a 35% por 30 e 15 segundos em esmalte e dentina, respectivamente. Em seguida, fez-se a lavagem da cavidade por 15 segundos e secagem suave por 5 segundos com leve jato de ar, para não ressecar a dentina. O sistema adesivo, *Scotchbond Multi Purpose Plus Primer*, foi aplicado e seco por 5 segundos suavemente com jatos de ar e, logo após, o *Scotchbond Multi Purpose Plus Adhesive* foi aplicado na cavidade com auxílio de pincel *microbrush* (Microbrush Corporation, USA). Todos esses procedimentos foram realizados de acordo com as instruções dos fabricantes.

#### **3.3.3.2. INSERÇÃO DA RESINA COMPOSTA E POLIMERIZAÇÃO**

Todas as resinas compostas, Charisma, Solitaire, Natural Flow foram inseridas em um único incremento e acomodadas na cavidade através de espátula nº 1 de inserção (Duflex Ind. Ltda).

#### **3.3.3.3. POLIMERIZAÇÃO LÂMPADA HALÓGENA**

A polimerização com lâmpada halógena foi realizada durante 10 segundos para o sistema adesivo *Scotchbond Multi Purpose Plus* e 40 segundos para as resinas compostas.

#### **3.3.3.4. POLIMERIZAÇÃO LASER DE ARGÔNIO**

A polimerização com laser de Argônio foi realizada no comprimento de onda de 476,5 nm e fibra óptica de 200 µm de diâmetro, por 5 segundos para o sistema *adesivo Scotchbond Multi Purpose Plus* (3M Dental Prod.) e 20 segundos para as resinas compostas (Vargas, Cobb & Schmit, 1998).

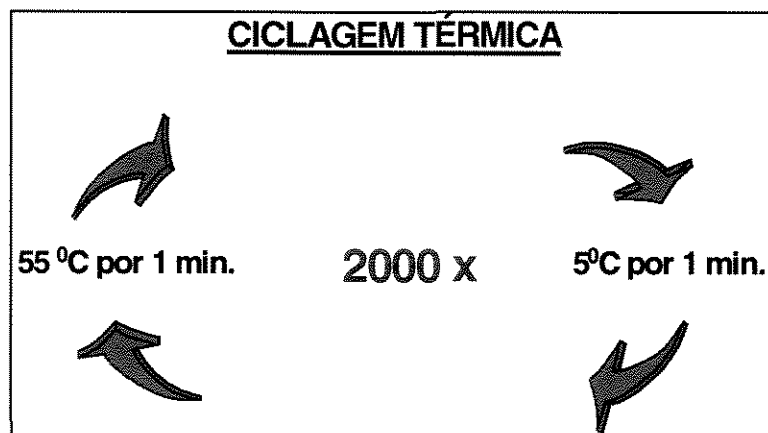
#### **3.3.3.5. ACABAMENTO E POLIMENTO**

Após os procedimentos restauradores, todos os corpos-de-prova foram armazenados em estufa a 37°C e umidade relativa 100% por 24 horas. Decorrido esse período, os mesmos foram submetidos ao acabamento e polimento com discos de lixa à base de óxido de alumínio de granulação fina e ultra-fina Sof-lex (3M Dental Prod.), sob constante refrigeração com jatos de água. Encerrado o acabamento e polimento, as amostras foram submetidas à ciclagem térmica.

#### **3.3.3.6. TERMOCICLAGEM**

As amostras foram separadas segundo seu grupo experimental e colocadas em embalagens de tule de cores diferentes. Os mesmos foram presos à máquina de ciclagem térmica com fio dental e submetidos a 2000 ciclos de temperaturas variáveis (FIG. 01).

Cada ciclo constituiu em um minuto na temperatura de  $5 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  com intervalo de 15 segundos para mudança de banho e mais um minuto na temperatura de  $55 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  (Chohayeb, 1992). Ao fim da termociclagem, os dentes foram preparados para imersão em corante.



**FIGURA 01** - Esquema dos tempos e temperaturas em que foi realizada a termociclagem.

### 3.3.3.7. IMERSÃO EM CORANTE

Fitas adesivas (3M do Brasil Ltda) foram colocadas sobre as restaurações, cobrindo 1mm além do ângulo cavosuperficial. Duas camadas de esmalte para unha (Colorama, Bozzano - Ceil - Coml. Exp.Indl.Ltda) de cor escura foram aplicadas em todo o dente, exceto sobre as fitas adesivas, aguardando-se a secagem do esmalte por 24 horas.

Decorrido esse período de tempo, os corpos-de-prova foram individualmente imersos em tubos plásticos identificados, contendo solução aquosa de azul de metileno a 2%, pelo período de 4 horas (Kidd, 1976; Alani & Toh, 1997). Em seguida, foram



lavados em água corrente, secos com papel absorvente e preparados para a avaliação qualitativa.

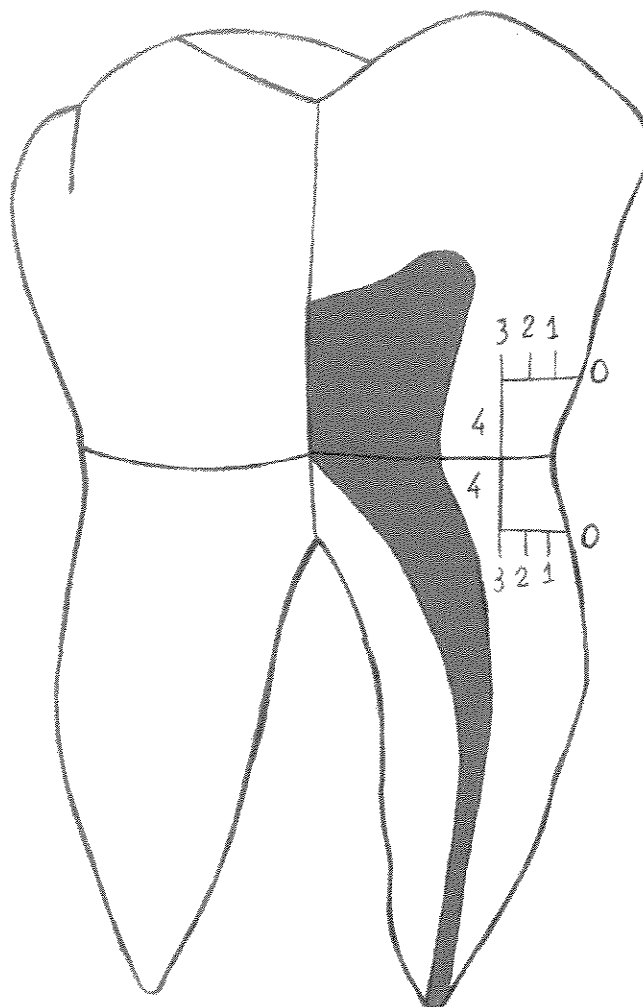
### **3.3.3.8. ANÁLISE QUALITATIVA**

Para análise qualitativa, os corpos-de-prova foram seccionados no sentido longitudinal, passando pelo centro da restauração, utilizando-se para isto discos diamantados dupla-face (KG Sorensen Ind. e Com - Ref. 7020) montados em mandril adaptado em micro-motor e ponta reta (Dabi-atlante). A infiltração marginal foi avaliada através de uma lupa estereoscópica (Meiji EMZ -TR- Meiji Techno Co., Ltda. - Tokyo, Japan) – com aumento de 35 vezes, por dois examinadores previamente calibrados que classificaram os corpos-de-prova de acordo com o escore apresentado a seguir (FIG. 02).

Escore para a região de esmalte e dentina/cimento (FIG. 02):

- 0: Nenhuma penetração de corante.
- 1: Penetração de corante até um terço da distância entre a margem da cavidade e a parede axial.
- 2: Penetração de corante até dois terços da distância entre a margem da cavidade e a parede axial.
- 3: Penetração de corante até três terços da distância entre a margem da cavidade e a parede axial.
- 4: Penetração de corante na parede axial

**FIGURA 02** - Esquema de escores para avaliação da microinfiltração nas margens de esmalte e cimento/dentina.



### 3.3.3.9. PLANEJAMENTO ESTATÍSTICO

A leitura das amostras foi feita por dois examinadores, previamente calibrados, em um estudo duplo cego. A reprodutibilidade foi realizada para as classificações feitas pelos examinadores, empregando-se o Teste de Kappa ( $\kappa$ ). Verificada essa concordância, os materiais foram comparados quanto à microinfiltração pelo teste de Kruskal-Wallis no nível de significância de 5% de probabilidade.

## 5 . RESULTADOS

O Teste de Kappa ( $\kappa$ ) demonstrou haver concordância entre os examinadores para atribuição dos diferentes escores para os corpos-de-prova (FIG.10), obtendo-se a classificação ótima, segundo os padrões Landis & Koch (ANEXO 5).

Desta maneira, foi possível realizar a comparação das hipóteses pelo teste de Kruskal-Wallis (H) em nível de significância de 5%, onde a hipótese de nulidade -  $H_0$  não mostrou diferença estatística significativa entre as médias e  $H_1$  existe pelo menos uma diferença significativa entre os métodos.

Para isso, a margem onde se analisou a microinfiltração foi levada em consideração, isto é, esmalte ou dentina/cimento e o resultado do teste Kruskal-Wallis (H) é apresentado nos itens 5.1. e 5.2. Os dados originais utilizados na análise estatística se encontram nos ANEXOS 1, 2, 3 e 4.

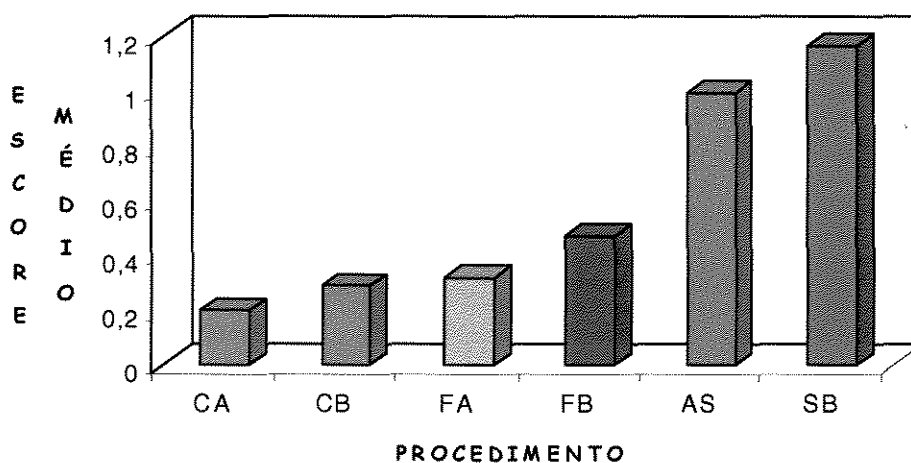
### 5.1. ESMALTE :

A TAB. 01 apresenta os resultados de infiltração marginal dos grupos experimentais, levando em consideração a margem em esmalte.

**TABELA 01** - Resultados de infiltração marginal dos grupos experimentais, margem em esmalte.

PROCEDIMENTO	0	1	2	3	4	ESCORE MÉDIO
Charisma / Argônio	15	4	-	-	-	0,20
Charisma / Halógena	15	2	-	1	-	0,29
Solitaire / Argônio	8	4	4	2	-	1,00
Solitaire / Halógena	9	4	-	3	2	1,17
Natural Flow / Argônio	15	3	-	1	-	0,32
Natural Flow / Halógena	13	4	1	1	-	0,47

O resultado do Teste de Kruskal-Wallis  $H=9,166$  ;  $p=0,1026$ , mostrou que não houve diferenças entre os valores observados, aceitando a hipótese de que os diferentes procedimentos levaram a efeitos semelhantes quanto à infiltração marginal, não havendo diferença estatística significativa entre os grupos estudados. No GRÁF. 01, podemos visualizar os diferentes procedimentos na infiltração marginal em esmalte.



**GRÁFICO 01** - Gráfico de barras ilustrando os escores médios de infiltração marginal em esmalte segundo os grupos experimentais: CA (Charisma / Laser de Argônio); CB (Charisma / Luz Halógena); FA (Natural Flow / Laser de Argônio); FB (Natural flow / Luz Halógena); SA (Solitaire / Laser de Argônio); SB (Solitaire / Luz Halógena)

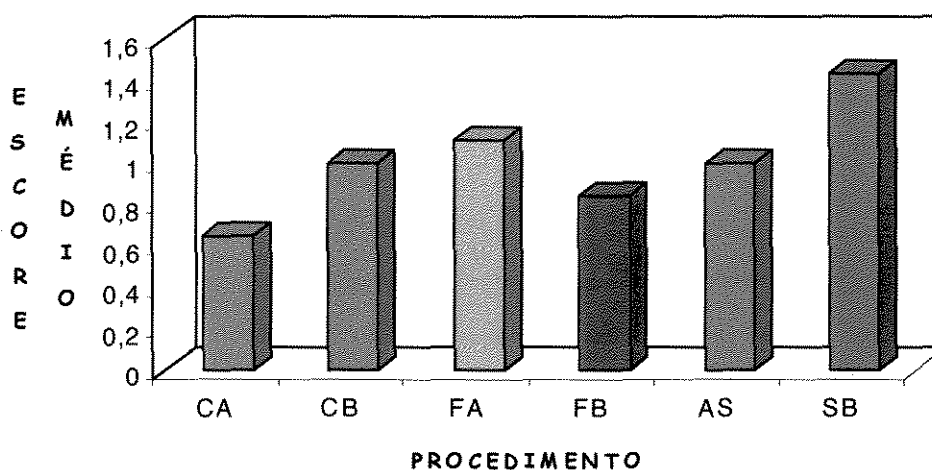
## 5.2. DENTINA :

A TAB. 02 apresenta os resultados de infiltração marginal dos grupos experimentais, levando em consideração a margem em dentina/cimento.

**TABELA 02** - Resultados de infiltração marginal dos grupos experimentais, margem em dentina/cimento.

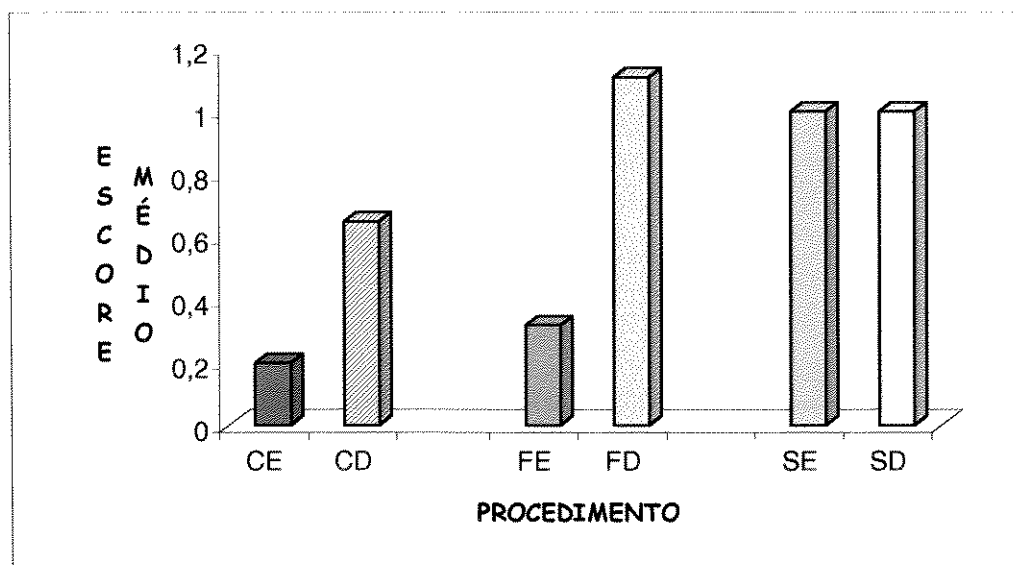
PROCEDIMENTO	0	1	2	3	4	ESCORE MÉDIO
Charisma / Argônio	7	12	-	-	-	0,65
Charisma / Halógena	4	11	2	1	-	1,00
Solitaire / Argônio	6	10	-	-	2	1,00
Solitaire / Halógena	3	10	2	-	3	1,44
Natural Flow / Argônio	4	12	1	1	1	1,11
Natural Flow / Halógena	5	12	2	-	-	0,84

O resultado do Teste de Kruskal-Wallis  $H=4,484$  ;  $p=0,4820$ , mostrou que não houve diferenças entre os valores observados, aceitando a hipótese de que diferentes procedimentos levaram a efeitos semelhantes quanto à infiltração marginal, não havendo diferença estatística significativa entre os grupos estudados. No GRAF. 02, podemos visualizar os diferentes procedimentos na infiltração marginal em dentina/cimento.



**GRÁFICO 02** - Gráfico de barras para os escores médios de infiltração marginal em dentina/cimento segundo os grupos experimentais: CA (Charisma / Laser de Argônio); CB (Charisma / Luz Halógena); FA (Natural Flow / Laser de Argônio); FB (Natural flow / Luz Halógena); SA (Solitaire / Laser de Argônio); SB (Solitaire / Luz Halógena).

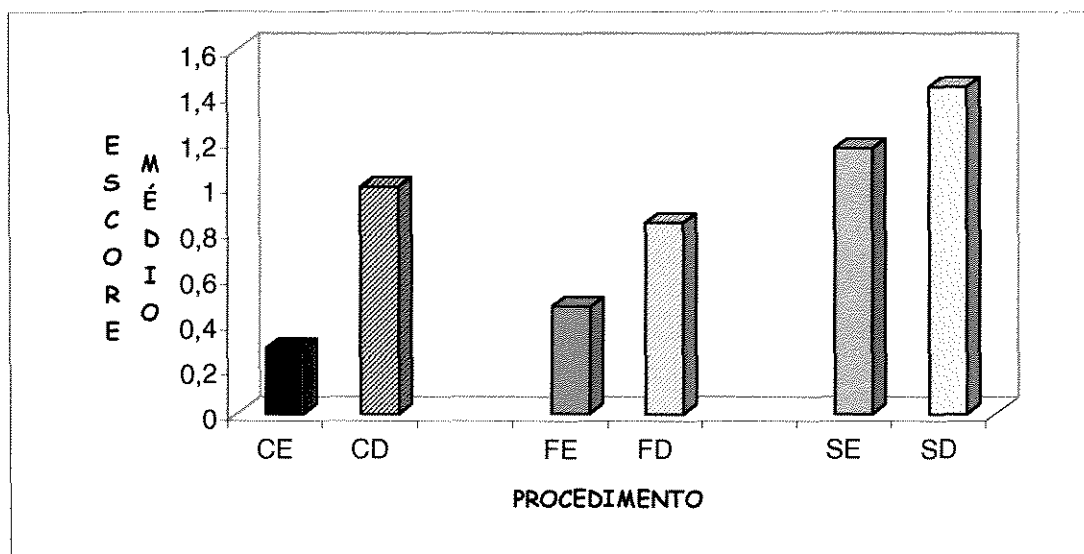
O GRÁF. 03 mostra os valores médios comparativos para polimerização com laser de Argônio dos grupos Charisma, Natural Flow e Solitaire, nas margens em esmalte e dentina/cimento.



**GRÁFICO 03** - Gráfico de barras para os escores médios de infiltração marginal para polimerização com laser de Argônio, margens em esmalte e dentina/cimento: CE (Charisma / Esmalte); CD (Charisma / Dentina); FE (Natural Flow / Esmalte); FD (Natural flow / Dentina); SE (Solitaire / Esmalte); SD (Solitaire / Dentina).



O GRÁF. 04 mostra os valores médios comparativos para polimerização com lâmpada halógena dos grupos Charisma, Natural Flow e Solitaire, nas margens em esmalte e dentina/cimento.



**GRÁFICO 04** - Gráfico de barras para os escores médios de infiltração marginal para polimerização com lâmpada halógena, margens em esmalte e dentina/cimento: CE (Charisma / Esmalte); CD (Charisma / Dentina); FE (Natural Flow / Esmalte); FD (Natural flow / Dentina); SE (Solitaire / Esmalte); SD (Solitaire / Dentina).

## 6 . DISCUSSÃO

Nas restaurações em resina composta, a infiltração marginal é um fator que depende do sistema adesivo empregado e do tratamento superficial na área onde vai ocorrer a adesão: esmalte, dentina ou cimento. As margens gengivais em dentina ou cimento são mais críticas quanto ao processo de adesão (Davidson, De Gee & Feilzer, 1984) devido a não uniformidade do substrato e conteúdo mineral. Uma adesão inadequada pode levar à infiltração marginal e, posteriormente, à sensibilidade pós-operatória, deterioração marginal e cárie secundária (Kidd, 1976; Torstenton & Brannstrom, 1988 ).

A contração de polimerização também está relacionada com a microinfiltração, pois a mesma induz tensão na interface adesiva (Feilzer, de Gee & Davidson, 1987; Versluis & others, 1996, Bouschlicher,1997; Sakaguchi,1999), gerando fendas e rachaduras. Apesar disso, a contração de polimerização é uma característica da reação de endurecimento dos materiais poliméricos e sempre ocorre durante esse processo.(Bouschlicher, Vargas & Boyer, 1997; Versluis, Tantbirojn & Douglas, 1998). A maior parte das resinas compostas encontradas no mercado odontológico são ativadas por luz, sendo que esta ativação está diretamente relacionada com a contração de polimerização.

O presente estudo testou dois mecanismos diferentes de polimerização para compósitos fotoativados e três tipos de resinas compostas, padronizando o sistema adesivo e preparo cavitário, no intuito de isolar os fatores estudados,

fotopolimerização/tipo de resina composta e, assim, observar se essas variáveis podem afetar o processo de polimerização dos compósitos.

Os métodos de avaliação para análise da infiltração em estudos *in vitro* devem ser sempre considerados como comparações e não como conclusões absolutas. Porém a análise qualitativa da infiltração marginal, através da penetração de corante, parece ser o mais eficiente e freqüente método utilizado para se avaliar a microinfiltração. (Jacques Déjou, Sindres & Camps, 1996; Alani & Toh, 1997).

Os resultados da infiltração marginal para os materiais restauradores mostraram não haver diferença estatística significativa entre os grupos Charisma, Natural Flow e Solitaire, margens em esmalte. O grupo restaurado com a resina compactável Solitaire independentemente do tipo de polimerização, apresentou valores numéricos mais altos de infiltração marginal quando comparados aos grupos restaurados com os compósitos Natural Flow e Charisma (GRÁF. 01), ocorrendo o mesmo resultado nas margens em dentina (GRÁF. 02). Essa diferença numérica está relacionada, provavelmente, com a composição desses materiais, porque diferentes fontes polimerizadoras ou intensidades de luz não interferem de maneira significativa na contração dos compósitos, alterando sua infiltração marginal (Christensen & others, 1999).

A resina composta compactável Solitaire difere dos compósitos para dentes anteriores e posteriores, pois possuem partículas texturizadas, possibilitando aumentar a quantidade de carga inorgânica, em torno de 65% em peso. Esse material restaurador é constituído de éster metacrilato e partículas de polividro, tendo matriz de Bis-GMA, TEGDMA e UDMA (Freedman, 1998; Ferracane, Choi & Condon, 1999). Apesar disso, ela apresentou maior contração de polimerização e conseqüentemente valores

numéricos mais altos de infiltração marginal. Este fato pode estar relacionado à composição da sua matriz orgânica e não somente com a percentagem de carga. Monômeros e diluentes podem interferir diretamente no grau de conversão polimérica e na contração de polimerização. Estes diluentes ou monômeros de baixo peso molecular, como TEGDMA, interferem diretamente no aumento do grau de conversão polimérica, entretanto, podem aumentar a contração de polimerização. Os monômeros mais associados ao Bis-GMA são o TEGDMA E EGDMA, considerando-se que a adição destes diluentes tem aspectos positivos para o material como melhor resistência, módulo de elasticidade e coeficiente de expansão térmico-linear, mas tem efeitos negativos como aumento na contração de polimerização (Peutzfeldt, 1997; Unterbrink & Leibenberg, 1999). Outro monômero muito utilizado como diluente é o UDMA, que tem peso molecular semelhante ao Bis-GMA, mas é menos viscoso. Esse monômero, além da menor viscosidade, apresenta vantagens como maior flexibilidade de sua cadeia polimérica, podendo aumentar a resistência.

A resina Natural Flow apresentou menores valores numéricos de infiltração marginal comparada à resina Solitaire, constituída de boro-alumino silicato de vidro e sílica sintética, além de apresentar uma menor quantidade de carga inorgânica, 60% em peso, sua matriz constituída essencialmente por Bis-GMA. Esse compósito pode ter apresentado valores numéricos mais baixos de infiltração por ser uma resina composta com maior grau de escoamento, por este motivo pode ter sua contração de polimerização diminuída na fase pré-gel do processo de endurecimento da resina composta (Versluis & Tantbirojn, 1999).

A resina micro-híbrida Charisma é um compósito radiopaco, constituído de vidro de silicato de bário e alumínio e partículas ultra-finas de dióxido de silício silanizadas, apresentando quantidade de carga inorgânica em torno de 64% em volume. Sua matriz é essencialmente Bis-GMA e TEGDMA. Essa resina foi utilizada como controle e, apesar de não diferir estatisticamente dos demais grupos, apresentou menores valores numéricos de infiltração marginal comparada às demais resinas.

Apesar da diferença entre os monômeros, é muito difícil demonstrar a influência dessa composição na infiltração marginal, porque os efeitos dos monômeros são mascarados pelo fato de que os materiais restauradores diferem também em outros aspectos, como partícula, iniciadores e qualidade de silanização que são determinantes para suas propriedades (Peutzfeldt, 1997).

Os monômeros, matrizes e diluentes que compõem os diferentes materiais têm influência na contração de polimerização, pois a mesma é que irá elevar a tensão na interface dente/restauração. No processo de cura das resinas compostas temos duas fases: a fase pré-gel e pós-gel (Sakaguchi, 1999; Versluis & Tantbirojn, 1999; Yap & others, 2000). No período inicial de reação, podemos ter uma compensação da tensão de contração através da fluidez do compósito, que depende da composição da resina composta. O polímero é capaz de escoar antes que a resina composta atinja o ponto de gel, por isso as tensões que possam ocorrer na fase inicial da reação não serão transferidas para a interface adesiva. No final da reação de polimerização, o escoamento é limitado e as forças geradas durante a cura causarão tensão na interface dente/restauração. (Versluis & Tantbirojn, 1999; Sakaguchi, 1999).

Alguns trabalhos, na literatura, demonstram maior grau de infiltração marginal em dentina do que em esmalte (Crim & Mattingly, 1981; Crim, Swartz & Phillips, 1985; Welsh & Hembree, 1985; Charlton & Moore, 1992); apesar disso trabalhos mais recentes têm demonstrado bons resultados com relação a microinfiltração tanto em margens de dentina quanto esmalte (Pratti & others, 1990; Holtan & others, 1993; Gwinnett & Yu, 1994; Fortin, Perdigão & Swift, 1994 e Gale & Darvell, 1999). Neste estudo podê-se observar uma pequena diferença numérica entre os valores de escore para esmalte e dentina, sendo que ambos apresentaram bons resultados para infiltração marginal. Diferenças na metodologia podem explicar esse fato, pois o sistema adesivo, a configuração e tamanho da cavidade, tipo de resina composta contribuem significativamente no processo de adesão (Pratti & others, 1990; Versluis & others, 1998). Neste estudo, foram realizadas cavidades classe V, rasas, com 1,5 mm de profundidade, restauradas em incremento único. Esse fato pode ter promovido menor contração de polimerização e bom selamento marginal tanto em esmalte quanto em dentina/cimento.

Com relação à fotopolimerização por luz halógena e laser de Argônio, os resultados não mostraram diferenças estatísticas significativas entre os grupos estudados, concordando com o trabalho de Christensen, 1999. Independentemente da resina composta utilizada, a polimerização com laser de Argônio não diferiu estatisticamente da polimerização com lâmpada halógena, mas obteve menores valores numéricos ou semelhantes de infiltração marginal, principalmente nas margens em esmalte (GRÁF. 03 e 04).

Muitos estudos demonstram que o laser de Argônio apresenta inúmeras vantagens no processo de polimerização das resinas compostas, reduzindo em até um quarto o tempo de polimerização desses materiais em relação à lâmpada halógena. Além disso, resinas compostas polimerizadas com laser apresentam propriedades físicas superiores às polimerizadas com luz halógena, como melhor resistência à flexão, resistência à compressão, resistência ao cisalhamento e maior dureza (Kelsey & others, 1989; Blankenau & others, 1991, Puppala, Hegde & Mushi, 1996; Vargas, Cobb & Schmit, 1998; Fleming & Maillet, 1999; Freedman, 1999).

Intensidades mais altas de luz podem alterar as propriedades físicas e a adesão dos compósitos, pois o aumento da velocidade de cura não permite um relaxamento da tensão inicial (Puppala, Hegde & Munshi, 1996) causada pela contração de polimerização. A alta intensidade de luz também pode ter efeito negativo na integridade marginal da restauração, diminuindo sua longevidade clínica (Bouschlicher, Vargas & Boyer, 1997; Fleming & Maillet, 1999). No entanto, este fato não pôde ser comprovado por este estudo, no qual pode-se observar que os menores valores numéricos de infiltração marginal nas margens em esmalte foram encontrados nos grupos polimerizados com laser de Argônio. Já nas margens em dentina, observa-se o mesmo comportamento para os grupos restaurados com as resinas compostas Charisma e Solitaire. Esse resultado não corrobora com o trabalho de Puppala, Hegde & Munshi, 1996, em que a polimerização com laser obteve valores mais elevados de infiltração marginal, utilizando metodologia de penetração de corante. A diferença nos resultados poderia estar relacionada ao tempo de polimerização da restauração e aos procedimentos prévios à etapa restauradora. Os autores discutem que o aumento de

calor gerado pelo laser aumentaria a contração de polimerização, levando ao rompimento da interface dente/restauração. Apesar disso, o calor gerado pelo laser pode ser controlado, pois ele requer menos tempo de polimerização e pode ser utilizado sob a forma de pulsos, não aquecendo demasiadamente a interface adesiva (Vargas, Cobb & Schmit, 1998; Christensen & others, 1999; Fleming & Maillet, 1999).

Considerando-se o presente estudo, observa-se que a contração de polimerização ocorre em todos compósitos, mas não é dependente somente da fonte polimerizadora (Feilzer & others, 1995), ao contrário, envolve muitos outros fatores, como configuração de cavidade, margem de adesão, sistema adesivo, profundidade de polimerização, superfície livre e, principalmente, depende da composição desses materiais restauradores (Davidson, de Gee & Feilzer, 1984; Peutzfeldt, 1997; Christensen & others, 1999; Condon & Ferracane, 2000), ficando difícil evidenciar a importância de um único fator isolado em relação aos outros.



## 7 . CONCLUSÃO

De acordo com a metodologia empregada e os resultados obtidos no presente estudo, concluiu-se que :

Não houve diferença entre os métodos de polimerização empregados: Laser de Argônio e Lâmpada halógena, independente da margem analisada.

Não houve diferença entre os compósitos utilizados: Charisma, Solitaire e Natural Flow, independente da margem analisada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS<sup>1</sup>

- ALANI AH & TOH CG (1997) Detection of microleakage around dental restorations: a Review *Operative Dentistry* **22** 173-185.
- ANSETH KS, GOODNER MD, REIL MA, KANNURPATTI AR, NEWMAN SM & BOWMAN CN (1996) The influence of comonomer composition on dimethacrylate resin properties for dental composites *Journal of Dental Research* **75** 1607-1612.
- ARAÚJO RS, ARAÚJO MAM, SILVA RCS, GONÇALVES SEP, HUHTALA MFRL & RODRIGUES JR (1999) Influência de diferentes meios de armazenamento de dentes extraídos na infiltração marginal *Jornal Brasileiro de Clínica & Estética em Odontologia* **14** 31-35.
- ASMUSSEN E & Peutzfeldt A (1999) Direction of shrinkage of-curing resin composites *Acta Odontol Scand* **57** 310-315.
- BAUHER JG & HENSON JL (1985) Microleakage of direct filling materials in class V restorations using thermal cycling *Quintessence International* **16** 765-769.
- BLANKENAU RJ, KELSEY WP, POWELL GL, SHEARER GO, BARKMEIER WW & CAVEL WT (1991) Degree of composite resin polymerization with visible light and argon laser *American Journal of Dentistry* **4** 40-42.
- BOUSCHLICHER MR, VARGAS MA & BOYER DB (1997) Effect of composite type, light intensity, configuration factor and laser polymerization on polymerization contraction forces *American Journal of Dentistry* **10** 88-96.
- BOWEN RL (1963) Properties of silica reinforced polymer for dental restorations *Journal American Dental Association* **67** 57-62.
- BUONOCORE MG (1955) A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces *Journal Dental Research* **34** 849-853.
- CARVALHO RM, PEREIRA JC, YOSHIYAMA M & PASHELEY DH (1996) A review of polymerization contraction: the influence of stress development versus stress relief *Operative Dentistry* **21** 17-24.

---

<sup>1</sup> Citações no texto de acordo com as Normas Bibliográficas da revista *Operative Dentistry*, USA.

- CHAN MFW-Y & JONES JCG (1994) Significance of thermal cycling in microleakage analysis of root restorations *Journal Dentistry* **22** 292-295.
- CHARLTON DG & MOORE BK (1992) In vitro evaluation of two microleakage detection tests *Journal of Dentistry* **20** 55-58.
- CHOHAYEB AA (1992) Microleakage comparison of dentin bonding systems with glass ionomer *Dental Materials* **8** 27-30.
- CHRISTENSEN RP, PALMER TM, PLOEGER BJ & YOST, MP (1999) resin polymerization problems – Are they caused by resin curing lights, resin formulations, or both? *Compendium of Continuing Education in Dentistry* **20** 42-54.
- CHUNG KH, GREENER EH (1990) correlation between degree of conversion, filler concentration and mechanical properties of posterior composite resins *Journal of Oral Rehabilitation* **17** 487-494.
- CONDON JR & FERRACANE JL (2000) Assessing the effect composite formulation on polymerization stress *The Journal of the American Dental Association* **131** 497-503.
- CRIM GA & GARCIA-GODOY F (1987) Microleakage: The effect of storage and cycling duration *Journal Prosthetic Dentistry* **57** 574-576.
- CRIM GA & MATTINGLY SL (1981) Evaluation of two methods for assessing marginal leakage *Journal Prosthetic dentistry* **45** 160-163.
- CRIM GA, SWARTZ ML & PHILLIPS RW (1985) Comparison of four thermocycling techniques *Journal Prosthetic Dentistry* **53** 50-53.
- DAVIDSON CL & ABDALLA AI (1993) Effect of thermal and mechanical load cycling on the marginal integrity of class II resin composite restorations *American Journal Dentistry* **6** 39-42.
- DAVIDSON CL, DE GEE AJ & FEILZER A (1984) The competition between the composite dentin bond strength and the polymerization contraction stress *Journal Dental Research* **63** 1396-1399.
- DAVY KWM, KALACHANDRA S, PANDAIN MS & BRADEN M (1998) Relationship between composite matrix molecular structure and composite *Biomaterials* **19** 2007-2014.

- DÉJOU J, SINDRES V & CAMPS J (1996) Influence of criteria on the results of in vitro evaluation of microleakage *Dental Materials* **12** 342-349.
- EAKLE WS (1986) Effect of thermal cycling on fracture strength and microleakage in the teeth restored with a bonded composite resin *Dental Materials* **2** 114-117.
- FEILZER AJ, de GEE AJ & DAVIDSON CL (1981) Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration *Journal Dental Research* **66** 1636-1639.
- FEILZER AJ, DOOREN LH, de GEE AJ & DAVIDSON CL (1995) Influence of light intensity on polymerization shrinkage and integrity of restoration cavity interface *European Journal of Oral Sciences* **103** 322-326.
- FERRACANE JL, CHOI KK & CONDON JR (1999) In vitro wear of packable dental composites *Compendium of Continuing Education in Dentistry* **20** 60-66.
- FLEMING MG & MAILLET WA (1999) Photopolymerization of composite resin using the argon laser *Journal of the Canadian Dental Association* **65** 447-450.
- FORTIN D; PERDIGÃO J & SWIFT JR EJ (1994) Microleakage of three new dentin adhesives *American Journal of Dentistry* **7** 315-318.
- FREEDMAN G (1998) Condensable composites: The new paradigm in amalgam alternatives *Dentistry Today* **10** 72-74.
- GALE MS & DARVELL BW (1999) Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations *Journal of Dentistry* **27** 89-99.
- GUZMAN HJ, SWARTZ ML & PHILLIPS RW (1969) Marginal leakage of dental restorations subjected to thermal stress *Journal Prosthetic Dentistry* **21** 166-175.
- GWINNET AJ & YU S (1994) Shear bond strength, microleakage and gap formation with fourth generation dentin bonding agents *American Journal of Dentistry* **7** 312-314.
- KELSEY WP, BLANKENAU RJ, POWELL GL, BARKMEIER WW, CAVEL WT & WHISENANT BK (1989) Enhancement of physical properties of resin restorative materials by laser polymerization *Lasers in Surgery and Medicine* **9** 623-627.
- KIDD EAM (1976) Microleakage : a review *Journal of Dentistry* **4** 199-206.

- HEMBREE JH & TAYLOR TJ (1984) Marginal leakage of visible light-cured composite resin restorations *Journal Prosthetic Dentistry* **52** 790-793.
- HOLTAN JR, NYSTROM GP, RENSCH SE, PHELPS RA & DOUGLAS WH (1993) Microleakage of five dentinal adhesives *Operative Dentistry* **19** 189-193
- LAI JH & JOHNSON AE (1993) Measuring polymerization shrinkage of photo-activated restorative materials by a water-filled dilatometer *Dental Materials* **9** 139-143.
- LANDIS JR & KOCH GG (1977) The measurement of Observer Agreement for Categorical Data *Biometrics* **33** 159-174.
- LUTZ F, KREJCI I & OLDENBURG TR (1986) Elimination of polymerization stresses at the margins of posterior composite resin restoration: a new technique restorative. *Quintessence International* **17** 777-784.
- MANHART J, KUNZELMANN K-R, CHEN HY & HICKEL R (2000) Mechanical properties and wear behavior of light-cured packable composite resins *Dental Materials* **16** 33-40.
- NOMOTO R (1997) Effect of light wavelength on polymerization of light-cured resins *Dental Materials Journal* **16** 60-73.
- O'LEARY TJ & KAFRAWY AH (1983) total cementum removal: A realistic objective? *Journal Periodontology* **54** 221-226.
- PASHLEY DH (1990) Clinical considerations of microleakage *Journal of Endodontics* **16** 70-77.
- PEUTZFELDT A (1997) Resin composites in dentistry: the monomer systems *European Journal of Oral Sciences* **105** 97-116.
- POLONIATO, M. Avaliação da resistência flexural, dureza e desgaste de resinas compostas fotoativadas com luz halógena e laser de Argônio em diferentes atmosferas. Tese (Doutorado) – Faculdade de Odontologia de São Paulo, Universidade Estadual de São Paulo, 1998. 124p.
- PRATI C, NUCCI C, DAVIDSON CL & MONTANARI G (1990) Early marginal leakage and shear bond strength of adhesive restorative systems *Dental Materials* **6** 195-200.
- PUPPALA R, HEDGE A & MUNSHI AK (1996) Laser and light cured composite resin restorations: In-vitro comparison of isotope and dye penetrations *The Journal of Clinical Pediatric Dentistry* **20** 213-218.

- SAKAGUCHI RL (1999) A review of the curing mechanics of composites and their significance in dental applications *Compendium of Continuing Education in Dentistry* **20** 16-23.
- SUH BI (1999) Controlling and understanding the polymerization shrinkage induced stresses in Light-Cured composites *Compendium of Continuing Education in Dentistry* **20** 34-41.
- TARLE Z, MENIGA A, RISTIC M, SUTALO J, PICHLER G & DAVIDSON CL (1998) The effect of the photopolymerization method on the quality of composite resin samples *Journal of Oral Rehabilitation* **25** 436-442.
- TORSTENSON B & BRANNSTROM M (1988) Contraction gap under composite resin restorations: Effect of hygroscopic Expansion and thermal stress *Operative Dentistry* **13** 24-31.
- UNTERBRINK GL & LIEBENBERG, WH (1999) Flowable resin composites as "filled adhesives": Literature review and clinical recommendations *Quintessence International* **30** 249-257.
- VARGAS MA, COBB DS & SCHMIT JL (1998) Polymerization of composite resins: Argon Laser vs Conventional Light *Operative Dentistry* **23** 87-93.
- VERSLUIS A, DOUGLAS WH, CROSS M & SAKAGUCHI RL (1996) Does an incremental filling technique reduce polymerization shrinkage stresses *Journal Dental Research* **75** 871-878.
- VERSLUIS A & TANTBIROJN D (1999) Theoretical considerations of contraction stress *Compendium of Continuing Education in Dentistry* **20** 24-41.
- VERSLUIS A, TANTBIROJN D & DOUGLAS WH (1998) Do dental composites always shrink toward the light *Journal Dental Research* **77** 1435-1445.
- WELSH EL & HEMBREE JUNIOR H (1985) Microleakage at the gingival wall with four class V anterior restorative materials *Journal Prosthetic Dentistry* **54** 370-372.
- YAP AUJ, WANG HB, SIOW KS & GAN LM (2000) Polymerization shrinkage of visible-light-cured composites *Operative Dentistry* **25** 98-103.

## OBRAS CONSULTADAS

CECCOTTI HM & SOUSA DD (1999) Manual para normalização de dissertação e tese, Piracicaba, FOP-UNICAMP.

FERREIRA ABH & OTHERS (1988) Dicionário Aurélio Básico da Língua Portuguesa. Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 678p.

FREEDMAN G (1999) New light curing options for composite resin restorations *Continuing Education in dentistry* **20** 122-135.

JR BRUGNERA A & PINHEIRO ALB Lasers na Odontologia Moderna. São Paulo, Pancast editora, 1998. 356p.

SOLIANI SDO & SILVA LF (1995) Como escrever uma dissertação ou tese, 3.ed. Piracicaba : FOP-UNICAMP, 49p.

## ANEXO 1

Dados da infiltração marginal para margem em esmalte - 114 amostras - obtidos através das leituras das unidades experimentais pelo primeiro examinador.

Amostra	Margem	Polimerização	Resina	Examinador	Grau
1	E	B	C	1	0
2	E	B	C	1	0
3	E	B	C	1	1
4	E	B	C	1	0
5	E	B	C	1	1
6	E	B	C	1	0
7	E	B	C	1	0
8	E	B	C	1	0
9	E	B	C	1	0
10	E	B	C	1	0
11	E	B	C	1	*
12	E	B	C	1	3
13	E	B	C	1	0
14	E	B	C	1	0
15	E	B	C	1	0
16	E	B	C	1	0
17	E	B	C	1	0
18	E	B	C	1	0
19	E	B	C	1	0

E = Margem de esmalte

A= Polimerização Laser de Argônio

B = Polimerização com Lâmpada Halógena

C = Resina Charisma; FI = Natural Flow; So = Solitaire

\* = Amostra perdida



Amostra	Margem	Polimerização	Resina	Examinador	Grau
20	E	A	C	1	1
21	E	A	C	1	1
22	E	A	C	1	0
23	E	A	C	1	0
24	E	A	C	1	0
25	E	A	C	1	0
26	E	A	C	1	0
27	E	A	C	1	0
28	E	A	C	1	0
29	E	A	C	1	0
30	E	A	C	1	0
31	E	A	C	1	0
32	E	A	C	1	0
33	E	A	C	1	0
34	E	A	C	1	0
35	E	A	C	1	0
36	E	A	C	1	1
37	E	A	C	1	1
38	E	A	C	1	0

Amostra	Margem	Polimerização	Resina	Examinador	Grau
39	E	B	So	1	3
40	E	B	So	1	4
41	E	B	So	1	1
42	E	B	So	1	3
43	E	B	So	1	0
44	E	B	So	1	0
45	E	B	So	1	0
46	E	B	So	1	0
47	E	B	So	1	3
48	E	B	So	1	0
49	E	B	So	1	1
50	E	B	So	1	0
51	E	B	So	1	0
52	E	B	So	1	0
53	E	B	So	1	4
54	E	B	So	1	1
55	E	B	So	1	*
56	E	B	So	1	1
57	E	B	So	1	0

Amostra	Margem	Polimerização	Resina	Examinador	Grau
58	E	A	So	1	1
59	E	A	So	1	2
60	E	A	So	1	2
61	E	A	So	1	0
62	E	A	So	1	0
63	E	A	So	1	2
64	E	A	So	1	1
65	E	A	So	1	0
66	E	A	So	1	0
67	E	A	So	1	0
68	E	A	So	1	0
69	E	A	So	1	2
70	E	A	So	1	1
71	E	A	So	1	0
72	E	A	So	1	1
73	E	A	So	1	0
74	E	A	So	1	3
75	E	A	So	1	3
76	E	A	So	1	*

Amostra	Margem	Polimerização	Resina	Examinador	Grau
77	E	B	FI	1	0
78	E	B	FI	1	1
79	E	B	FI	1	1
80	E	B	FI	1	0
81	E	B	FI	1	0
82	E	B	FI	1	0
83	E	B	FI	1	0
84	E	B	FI	1	0
85	E	B	FI	1	1
86	E	B	FI	1	0
87	E	B	FI	1	0
88	E	B	FI	1	1
89	E	B	FI	1	2
90	E	B	FI	1	0
91	E	B	FI	1	0
92	E	B	FI	1	0
93	E	B	FI	1	3
94	E	B	FI	1	0
95	E	B	FI	1	0

Amostra	Margem	Polimerização	Resina	Examinador	Grau
96	E	A	FI	1	0
97	E	A	FI	1	0
98	E	A	FI	1	1
99	E	A	FI	1	0
100	E	A	FI	1	0
101	E	A	FI	1	0
102	E	A	FI	1	0
103	E	A	FI	1	0
104	E	A	FI	1	3
105	E	A	FI	1	0
106	E	A	FI	1	0
107	E	A	FI	1	0
108	E	A	FI	1	0
109	E	A	FI	1	0
110	E	A	FI	1	0
111	E	A	FI	1	1
112	E	A	FI	1	0
113	E	A	FI	1	1
114	E	A	FI	1	0

## ANEXO 2

Dados da infiltração marginal para margem em esmalte - 114 amostras - obtidos através das leituras das unidades experimentais pelo segundo examinador.

amostra	margem	polimerização	resina	examinador	grau
1	E	B	C	2	0
2	E	B	C	2	1
3	E	B	C	2	1
4	E	B	C	2	0
5	E	B	C	2	1
6	E	B	C	2	0
7	E	B	C	2	0
8	E	B	C	2	0
9	E	B	C	2	0
10	E	B	C	2	0
11	E	B	C	2	*
12	E	B	C	2	3
13	E	B	C	2	0
14	E	B	C	2	0
15	E	B	C	2	0
16	E	B	C	2	0
17	E	B	C	2	0
18	E	B	C	2	0
19	E	A	C	2	0

E = Margem de esmalte

A= Polimerização Laser de Argônio

B = Polimerização com Lâmpada Halógena

C = Resina Charisma; FI = Natural Flow; So = Solitaire

\* = Amostra perdida

Amostra	margem	polimerização	resina	examinador	grau
20	E	A	C	2	1
21	E	A	C	2	1
22	E	A	C	2	0
23	E	A	C	2	0
24	E	A	C	2	0
25	E	A	C	2	0
26	E	A	C	2	0
27	E	A	C	2	0
28	E	A	C	2	0
29	E	A	C	2	0
30	E	A	C	2	0
31	E	A	C	2	0
32	E	A	C	2	0
33	E	A	C	2	0
34	E	A	C	2	0
35	E	A	C	2	0
36	E	A	C	2	1
37	E	A	C	2	1
38	E	A	C	2	0

amostra	margem	polimerização	resina	examinador	grau
39	E	B	So	2	3
40	E	B	So	2	4
41	E	B	So	2	1
42	E	B	So	2	3
43	E	B	So	2	0
44	E	B	So	2	0
45	E	B	So	2	0
46	E	B	So	2	0
47	E	B	So	2	1
48	E	B	So	2	0
49	E	B	So	2	1
50	E	B	So	2	0
51	E	B	So	2	0
52	E	B	So	2	0
53	E	B	So	2	4
54	E	B	So	2	1
55	E	B	So	2	*
56	E	B	So	2	1
57	E	B	So	2	0



amostra	margem	polimerização	resina	examinador	grau
58	E	A	So	2	1
59	E	A	So	2	2
60	E	A	So	2	2
61	E	A	So	2	0
62	E	A	So	2	0
63	E	A	So	2	3
64	E	A	So	2	1
65	E	A	So	2	0
66	E	A	So	2	0
67	E	A	So	2	0
68	E	A	So	2	0
69	E	A	So	2	2
70	E	A	So	2	1
71	E	A	So	2	0
72	E	A	So	2	1
73	E	A	So	2	0
74	E	A	So	2	3
75	E	A	So	2	3
76	E	A	So	2	*

amostra	margem	polimerização	resina	examinador	grau
77	E	B	FI	2	0
78	E	B	FI	2	1
79	E	B	FI	2	1
80	E	B	FI	2	0
81	E	B	FI	2	0
82	E	B	FI	2	0
83	E	B	FI	2	0
84	E	B	FI	2	0
85	E	B	FI	2	1
86	E	B	FI	2	0
87	E	B	FI	2	0
88	E	B	FI	2	1
89	E	B	FI	2	3
90	E	B	FI	2	0
91	E	B	FI	2	0
92	E	B	FI	2	0
93	E	B	FI	2	3
94	E	B	FI	2	0
95	E	B	FI	2	0

96	E	A	FI	2	0
97	E	A	FI	2	0
98	E	A	FI	2	0
99	E	A	FI	2	0
100	E	A	FI	2	0
101	E	A	FI	2	0
102	E	A	FI	2	0
103	E	A	FI	2	0
104	E	A	FI	2	3
105	E	A	FI	2	0
106	E	A	FI	2	0
107	E	A	FI	2	0
108	E	A	FI	2	0
109	E	A	FI	2	0
110	E	A	FI	2	0
111	E	A	FI	2	1
112	E	A	FI	2	0
113	E	A	FI	2	0
114	E	A	FI	2	0

## ANEXO 3

Dados da infiltração marginal para margem em dentina -114  
amostras - obtidos através das leituras das unidades experimentais pelo  
primeiro examinador.

amostra	margem	polimerização	resina	examinador	grau
1	D	B	C	1	1
2	D	B	C	1	3
3	D	B	C	1	2
4	D	B	C	1	1
5	D	B	C	1	1
6	D	B	C	1	1
7	D	B	C	1	0
8	D	B	C	1	1
9	D	B	C	1	0
10	D	B	C	1	0
11	D	B	C	1	*
12	D	B	C	1	1
13	D	B	C	1	2
14	D	B	C	1	1
15	D	B	C	1	0
16	D	B	C	1	1
17	D	B	C	1	1
18	D	B	C	1	1

D = Margem de dentina

A= Polimerização Laser de Argônio

B = Polimerização com Lâmpada Halógena

C = Resina Charisma; FI = Natural Flow; So = Solitaire

\* = Amostra perdida

amostra	margem	polimerização	resina	examinador	grau
19	D	A	C	1	1
20	D	A	C	1	1
21	D	A	C	1	0
22	D	A	C	1	0
23	D	A	C	1	1
24	D	A	C	1	1
25	D	A	C	1	1
26	D	A	C	1	0
27	D	A	C	1	1
28	D	A	C	1	0
29	D	A	C	1	1
30	D	A	C	1	1
31	D	A	C	1	1
32	D	A	C	1	0
33	D	A	C	1	1
34	D	A	C	1	1
35	D	A	C	1	0
36	D	A	C	1	1
37	D	A	C	1	1
38	D	A	C	1	0

amostra	margem	polimerização	resina	examinador	grau
39	D	B	So	1	1
40	D	B	So	1	4
41	D	B	So	1	1
42	D	B	So	1	1
43	D	B	So	1	0
44	D	B	So	1	1
45	D	B	So	1	2
46	D	B	So	1	0
47	D	B	So	1	1
48	D	B	So	1	4
49	D	B	So	1	1
50	D	B	So	1	1
51	D	B	So	1	1
52	D	B	So	1	4
53	D	B	So	1	0
54	D	B	So	1	1
55	D	B	So	1	*
56	D	B	So	1	1
57	D	B	So	1	2

amostra	margem	polimerização	resina	examinador	grau
58	D	A	So	1	4
59	D	A	So	1	0
60	D	A	So	1	0
61	D	A	So	1	0
62	D	A	So	1	1
63	D	A	So	1	1
64	D	A	So	1	1
65	D	A	So	1	1
66	D	A	So	1	1
67	D	A	So	1	0
68	D	A	So	1	1
69	D	A	So	1	1
70	D	A	So	1	1
71	D	A	So	1	4
72	D	A	So	1	0
73	D	A	So	1	0
74	D	A	So	1	1
75	D	A	So	1	1
76	D	A	So	1	*

amostra	margem	polimerização	resina	examinador	grau
77	D	B	FI	1	2
78	D	B	FI	1	1
79	D	B	FI	1	0
80	D	B	FI	1	0
81	D	B	FI	1	1
82	D	B	FI	1	1
83	D	B	FI	1	1
84	D	B	FI	1	1
85	D	B	FI	1	1
86	D	B	FI	1	1
87	D	B	FI	1	0
88	D	B	FI	1	0
89	D	B	FI	1	1
90	D	B	FI	1	1
91	D	B	FI	1	0
92	D	B	FI	1	1
93	D	B	FI	1	2
94	D	B	FI	1	1
95	D	B	FI	1	1



amostra	margem	polimerização	resina	examinador	grau
96	D	A	FI	1	0
97	D	A	FI	1	1
98	D	A	FI	1	4
99	D	A	FI	1	1
100	D	A	FI	1	1
101	D	A	FI	1	3
102	D	A	FI	1	1
103	D	A	FI	1	1
104	D	A	FI	1	0
105	D	A	FI	1	1
106	D	A	FI	1	1
107	D	A	FI	1	1
108	D	A	FI	1	0
109	D	A	FI	1	2
110	D	A	FI	1	1
111	D	A	FI	1	1
112	D	A	FI	1	1
113	D	A	FI	1	1
114	D	A	FI	1	0

## ANEXO 4

Dados da infiltração marginal para margem em dentina - 114

amostras - obtidos através das leituras das unidades experimentais pelo segundo examinador.

amostra	margem	polimerização	resina	examinador	grau
1	D	B	C	2	2
2	D	B	C	2	3
3	D	B	C	2	2
4	D	B	C	2	1
5	D	B	C	2	1
6	D	B	C	2	1
7	D	B	C	2	0
8	D	B	C	2	1
9	D	B	C	2	0
10	D	B	C	2	0
11	D	B	C	2	*
12	D	B	C	2	1
13	D	B	C	2	2
14	D	B	C	2	1
15	D	B	C	2	0
16	D	B	C	2	1
17	D	B	C	2	1
18	D	B	C	2	1
19	D	A	C	2	1

E = Margem de dentina

A= Polimerização Laser de Argônio

B = Polimerização com Lâmpada Halógena

C = Resina Charisma; FI = Natural Flow; So = Solitaire

\* = Amostra perdida

amostra	margem	polimerização	resina	examinador	grau
20	D	A	C	2	2
21	D	A	C	2	0
22	D	A	C	2	0
23	D	A	C	2	1
24	D	A	C	2	1
25	D	A	C	2	1
26	D	A	C	2	0
27	D	A	C	2	1
28	D	A	C	2	0
29	D	A	C	2	1
30	D	A	C	2	1
31	D	A	C	2	1
32	D	A	C	2	0
33	D	A	C	2	1
34	D	A	C	2	0
35	D	A	C	2	0
36	D	A	C	2	1
37	D	A	C	2	1
38	D	A	C	2	0

amostra	margem	polimerização	resina	examinador	grau
39	D	B	So	2	1
40	D	B	So	2	4
41	D	B	So	2	1
42	D	B	So	2	1
43	D	B	So	2	0
44	D	B	So	2	1
45	D	B	So	2	2
46	D	B	So	2	0
47	D	B	So	2	1
48	D	B	So	2	4
49	D	B	So	2	1
50	D	B	So	2	1
51	D	B	So	2	0
52	D	B	So	2	4
53	D	B	So	2	0
54	D	B	So	2	1
55	D	B	So	2	*
56	D	B	So	2	1
57	D	B	So	2	2

amostra	margem	polimerização	resina	examinador	grau
58	D	A	So	2	4
59	D	A	So	2	0
60	D	A	So	2	0
61	D	A	So	2	0
62	D	A	So	2	1
63	D	A	So	2	1
64	D	A	So	2	1
65	D	A	So	2	1
66	D	A	So	2	1
67	D	A	So	2	0
68	D	A	So	2	1
69	D	A	So	2	0
70	D	A	So	2	1
71	D	A	So	2	4
72	D	A	So	2	0
73	D	A	So	2	0
74	D	A	So	2	1
75	D	A	So	2	0
76	D	A	So	2	*

amostra	margem	polimerização	resina	examinador	grau
77	D	B	FI	2	2
78	D	B	FI	2	1
79	D	B	FI	2	0
80	D	B	FI	2	0
81	D	B	FI	2	1
82	D	B	FI	2	1
83	D	B	FI	2	1
84	D	B	FI	2	1
85	D	B	FI	2	1
86	D	B	FI	2	1
87	D	B	FI	2	0
88	D	B	FI	2	0
89	D	B	FI	2	1
90	D	B	FI	2	1
91	D	B	FI	2	1
92	D	B	FI	2	1
93	D	B	FI	2	2
94	D	B	FI	2	1
95	D	B	FI	2	1

amostra	margem	polimerização	resina	examinador	grau
96	D	A	FI	2	0
97	D	A	FI	2	1
98	D	A	FI	2	4
99	D	A	FI	2	1
100	D	A	FI	2	1
101	D	A	FI	2	3
102	D	A	FI	2	0
103	D	A	FI	2	1
104	D	A	FI	2	0
105	D	A	FI	2	1
106	D	A	FI	2	1
107	D	A	FI	2	1
108	D	A	FI	2	0
109	D	A	FI	2	2
110	D	A	FI	2	1
111	D	A	FI	2	1
112	D	A	FI	2	1
113	D	A	FI	2	1
114	D	A	FI	2	0

## ANEXO 5

Resultado do teste de Kappa ( $\kappa$ ) para se verificar a concordância interexaminador das atribuições dos diferentes escores para os corpos de prova para a resina Charisma.

Escore	0	1	2	3	4	Total
0	40	3	-	-	-	43
1	1	24	2	-	-	27
2	-	-	2	-	-	2
3	-	-	-	2	-	2
4	-	-	-	-	-	-
Total	41	27	4	2	-	74

$$P_o = 0,9189$$

$$P_e = 0,4573$$

$$\kappa = 0,8506$$

$$s_{\kappa} = 0,0966$$

$$p = 0,0000$$

O valor encontrado para a concordância foi significativo e, segundo os padrões de Landis & Koch , houve ótima concordância interexaminador.



Resultado do teste de Kappa ( $\kappa$ ) para se verificar a concordância interexaminador das atribuições dos diferentes escores para os corpos de prova para a resina Natural Flow

Escore	0	1	2	3	4	Total
0	36	1	-	-	-	37
1	3	28	-	-	-	31
2	-	-	3	1	-	4
3	-	-	-	3	-	3
4	-	-	-	-	1	1
Total	39	29	3	4	1	76

$P_o = 0,9342$   
 $P_e = 0,4098$   
 $\kappa = 0,8885$   
 $s_{\kappa} = 0,0879$   
 $p = 0,0000$

O valor encontrado para a concordância foi significativo e, segundo os padrões de Landis & Koch , houve ótima concordância interexaminador.

Resultado do teste de Kappa ( $\kappa$ ) para se verificar a concordância interexaminador das atribuições dos diferentes escores para os corpos de prova para a resina Solitaire.

Escore	0	1	2	3	4	Total
0	26	-	-	-	-	26
1	3	25	-	-	-	28
2	-	-	5	1	-	6
3	-	1	-	4	-	5
4	-	-	-	-	7	7
Total	29	26	5	5	7	72

$$P_o = 0,9305$$

$$P_e = 0,3059$$

$$\kappa = 0,8999$$

$$s_{\kappa} = 0,0719$$

$$p = 0,0000$$

O valor encontrado para a concordância foi significativo e, segundo os padrões de Landis & Koch , houve ótima concordância interexaminador.

## APÊNDICE

A palavra Laser significa *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, ou Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação e é um processo pelo qual uma forma de energia é convertida em energia luminosa.

O laser consiste em ondas que possuem um comprimento de onda específico no espectro eletromagnético. São necessários três elementos para a formação do laser: um meio ativo, um bombeamento que produza a inversão de população e uma cavidade ressonante.

*A luz laser possui algumas características:*

- Monocromática: único comprimento de onda e mesma cor;
- Coerente: raios têm mesma direção;
- Colimada: feixes dos raios são paralelos;

*Quanto à emissão do laser podemos classificá-lo em:*

- Contínuo: a emissão ocorre de forma contínua, permanente.
- Temporizado e pulsátil: a emissão é relaxada e ocorre na forma de pulsos, sendo que estes podem variar de micro a milissegundos.

-Q-switched: é um tipo de emissão pulsada, o pulso é medido em nanossegundos.

O laser interage com os tecidos de quatro formas: reflexão, transmissão, absorção e difusão da luz, podendo ter efeito fototérmico (vaporização, coagulação, desnaturação de proteínas), fotoablativo (corte pouco profundo e sem necrose), fotomecânico, não térmico (fotoquímico e fotofísico). A absorção ou não do laser pelos tecidos depende das propriedades ópticas específicas de cada tecido além das características de emissão do laser.

A luz laser é a mais perigosa de todas as formas de energia luminosa, podendo provocar efeitos deletérios aos olhos e à pele. Medidas de segurança devem ser utilizadas quando da utilização deste aparelho, como óculos de proteção apropriado de acordo com o comprimento de onda utilizado.