

SYMONE CRISTINA TEIXEIRA

**AVALIAÇÃO DA MICROINFILTRAÇÃO MARGINAL EM
RESTAURAÇÕES DE CLASSE V EM RESINA COMPOSTA
EM DENTES BOVINOS. EFEITO DE DIFERENTES
EQUIPAMENTOS PARA PREPAROS CAVITÁRIOS E
SISTEMAS ADESIVOS.**



Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de São José dos Campos Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para a obtenção do título de DOUTOR, pelo Curso de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA, Área de Concentração em Odontologia Restauradora.

Orientador: Prof. Tit. Maria Amélia Máximo de Araújo

São José dos Campos
2000

1D2

T235a

1446

Apresentação gráfica e normatização de acordo com:

BELLINI, A.B.; SILVA, E.A. Manual para elaboração de monografias: estrutura do trabalho científico. São José dos Campos: FOSJC/UNESP, 2000. 81p.

TEIXEIRA, S.C. Avaliação da microinfiltração marginal em restaurações de classe V em resina composta em dentes bovinos. Efeito de diferentes equipamentos para preparos cavitários e sistemas adesivos. São José dos Campos, 2000. 223f. Tese (Doutorado em Odontologia, Área de Concentração em Odontologia Restauradora) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista. São José dos Campos.

DEDICATÓRIA

Ao Lafayette,
marido, amigo, companheiro nos
momentos pessoais e
profissionais, dedico todo meu
amor e admiração.

Aos meus filhos Ana
Carolina e Pedro Henrique,
fontes de amor e alegria
que me renovam a cada
dia.

Aos meus pais Gerson e
Penha, sempre presentes
nas minhas realizações,
dando-me apoio, segurança
e amor.

Aos meus sogros, Ruth e
Lafayette, pela atenção
dispensada a mim, através do
cuidado infinito para com meus
filhos.

Agradecimento especial

À DEUS

**...o nosso louvor e quão é maravilhoso, Senhor, ter tanto a
pedir e tanto mais a agradecer.**

À Profª. Tit. Mária Amélia Máximo de Araújo

**“Ser mestre não é apenas lecionar e ensinar, ou tão pouco
transmitir conhecimento. Ser mestre é ser instrutor, amigo, guia
e companheiro. Caminhar com o aluno passo a passo,
transmitindo sua experiência.”**

Obrigada MESTRA !!!!!

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, pela oportunidade de realizar o curso de Pós-graduação.

Aos colegas de Pós-graduação Cláudio, José Antonio, João Cândido e Sérgio, que compartilharam conosco os anos de estudo e crescimento científico, que não se apaguem ou esmaçam os brilhos do companheirismo e do respeito mútuo.

À Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, pela permissão da utilização do equipamento de laser no LELO (Laboratório Experimental de Laser em Odontologia) .

À Prof. Tit. Carlos de Paula Eduardo, pela atenção dispensada durante a execução da parte experimental dessa pesquisa.

À New Image do Brasil, pela concessão da utilização do Sistema de Abrasão a Ar.

À Prof^a. Dr^a Márcia Carneiro Valera, pela concessão da utilização das pontas CVD e do aparelho de ultra-som.

Ao Frigorífico Mantiqueira, na pessoa do Sr. Afonso Cerqueira.

Ao professor Ivan Balducci, do Departamento de Odontologia Social da Faculdade de São José dos Campos, pela análise estatística.

Aos professores e funcionários do Departamento de Odontologia Restauradora.

Ao Prof. Dr. Marco Antonio Leonel Caetano.

Às amigas Suely Mutti Naressi e Monica Marten pelo prazeroso convívio e contínuo apoio.

À Rita de Cássia Amaral Lopes, pelo trabalho de digitação.

Às secretárias do curso de Pós-Graduação.

À Ângela de Brito Bellini, pelas correções bibliográfica e final desse trabalho.

Ao Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), pela contribuição na fase experimental desse trabalho.

À 3M do Brasil e Degussa pelo fornecimento dos materiais utilizados na pesquisa.

À CAPES, pelo apoio ao curso de Pós-Graduação e pelo auxílio a mim concedido.

A todos que contribuíram para a realização desse trabalho,

...“São muitos os responsáveis por nossa conquista, mas os que estão por trás dela nem sempre recebem mérito justo. Sabendo da sua importância, dedicamos também a vocês este momento.”

SUMÁRIO

RESUMO.....	10
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	11
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	23
2.1 Microinfiltração marginal.....	24
2.2 Abrasão a ar.....	77
2.3 Laser de Er:YAG	90
2.4 Sistema de ultra-som e ponta diamantada CVD.....	137
3 PROPOSIÇÃO.....	140
4 MATERIAL E MÉTODO.....	141
4.1 Material.....	141
4.1.1 Materiais restauradores.....	141
4.1.2 Equipamentos utilizados.....	143
4.1.2.1 Turbina de alta rotação.....	143
4.1.2.2 Sistema de abrasão a ar.....	143
4.1.2.3 Sistema ultra-sônico.....	144
4.1.2.4 Laser de Er:YAG.....	145
4.2 Método.....	147
4.2.1 Preparo dos dentes.....	147
4.2.2 Preparos cavitários.....	148
4.2.2.1 Preparo convencional.....	149
4.2.2.2 Preparo realizado com o sistema de abrasão a ar.....	151
4.2.2.3 Preparo realizado com o sistema ultra-sônico.....	152
4.2.2.4 Preparo realizado com o laser de Er:YAG	153
4.2.3 Procedimento restaurador.....	154
4.2.4 Ciclagem térmica.....	156

TEIXEIRA, S.C. Avaliação da microinfiltração marginal em restaurações de classe V em resina composta em dentes bovinos. Efeito de diferentes equipamentos para preparos cavitários e sistemas adesivos. 2000. 223f. Tese (Doutorado em Odontologia Restauradora) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista. São José dos Campos.

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar *in vitro* a microinfiltração marginal de cavidades de classe V preparadas com turbina de alta rotação (AR), jato abrasivo (AB), ultra-som (US) e laser de Er:YAG (LA) e restauradas com um sistema adesivo multi-passos e um auto-condicionante. Foram selecionados 160 incisivos bovinos para preparo das cavidades na face vestibular, com margem gengival localizada na junção esmalte-cimento e margem oclusal em esmalte. Os materiais utilizados foram Scotchbond Multi-uso Plus/3M (SBMUP), Etch&Prime 3.0/Degussa (EP) e a resina composta Z100/3M. Os dentes foram divididos em oito grupos de vinte, de acordo com equipamento e sistema adesivo empregado: a) AR + SBMUP; b) AR + EP; c) AB + SBMUP; d) AB + EP; e) US + SBMUP; f) US + EP; g) LA + SBMUP; e h) LA + EP. Os dentes restaurados foram armazenados a 37°C por 6 dias, termociclados (500: 5-55°C) e colocados em solução de Rodamina B a 2% por 24 horas. Em seguida foram seccionados e avaliados em lupa estereomicroscópica para determinar o grau de microinfiltração segundo uma escala de 0 a 4. Os dados foram submetidos aos testes estatísticos de Sinais de postos de Wilcoxon, Kruskal-Wallis e Tukey. Houve diferença estatisticamente significativa entre as margens, com maior microinfiltração na cervical; o melhor selamento marginal foi obtido no grupo US/SBMUP; não houve diferença estatisticamente significativa entre os preparos cavitários realizados com laser de Er:YAG e alta-rotação e alta-rotação e abrasão a ar; os maiores valores de microinfiltração foram obtidos no grupo AB/EP.

PALAVRAS-CHAVE: Microinfiltração; turbina de alta-rotação; abrasão a ar; laser de Er:YAG; ultra-som; sistemas adesivos, resinas compostas.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AB	=	abrasão a ar
AR	=	alta rotação
bis-GMA	=	bisfenol A e glicidil metacrilato
Ca	=	cálcio
CIV-RM	=	cimento de ionômero de vidro modificado por resina
CO ₂	=	dióxido de carbono
CP	=	corpo de prova
CVD	=	<i>chemical vapor deposition</i>
EDX	=	energia dispersiva de raios X
EP	=	Etch&Prime 3.0
Er:YAG:	=	laser de érbio :ítrio-alumínio-granada
F.D.A.	=	food and drugs administration
g/min	=	grama por minuto
HEMA	=	hidroxietil metacrilato
Hz	=	hertz (medida de frequência de picos em ondas eletromagnéticas expressa em ciclos por segundo)
J	=	joule (energia)
JCE	=	junção cimento – esmalte
J/cm ²	=	joules por centímetro quadrado (densidade de energia)
J/pulso	=	joule por pulso
LA	=	laser de Er:YAG
Laser	=	amplificação da luz por emissão estimulada de radiação.
M	=	molar
MET	=	microscopia eletrônica de transmissão

MEV	=	microscopia eletrônica de varredura
mJ	=	milijoules (medida de energia equivalente a 10^{-3} J)
mg	=	miligrama
mJ/pulso	=	milijoules por pulso
ml/min	=	mililitros por minuto
mm	=	milímetro (unidade de medida equivalente a 10^{-3} m)
MMA-TBB	=	metil metacrilato/ tri-n-butil burano
mm/s	=	milímetro por segundo
MPa	=	mega Pascal
ms	=	milissegundo
mW/cm ²	=	miliwatt (medida de potência equivalente a 10^{-3} W)
Nd:YAG	=	laser de neodímio; ítrio – alumínio – granada
nm	=	nanômetro (equivalente a 10^{-9} m)
pol	=	polegada
pps	=	número de pulsos de energia laser emitidos em um segundo
psi	=	pounds square inch (força em libras por polegada ao quadrado)
4-META	=	4 metacriloxietil trimelitato anidro
rpm	=	rotações por minuto
SBMUP	=	Scotchbond multi –uso plus
Solução 10-3	=	ácido cítrico a 10% e cloreto férrico a 3%
TEGDMA	=	trietilenoglicol dimetacrilato
US	=	ultra-som
μ	=	mícron (unidade de medida equivalente a 10^{-6} m)
μg	=	micrograma
μm	=	micrometro
μs	=	microssegundo
W	=	watt (potência)

1 INTRODUÇÃO

Desde a década de 1920, a avaliação do selamento marginal de materiais restauradores tem sido enfocada, uma vez que a microinfiltração marginal está diretamente relacionada à cárie recorrente, descoloração dentária, sensibilidade pós-operatória, alterações patológicas da polpa e perda da restauração (Fraser⁵³, 1929; Brannstrom & Nyborg¹⁹, 1971; Kidd⁹³, 1976; Asmussen⁹, 1985; Brannstrom¹⁸, 1987; Cox³¹, 1992).

Há quase meio século Buonocore²⁰ (1955) revolucionou a Odontologia com a técnica do condicionamento ácido, que permitiu a adesão mecânica entre um material acrílico e o esmalte dentário mas, ainda hoje, um dos maiores desafios da profissão é o vedamento da estrutura dentinária por um material restaurador.

A microinfiltração na interface dente-restauração foi definida por Kidd⁹³ em 1976 como a passagem de bactérias, fluídos, moléculas ou íons entre as paredes cavitárias e o material restaurador aplicado sobre ela e a dentina, que por ser um tecido dinâmico e permeável, é capaz de realizar um intercâmbio desses produtos até a polpa, comprometendo a manutenção da saúde desse órgão (Marshall Junior et al.¹⁰⁷, 1997).

Vários materiais e técnicas têm sido avaliados para que haja um maior selamento entre material restaurador e dentina e, conseqüentemente, uma atenuação da microinfiltração marginal através de restaurações adesivas (Retief¹⁴⁸, 1987; Schwartz et al.¹⁵⁸, 1990; Mason & Ferrari¹⁰⁸, 1994; Ferrari & Davidson⁴⁹, 1996; Teixeira et al.¹⁶⁸, 1996).

As resinas compostas são materiais de escolha para restaurações estéticas diretas, entretanto, algumas propriedades tais como contração de polimerização e expansão térmica são os fatores limitantes do selamento marginal desses materiais (Davidson et al.³⁸, 1984). Não só as falhas intrínsecas dos materiais restauradores podem influenciar a qualidade da adaptação marginal, mas também as dimensões e o formato das cavidades, bem como a morfologia dos tecidos dentários, podem contribuir para a formação de fendas ao redor das restaurações (Pashey¹³⁰, 1990; Qvist¹⁴², 1993).

A complexidade morfofisiológica apresentada pela dentina, com basicamente uma estrutura tubular constituída em volume de aproximadamente 50% de mineral, 30% de matéria orgânica e 20% de fluídos, e sua capacidade de modificação por estímulos fisiológicos e patológicos, faz com que a efetividade da adesão a esta estrutura seja muito complexa (Marshall Junior¹⁰⁶, 1993; Marshall Junior et al.¹⁰⁷, 1997).

Outro fator relevante na adaptação marginal das restaurações é a utilização de instrumentos rotatórios que geram calor e vibração sobre os tecidos dentários, produzindo estrias e sulcos nas paredes

cavitárias, mesmo em altas velocidades e com refrigeração, principalmente quando o corte é realizado de maneira contínua, sob pressão ou em áreas de difícil visualização e refrigeração (Mooney¹¹⁷, 1981). Além disso, a ação do instrumento rotatório sobre a dentina produz uma camada de esfregaço, conhecida como *smear layer* ou lama dentinária, que se deposita sobre a superfície preparada e é composta de detritos de esmalte, dentina, sangue, saliva e microrganismos, impedindo o íntimo contato do material restaurador com o substrato e limitando a adesão à dentina (Pashley¹³⁰, 1984; Pashley¹³¹, 1990; Pashley et al.¹³³, 1993).

As formulações dos adesivos dentinários evoluíram, sobretudo no modo de atuação sobre a *smear layer*, com o intuito de minimizar os inconvenientes causados pela sua presença e promover uma maior interação com a dentina, possibilitando melhor desempenho clínico das restaurações adesivas.

A primeira geração de adesivos foi um pouco mais do que um agente de união de esmalte, com necessidade de uma grande área de esmalte para adesão e retenções adicionais; em dentina, a resistência adesiva não era maior do que 2MPa, mesmo com a utilização de ácidos para a remoção da *smear layer* (Freedman & Goldstep⁵⁴, 1997).

A inadequação desses materiais levou ao desenvolvimento da segunda geração de adesivos. Esses sistemas tentaram usar a *smear layer* para adesão, mas ainda apresentaram frágil adesão à dentina (4 a

6MPa), e portanto fracassaram quanto ao selamento marginal (Freedman & Goldstep⁵⁴, 1997; Araújo & Bottino⁵, 1998).

A base da terceira geração dos adesivos dentinários foi o condicionamento ácido total preconizado por Fusayama⁵⁷, 1979. A remoção completa da *smear layer* ou sua modificação promoveria uma retenção micromecânica da resina composta pela penetração do adesivo nos túbulos dentinários abertos. Esses adesivos mostraram-se mais efetivos no aumento da resistência adesiva (em torno de 10MPa) e redução da microinfiltração em dentina, sem contudo eliminá-la (Freedman & Goldstep⁵⁴, 1997; Araújo & Bottino⁵, 1998).

Nessa fase foi introduzido mais um passo no processo de adesão, o *primer*, uma substância indicada para o pré-tratamento da dentina. Sua formulação evoluiu, e o *primer* passou a conter uma porção hidrofílica, com afinidade pela dentina, e uma porção hidrofóbica com afinidade pelo adesivo. O *primer* é essencial para aumentar a energia de superfície e o umedecimento da superfície dentinária, possibilitando sua penetração na dentina desmineralizada (Swift Junior et al.¹⁶³, 1995). A aplicação subsequente de um adesivo preenche os espaços da superfície desmineralizada, formando a camada híbrida (Nakabayashi et al.¹²¹, 1982; Nakabayashi et al.¹²², 1991; Swift Junior et al.¹⁶³, 1995).

Os sistemas adesivos multi-passos, baseados nos conceitos do condicionamento ácido total e adesão úmida, foram a marca dos adesivos de quarta geração, entretanto, parece que a qualidade desses produtos

foi um pouco abalada pela diversidade de uso e de etapas a serem cumpridas no processo de adesão pelo cirurgião-dentista (Freedman & Godstep⁵⁴, 1997; Fritz & Finger⁵⁵, 1999). Aliado a isso, as pesquisas evoluíram no sentido de diminuir a discrepância entre profundidade de desmineralização e infiltração da resina que resultava numa camada híbrida frágil e susceptível a hidrólise e microinfiltração (Araújo & Bottino⁵, 1998).

Surgia, então, uma nova versão de sistemas adesivos, conhecida como sistemas adesivos de frasco único, com *primer* auto-condicionante. A diferença desse sistema adesivo é a não utilização do condicionamento ácido, resultando numa área de desmineralização superficial, preenchida por monômero. Essa nova forma de ligação à estrutura dentária recebeu o nome de “Integração com a lama dentinária” (Araújo & Bottino⁵, 1998; Sano et al.¹⁵⁶, 1999). Os representantes dessa linha de adesivos são o Clearfil Liner Bond (Kuraray) e o Etch & Prime 3.0 (Degussa).

Uma nova linha de pesquisa vem emergindo na década de 90, em busca de equipamentos alternativos ao instrumento rotatório convencional, equipamentos que não só sejam capazes de cortar e reduzir a estrutura dentária, mas também proporcionar preparos cavitários mais conservadores e com maior conforto ao paciente durante o ato operatório. Essas novas alternativas incluem a abrasão a ar e o uso da irradiação a laser.

O uso da abrasão a ar foi desenvolvido por Black¹³ em 1945. Esse método de remoção de estrutura dentária, através da colisão de partículas de pó sobre a superfície, despontou como um aparelho capaz de cortar os tecidos dentários sem trauma ou desconforto para o paciente. Devido aos materiais restauradores da época, amálgama, ouro direto e indireto e cimento de silicato necessitarem de preparos cavitários com ângulos nítidos e paredes planas, as cavidades realizadas com jato abrasivo tinham que ser acabadas com instrumentos manuais e rotatórios. Apesar do entusiasmo inicial do autor, o alto custo do aparelho de abrasão a ar, a dificuldade de aprendizado da técnica, a necessidade do uso concomitante de instrumentos rotatórios ou manuais e a difusão das turbinas de alta rotação com um preço mais acessível e velocidade de corte maior, fizeram com que a tecnologia da abrasão a ar caísse em desuso, ficando limitada à profilaxia.

Com o advento dos materiais restauradores adesivos, o emprego da abrasão a ar ressurgiu nos anos 90 como uma técnica alternativa e adjunta na remoção de tecidos cariados e preparos cavitários (Christensen²⁸, 1996; Rosenberg¹⁵², 1996; Pitel¹³⁷, 1998, Porth¹³⁸, 1998; Christensen²⁹, 1998; Horiguchi et al.⁸², 1998).

Quanto a aplicação do jato abrasivo, este não causa calor nem microfendas na estrutura dentária pela vibração durante o preparo cavitário, podendo contribuir para uma melhor adaptação entre paredes

cavitárias e o material restaurador e, conseqüentemente, reduzir a microinfiltração (Ferdianakis⁴⁸, 1998 ; Berry III & Ward¹², 1995)

Outra alternativa para a realização de preparos cavitários é a aplicação da energia a laser (Matsumoto et al.¹⁰⁹, 1991; Pellagalli et al.¹²⁴, 1997).

A utilização da irradiação laser na Odontologia tem sido investigada desde a década de 60 (Stern & Sognnaes¹⁶¹, 1964). Inicialmente essa tecnologia foi usada para remoção de cárie em esmalte e dentina, usando o laser de Rubi. Em seguida, vários tipos de laser foram surgindo, como o Argônio, Dióxido de carbono, Hélio-Neônio, Neodímio, Hólmio, Érbio, entre outros, com radiação contínua ou pulsada, de comprimentos de onda, intensidade e freqüências variadas, podendo ser utilizados nas diversas áreas da Odontologia (Featherstone⁴⁷, 1996; Georgiades & Parara⁶⁰, 1996; Mercer¹¹²⁻³, 1996).

Com a utilização do laser em tecido duro, é possível a remoção de cárie com um mínimo de remoção de tecido sadio e as mudanças morfológicas causadas no dente podem torná-lo mais resistente aos ataques de ácidos e cáries secundárias (Morioka et al.¹¹⁸, 1991; Featherstone⁴⁷, 1996; Kinney et al.⁹⁴, 1996; Keller et al.⁹², 1998; Pelino et al.¹³⁵, 1999).

O laser de Er:YAG (Érbio: ítrio-alumínio-granada) com comprimento de onda de 2,94µm, coincide com o espectro máximo de absorção da água e hidroxiapatita, conseqüentemente ocorre uma

máxima absorção, ou seja, transformação em energia térmica e mínima refração, o que representa uma mínima penetração no tecido dental, sem aquecimento subjacente, já que toda a radiação é reabsorvida pela superfície da água. Este mecanismo de remoção do tecido dentário é conhecido como ablação termo-mecânica. A mínima penetração no tecido duro, associada à sua característica de laser pulsátil e ao curto tempo de incidência, limita a carga térmica sobre o tecido, evitando a fusão do esmalte, carbonização da dentina e danos pulpares que outros tipos de laser podem causar, como por exemplo, o laser de CO₂ e de Nd:YAG (Hibst & Keller⁷⁷, 1989; Kayano et al.⁸⁶, 1991; Hibst & Keller⁷⁹, 1992; Hibst & Keller⁸⁰, 1992; Wigdor et al.¹⁷⁸, 1993; Gonzales et al.⁶⁵, 1996).

A ação do laser de Er:YAG causa uma eliminação do tecido dentário em forma de crateras, com diâmetros e profundidades variáveis, em função da energia e distância focal aplicadas. A superfície do esmalte apresenta-se irregular e áspera e os túbulos dentinários abertos, entretanto, não são visíveis os efeitos térmicos (Kayano et al.⁸⁶, 1991).

A eficácia do laser de Er:YAG na remoção de cárie e preparo cavitário, bem como a segurança e aceitação clínica do uso desse aparelho tem sido comparada ao uso do instrumento rotatório convencional (Burkes et al.²¹, 1992; Wigdor et al.¹⁷⁷, 1992; Wigdor et al.¹⁷⁸, 1993; Kumazaki⁹⁶, 1994; Sekine et al.¹⁵⁹, 1994; Yokoyama et al.¹⁸¹, 1996; Cozean & Powell³³, 1998; Dostálová et al.⁴¹, 1998). Embora exista

uma preferência dos pacientes pelo uso do laser, o uso dessa irradiação como um meio de alterar a natureza química e estrutural da superfície dentária e o efeito dessa ação na resistência de união de materiais adesivos, têm mostrado resultados bastante divergentes (Cooper et al.³⁰, 1988; Gonçalves⁶⁴, 1997; Teixeira et al.¹⁶⁷, 1998).

Existe ainda em odontologia um equipamento capaz de remover estrutura dentária, o ultra-som, que vem sendo empregado em endodontia na realização de preparos do ápice radicular. O uso deste aparelho com instrumentos diamantados proporciona a realização de preparos cavitários mais conservadores e paredes regulares além de menor quantidade de *smear layer* resultante (Engel & Steiman⁴⁴, 1995). A ação do ultra-som sobre o tecido dentário, seguida pelo uso de materiais adesivos, tem sido discutida na literatura (Beling et al.¹¹, 1997; Min et al.¹¹⁴, 1997; Leonardo & Leal¹⁰¹, 1998).

Os novos aparatos para preparos cavitários, laser, abrasão a ar e ultra-som, que produzem paredes cavitárias e *smear layer* diferentes do instrumento rotatório convencional, as novas formulações de sistemas adesivos que não removem, mas se integram à *smear layer* e, as divergências e limitações das informações quanto à qualidade da adesividade da interface dente/material restaurador quando do emprego desses materiais e instrumentos, despertaram-nos a idéia de avaliar a microinfiltração marginal de restaurações em resina composta realizadas

em preparos cavitários de classe V, obtidos através de diferentes equipamentos.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Para que essa revisão da literatura torne-se elucidativa, a compilação dos dados bibliográficos foi distribuída nos seguintes tópicos: **microinfiltração marginal**, abrangendo fatores relacionados direta ou indiretamente nesse processo, tais como as propriedades físico-químicas das resinas compostas, características do substrato dentário e do preparo cavitário convencional, técnicas e variáveis dos testes de adesão; **abrasão a ar e laser de Er:YAG**, onde são revistos a evolução dos aparelhos, características do substrato dentário resultante da ação da abrasão a ar e do laser e avaliações da interface desse substrato resultante com materiais restauradores, e **sistema ultra-sônico e ponta diamantada CVD**, levando-se em consideração a literatura pertinente ao emprego do ultra-som, que embora esteja relacionada à endodontia, começa a despertar o interesse de pesquisas voltadas ao preparo de cavidades, e algumas considerações a respeito da ponta diamantada CVD, pela ausência de literatura sobre o uso do ultra-som associado a ponta CVD para preparos cavitários em dentística.

2.1 Microinfiltração marginal

Segundo Going⁶², em 1972, a microinfiltração na interface dente-material restaurador é o fator que mais influencia a longevidade de uma restauração.

Kidd⁶³, em 1976, discorreu sobre as várias técnicas desenvolvidas para o estudo da permeabilidade marginal da interface dente/restauração, incluindo o uso de corantes, isótopos radioativos, pressão de ar, bactérias, análise microscópica e cárie artificial. Os resultados desses estudos enfatizaram que as margens das restaurações não são fixas, inertes ou impenetráveis.

Davidson et al.³⁸, 1984, estudaram a influência da contração de polimerização desenvolvida durante a polimerização da resina composta na adesão em dentina bovina tratada com agentes adesivos. Em uma superfície plana, a adesão da resina foi mantida apesar da contração de polimerização. Num segundo experimento, foram preparadas cavidades de classe V com assoalho em dentina. Após a inserção de resina, a contração de polimerização foi superior à adesão, separando a resina da dentina. Os autores verificaram, portanto, que a forma da cavidade influenciou na conservação da adesão.

Em 1985, Asmussen⁹ enfocou as propriedades físicas e químicas das resinas compostas e sua importância no comportamento clínico desses materiais. As restaurações em resina composta têm

fracassado, principalmente quanto a abrasão, estabilidade de cor e infiltração marginal. Essa suscetibilidade a infiltração marginal implica na penetração de bactérias e corantes que levam a cáries secundárias, injúrias à polpa e descoloração marginal. A formação de fenda ao redor da restauração está relacionada a contração da resina composta durante a polimerização. Os meios de prevenção dessa fenda seriam esperar a expansão hidrosópica da resina, não polindo imediatamente as restaurações, pois os detritos oriundos desse procedimento seriam forçados na fenda aberta e impediriam o seu fechamento; condicionamento ácido do esmalte; o uso de um efetivo adesivo dentinário, que não somente proporcionasse uma alta resistência adesiva, mas também uma adesão rápida; e o menor preparo cavitário possível, limitando-se a remoção do tecido cariado. O autor salientou que a microinfiltração deve ser considerada um fenômeno dinâmico com a presença de certa quantidade de fluídos e produtos bacterianos ao longo da interface dente/restauração, sendo essa microinfiltração uma das maiores causas de cárie recorrente, inflamação e necrose pulpar. Assim, segundo o autor, além do remanescente dentinário se constituir numa barreira física à infiltração, os condicionadores de esmalte e dentina que promovem uma limpeza do substrato dentinário aliados aos novos sistemas adesivos considerados biocompatíveis e que se infiltram nesse substrato, pode-se esperar uma eficiente prevenção a futuras infiltrações por agentes bacterianos.

Crim et al.³⁷, em 1985, avaliaram a influência da técnica de termociclagem, variando o número de imersões (um ciclo com dois ou quatro banhos), e o uso de corante ou radioisótopo (fucsina básica e ⁴⁵Ca, respectivamente), na capacidade de selamento do preparo cavitário de um material restaurador. Concluíram que não houve diferença estatisticamente significativa entre a técnica de termociclagem utilizada, e que todo procedimento que envolvia variação térmica foi mais efetivo em demonstrar infiltração do que o método sem variação térmica. Quanto ao tipo de solução usada para evidenciar a microinfiltração, não houve diferença estatisticamente significativa, sendo ambos efetivos na penetração entre dente/restauração, independentemente da técnica de termociclagem.

Para avaliar a infiltração na margem cimento/dentina de restaurações de classe V de lesões de erosão/abrasão, Welsh & Hembree Junior¹⁷⁵, 1985, realizaram um estudo *in vitro* utilizando quatro materiais restauradores: Concise (3M Dental Products), Fuji Ionomer Cement (G-C Dental Industrial), Den-Mat Dentin Bonding System (Den-Mat) e Clearfil (Kuraray). Foram utilizados 72 dentes humanos anteriores e pré-molares. A área de erosão/abrasão foi produzida mecanicamente em cada dente com um disco de carburundum, com a margem oclusal localizada em esmalte e a margem cervical em cimento/dentina, e polida com pedrapomes. Após realizadas as restaurações, os dentes foram termociclados (100 ciclos de 4°C/1 min; 58°C/1min), armazenados por uma semana, três

e seis meses em água destilada a 37°C, e após esses períodos, submetidos a uma solução de isótopo ^{45}Ca por 2 horas. Os autores observaram que houve uma maior infiltração na margem gengival em dentina/cimento do que na margem oclusal em esmalte. Dos quatro materiais testados na margem gengival, o Den-Mat mostrou máxima infiltração nos três períodos avaliados, seguido pelo Concise; o Clearfil também mostrou significativa infiltração, mas não com a extensão apresentada pelo Concise. O cimento de ionômero de vidro Fuji apresentou o melhor resultado com um mínimo de infiltração nos três intervalos de tempo estudados. Esses achados demonstraram que sistemas adesivos capazes de selar a margem de dentina/cimento ainda precisam ser desenvolvidos.

Os estudos sobre a microinfiltração marginal têm demonstrado a presença de uma fenda com fluido entre a restauração e a parede cavitária. Entretanto, considerando a polpa, poucos experimentos evidenciaram os produtos tóxicos provenientes de bactérias, que devem existir na superfície dentária e nas margens da restauração, podendo causar injúrias à polpa, afirmou Brannstrom¹⁸ em 1987. Os meios de infecção sob as restaurações de resina composta podem ser por invasão pela fenda marginal, bactérias presentes na *smear layer*, na fenda da junção esmalte dentina ou dentro dos túbulos dentinários e provenientes do jato de ar. Segundo o autor, alguns fatores poderiam reduzir o risco de infecção tais como: remoção superficial da *smear layer*, dessecação

por 10 segundos, aplicação de uma base antibacteriana, condicionamento ácido do esmalte, selamento das fendas com resina e aguardo da expansão higroscópica do material restaurador com consequente preservação da vitalidade pulpar.

Crim & Garcia-Godoy³⁶, em 1987, investigaram a influência do tempo de estocagem do dente restaurado até a termociclagem e a duração do ciclo térmico na infiltração marginal de restaurações de resina composta. Foram realizadas restaurações de classe V em premolares humanos hígidos, nas faces vestibular e lingual, com todas as margens localizadas em esmalte. O sistema adesivo utilizado foi o Prisma-Bond (L.D.Caulk) e a resina composta Prisma-Fil (L.D.Caulk). Após 15 minutos da fotopolimerização, os excessos de material foram removidos e as restaurações receberam acabamento e polimento. Cinco dentes perfazendo um total de dez restaurações foram submetidos aos seguintes métodos de termociclagem (com variação de temperatura de 37°C por 23 segundos, 54°C por 2 segundos, 37° C por 23 segundos e 12°C por 4 segundos): a) imediatamente sujeitos a 100 ciclos; b) imediatamente sujeitos a 1500 ciclos; c) armazenados à temperatura ambiente por 24 horas, antes dos 100 ciclos; d) armazenados 24 horas antes dos 1500 ciclos. Os dentes foram colocados no corante fucsina básica por 24 horas, seccionados e a infiltração foi analisada com atribuição de escores de 0 a 3. Os resultados demonstraram que o tempo de armazenamento curto e a duração da_ciclagem térmica não tiveram influência significativa na

microinfiltração das restaurações de resina composta. A ciclagem térmica de 100 ciclos foi tão efetiva em demonstrar microinfiltração como a de 1500 ciclos.

Pashley¹³¹, em 1990, salientou que, para um entendimento das consequências clínicas a respeito da microinfiltração, é necessária a análise da permeabilidade dentinária, já que a maioria dos materiais restauradores permitem a microinfiltração de bactérias e seus produtos da cavidade oral à dentina. Quanto maior a exposição da superfície dentinária durante o preparo cavitário, maior o potencial de infiltração e, quanto mais espessa a dentina, menor a permeabilidade. A dentina sobre o corno pulpar é mais permeável que a dentina central, da mesma forma que a dentina da parede axial é mais permeável que a dentina da parede pulpar das cavidades. Dentina coronária é mais permeável que dentina radicular. O diâmetro dos túbulos, o número de túbulos por área, além da presença ou não da *smear layer*, são também fatores muito importantes. *Smear layer* constitui uma camada natural que reduz a permeabilidade da dentina muito mais que qualquer verniz cavitário, entretanto, esta camada diminui a força de adesão dos adesivos dentinários em virtude da pouca aderência da *smear layer* à dentina. Porém, quando essa camada é removida, a força de adesão dos adesivos aumenta, mas também aumenta a possibilidade de inflamação pulpar, se não houver um selamento perfeito. Segundo o autor, *in vivo*, há um equilíbrio entre a taxa de difusão dos produtos bacterianos na dentina, devido à microinfiltração

na interface dente/restauração e à taxa pelas quais são removidos pela circulação pulpar. A diminuição da circulação sangüínea pode permitir a concentração e aumento desses produtos, levando a recidivas de cárie e mais seriamente à inflamação pulpar. Dessa forma, normalmente, há pouca correlação entre a extensão da microinfiltração *in vitro* com o sucesso clínico do material restaurador, o que impede a extrapolação dos resultados obtidos *in vitro* para situações clínicas.

Em 1991, Nakabayashi et al.¹²² salientaram que se ocorrer a verdadeira hibridização da dentina, por certos monômeros que podem se infiltrar na dentina e combinar com o colágeno e hidroxiapatita, haverá a formação de uma zona de resistência a ataques ácidos, que sela a dentina, prevenindo a hipersensibilidade e recidivas de cárie. Destacaram a presença da camada híbrida como um mecanismo de adesão dentinária.

Em 1991, Prati et al.¹³⁹, analisaram a resistência adesiva e a microinfiltração em cavidades de classe V não retentivas. Para o teste de microinfiltração foram confeccionadas 158 cavidades em molares humanos, com a margem cervical em cimento. Dez diferentes sistemas adesivos foram utilizados com suas respectivas resinas compostas e alguns com resinas diferentes, para avaliar alguma possível alteração na performance dos sistemas adesivos. Após 250 termociclos, os dentes foram imersos em solução de azul de metileno por 48 horas. Como resultados dos testes adesivos, os autores certificaram que houve

diferença significativa na resistência adesiva dos materiais estudados. Em relação a microinfiltração, apenas 11,54% apresentaram infiltração em esmalte quando comparados a 36,53% na superfície dentinária, dos materiais estudados. Nenhum sistema adesivo preveniu por completo a infiltração em cimento. Os autores relataram que testes de resistência adesiva ao cisalhamento e microinfiltração não são totalmente comparáveis.

Cox³¹ em 1992, realizou uma revisão de literatura abrangendo o substrato dentinário, adesivos, cimentos, mecanismos de ação desses materiais, microinfiltração, e seus efeitos sobre o órgão pulpar. O autor salientou que a microinfiltração deve ser considerada um fenômeno dinâmico com a presença de certa quantidade de fluidos e produtos bacterianos ao longo da interface dente/restauração, sendo essa microinfiltração uma das maiores causas de cárie recorrente, inflamação e necrose pulpar. Diante do remanescente dentinário se constituir numa barreira física, do advento dos condicionadores de esmalte e dentina que promovem uma limpeza do substrato dentinário, assim como os novos sistemas adesivos biocompatíveis que se infiltram nesse substrato deve-se esperar uma eficiente prevenção à futuras infiltrações por agentes bacterianos.

Han et al.⁷¹, em 1992, observaram em estereomicroscopia e MEV a frequência do aparecimento de micro-fraturas ao redor das restaurações de resina composta em cavidades de Classe I e V,

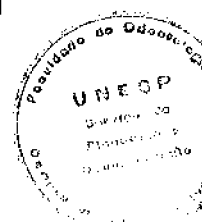
procurando relacionar com vários fatores clínicos, tais como: sistema de polimerização (químico ou fotoativado), ângulo cavo-superficial (com ou sem bisel), e tempo para efetuar o polimento após a restauração (10 minutos, 24 horas, uma semana), além da influência do uso *in vitro* de dentes frescos ou armazenados por menos de um ano. Os autores verificaram micro-fraturas em esmalte biselado nas cavidades de Classe I e V, quando as restaurações receberam acabamento e polimento logo após a confecção das restaurações. A ocorrência das micro-fraturas foi maior com as resinas fotopolimerizáveis para cavidades não biseladas e polidas após 10 minutos ou 24 horas após a restaurações terem sido confeccionadas em relação às resinas químicas. As micro-fraturas foram reduzidas em cavidades biseladas e com polimentos dados após uma semana de confeccionadas. Em relação ao tempo de extração, não houve diferença significativa entre os dentes em relação às micro-fraturas. Os autores também relataram que as micro-fraturas de esmalte facilitaram a penetração do corante à dentina, significando infiltração marginal.

Muitos estudos de adesão, constatando a formação da camada híbrida, *in vitro*, têm sido realizados. Entretanto, Nakabayashi et al.¹²⁰, em 1992, realizaram a avaliação *in vivo* dessa adesão. Utilizaram três dentes que iriam ser extraídos por problemas periodontais, onde um era cariado e os outros dois não cariados. Na superfície vestibular foram feitos desgastes de esmalte para expor a dentina, a qual foi pré-tratada com solução 10-3 (solução ácido cítrico a 10% e cloreto férrico a 3%) por 10 ou

30 segundos, lavada por 30 segundos e seca por 30 segundos. Um adesivo contendo a resina 4-meta/MMA-TBB foi aplicado como pré-tratamento dentinário. Os dentes foram imediatamente extraídos para observação em microscópio eletrônico de transmissão (MET). Os autores verificaram que o dente cariado que recebeu pré-tratamento com a solução 10-3 por 30 segundos, houve a formação de uma camada híbrida de 3 a 4µm. No dente não cariado pré-tratado com solução 10-3 por 10 segundos, formou-se uma camada híbrida de 2µm. Foi possível verificar áreas de colágeno desmineralizadas sem a formação da camada híbrida. O terceiro dente que recebeu o pré-tratamento dentinário com solução 10-3 por 30 segundos também demonstrou a formação de uma camada híbrida de 2µm. Em relação a diferença destes resultados com os dos testes *in vitro*, os autores relataram que *in vivo* os achados microscópicos foram semelhantes, que a dentina vital foi mais resistente ao condicionamento ácido, e que houve uma pequena desmineralização do substrato dentinário. Em resumo, consideraram que a adesão *in vivo* também pode ser durável.

Pashley et al.¹³², em 1992, afirmaram que o efeito do condicionamento da polpa é mínimo quando se consegue um bom selamento com a aplicação dos agentes adesivos e da resina composta. Os autores, porém, comentaram que o condicionamento ácido pode trazer algumas desvantagens como o aumento da permeabilidade dentinária, aumento da umidade, desnaturação do colágeno, aumento do potencial

X 1946



de irritação pulpar por infiltração de produtos bacterianos e redução da porosidade da matriz desmineralizada pela precipitação de íons de cálcio e fosfato. Houve também uma discrepância entre a profundidade de desmineralização e capacidade de penetração dos agentes adesivos. Os autores concluíram que seria desejável reduzir a concentração do ácido fosfórico e o tempo de aplicação para se obter um máximo de resistência adesiva com mínimo de infiltração.

A possibilidade de redução da microinfiltração marginal através da técnica de condicionamento ácido da dentina foi avaliada, em 1992 por Swift Junior & Le Valley¹⁶². Foram utilizados os sistemas adesivos Tenure (Den-Mat), Scotchbond 2 (3M Dental Products) e Clearfil Photo Bond (Kuraray), com ou sem pré-tratamento da dentina com o ácido fosfórico a 37% por 20 segundos, em cavidades de classe V realizadas em molares humanos extraídos. As amostras foram termocicladas e imersas em corante nitrato de prata a 50%. Após a avaliação da microinfiltração, concluíram que esta técnica realmente causou uma redução na microinfiltração marginal, porém não houve uma eliminação completa, principalmente nas margens em dentina.

Wieczkowski Junior et al.¹⁷⁶, em 1992, afirmaram que a característica mais importante que deve ser observada na seleção de um sistema adesivo e de uma resina composta é a resistência a microinfiltração marginal. Nesse estudo compararam a extensão e o padrão da microinfiltração de quatro sistemas adesivos: Prisma Universal

Bond 3/Prisma Micro-Fine (Caulk); XR Bond/Herculite (Kerr); Scotchbond 2/Silux (3M Dental Products) e Tenure/Perfection (Dentinária-Mat). Restaurações de classe V foram confeccionadas nas faces vestibular e lingual de vinte dentes humanos extraídos. Os espécimes foram submetidos a ciclagem térmica, previamente à imersão em solução de nitrato de prata 50% e posteriormente, seccionados longitudinalmente para avaliação observados em microscopia óptica, microscopia eletrônica de varredura (MEV) e de dispersão de raios-X (EDX). Os resultados sugeriram que os sistemas que dissolvem a *smear layer* não selaram os túbulos dentinários efetivamente. O uso do nitrato de prata proporcionou uma visão melhor da microinfiltração, quando usado com MEV e EDX, mostrando um claro traçado da localização e extensão da infiltração. Concluíram também que os quatro sistemas exibiram diferentes padrões de infiltração, e que a *smear layer* deveria ser condicionada ou removida previamente à aplicação do sistema adesivo para promover um melhor selamento marginal.

Em 1993, Abdalla & Davidson¹ procuraram estabelecer a performance adesiva de alguns novos materiais, Scotchbond Multi Purpose (3M Dental Products), Clearfil LB (Kuraray) e Optibond (Kerr), frente aos testes de resistência ao cisalhamento e microinfiltração marginal. Para o teste de resistência adesiva, os autores utilizaram molares humanos recém-extraídos, armazenados em água a 37°C. O esmalte coronário de cada dente foi removido e sua porção restante foi montada em um anel

plástico. Na superfície dentinária foi produzida uma *smear layer* com disco de granulação 600. Os espécimes foram divididos em três grupos, um para cada sistema adesivo, contendo oito dentes cada. A aplicação dos adesivos seguiu a orientação dos fabricantes e as resinas restauradoras foram respectivamente P50 (3M), Clearfil Photo Posterior (Kuraray) e Herculite XR (Kerr). Os testes foram executados após 24 horas da confecção das restaurações. As falhas adesivas foram analisadas em estereomicroscópio e alguns casos em MEV. Para avaliarem a microinfiltração, foram utilizados primeiros e segundos molares inferiores extraídos, onde foram confeccionados preparos cavitários de classe V nas superfícies vestibular e lingual, com a margem gengival em cimento. O esmalte foi condicionado com ácido fosfórico 35% por 30 segundos, e aplicação dos sistemas adesivos. Foram restaurados oito espécimes de cada material. Os corpos de prova foram armazenados em água por um dia, e submetidos ao estresse mecânico imersos em solução de azul de metileno a 2%. Os autores observaram que as fraturas do Scotchbond Multi Purpose foram basicamente coesivas na dentina ou na resina; o OptiBond teve na sua maioria, fraturas adesivas; e para o Clearfil LB, ocorreram ambas as fraturas. Não houve, no entanto, diferença significativa entre a resistência adesiva destes três materiais. Somente em um corpo de prova do OptiBond ocorreu infiltração na parede gengival. Relataram que a falta de infiltração marginal pode estar relacionada a alta resistência adesiva destes materiais.

Barnes et al.¹⁰, em 1993, realizaram um estudo comparativo entre a microinfiltração de restaurações de classe V em resina composta, realizadas *in vivo* e *in vitro*. Foram utilizados os sistemas adesivos Prisma Universal Bond 2 (LD Caulk) e Prisma Universal Bond 3 (LD Caulk) e restaurados com a resina composta APH (LD Caulk). As amostras *in vivo* foram extraídas, aproximadamente, seis semanas após a restauração. As amostras *in vitro* foram termocicladas (540 ciclos: 5° e 55°C). Todos os dentes foram colocados em solução de nitrato de prata a 50% por 2 horas. Os autores observaram que as restaurações realizadas em laboratório apresentaram maior grau de infiltração do que aquelas realizadas clinicamente, e que não houve diferença entre o comportamento dos dois sistemas adesivos estudados.

Muitos estudos têm enfatizado a técnica ou o material restaurador mais eficaz na redução da microinfiltração em cavidades de classe V, porém o acabamento das margens do preparo também deve ser avaliado. Assim, Hall et al.⁷⁰, em 1993, procuraram avaliar a influência do formato do preparo cavitário em relação à microinfiltração. Os autores utilizaram quatro grupos de 15 dentes humanos, onde foram confeccionados preparos cavitários de classe V na superfície vestibular. Em dois grupos, as margens cervicais foram preparadas próximas à junção cemento-esmalte (JCE) com 1,0mm ou menos (medido com sonda periodontal), com confecção do bisel em um deles; e nos outros dois grupos, as margens cervicais localizam-se entre 1,5mm a 3,0mm

desta união, sendo que num desses grupos também foi realizado bisel. O bisel foi realizado em 45° com pontas de acabamento 7902. As margens em esmalte receberam condicionamento ácido (ácido fosfórico 37%) por 30 segundos, depois lavados, secos e aplicados o sistema adesivo Enamel Bond Resin (3M Dental Products) e por fim, restaurados com Resina Silux (3M Dental Products) em incrementos, sendo polimerizados por 40 segundos cada incremento. Após estes procedimentos, receberam acabamento e polimento com o sistema Sof-Lex (3M Dental Products), e foram termociclados (2500 ciclos, entre 0 e 40°C). O agente evidenciador foi o ^{45}Ca e, posteriormente a sua aplicação, os dentes foram autorradiografados. Após a análise da penetração do isótopo com atribuição de escores, os autores verificaram que a diferença de infiltração na margem oclusal não foi significativa entre os grupos, porém, na margem cervical houve diferença, onde a margem cervical não biselada próximo a JCE teve maior infiltração que a margem cervical não biselada distante deste limite, e que também foi maior que a infiltração da margem cervical biselada próximo a JCE. Os autores recomendaram a confecção do bisel em esmalte.

Mandras et al.¹⁰⁵, em 1993, avaliaram a infiltração marginal quantitativa de seis sistemas adesivos. Foram realizados preparos cavitários de classe V em noventa dentes humanos, logo abaixo do limite amelo-dentinário. Os adesivos e as resinas utilizadas foram Gluma/Pekafill (Bayer); Tripton/Opalux (ICI Dental); Syntac/Heliomolar

(Ivoclar); Prisma Universal Bond 2/APH (L.D. Caulk); Prisma Universal Bond 3/APH (L.D. Caulk) e Clearfil Photo Bond/Photo Clearfil Bright (Kuraray). Os adesivos e as resinas foram aplicados de acordo com a recomendação dos fabricantes. Após 15 minutos do procedimento restaurador, elas receberam o acabamento com brocas de 12 lâminas (Midwest Dental) e o polimento com discos Sof-Lex (3M Dental Products). Os dentes foram conservados em solução salina durante a noite em temperatura ambiente, e em seguida foram submetidos a termociclagem (500 ciclos de 8°C a 50°C a cada 15 segundos) em solução de azul de metileno. Secções de 8mm foram realizadas nos dentes e mantidos em ácido nítrico a 50%, por 48 horas. O ácido nítrico é então diluído em 8 ml de água destilada, filtrada e centrifugada. A quantidade de microinfiltração foi expressa por μg tinta/restauração. Este procedimento calcula melhor a quantidade de microinfiltração em relação à medida de infiltração linear, a qual é verificada somente em um plano. Os autores verificaram que o material que obteve maior infiltração foi o Gluma, tendo como intermediários o Tripton, Syntac e Prisma Universal Bond 2, e menores infiltrações o Prisma Universal Bond 3 e o Clearfil.

Para avaliar a efetividade de três materiais e técnicas em restaurações de lesões cervicais, Sidhu¹⁶⁰, 1993, usou a infiltração marginal como meio de comparação. Foram utilizados oitenta dentes humanos extraídos, onde foram preparadas cavidades em forma de cunha com margem cervical na junção esmalte-cimento, nas superfícies

vestibular e lingual de cada dente. Os espécimes foram divididos em quatro grupos de quarenta cavidades cada: a) grupo 1 (controle), restauradas com resina composta Herculite XR (Kerr/Sybron) sem nenhum adesivo; b) grupo 2: restauradas com Herculite e sistema adesivo XR Primer (Kerr/Sybron) e XR Bond (Kerr/Sybron); c) grupo 3: restauradas com cimento de ionômero de vidro fotopolimerizável XR Ionomer (Kerr/Sybron), sistema adesivo XR primer e XR Bond e resina composta Herculite XR, na técnica de sanduíche; e d) grupo 4: restauradas com o cimento de ionômero de vidro Fuji Ionomer tipo II (GC Dental). O esmalte dos espécimes dos grupos 1, 2 e 3 foi condicionado com ácido fosfórico a 37% por 15 segundos. Metade dos espécimes de cada grupo foi submetida a termociclagem (1.500 ciclos : $5^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ e $55^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$). Todos os dentes foram colocados em solução de fucsina básica a 0,5% por 24 horas. Após a análise da microinfiltração marginal, o autor relatou que não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos termociclado e não-termociclado, que a técnica do condicionamento ácido foi efetiva para reduzir a microinfiltração ao longo da interface restauração/esmalte e que nenhuma técnica foi efetiva no selamento da margem gengival. O uso da técnica de sanduíche ou apenas o uso do cimento de ionômero de vidro, de modo geral, promoveu um selamento mais efetivo nas restaurações cervicais quando comparado com as restaurações em resina composta e não houve diferença

estatisticamente significativa entre as restaurações com cimento de ionômero de vidro e a técnica do sanduíche.

Yu et al.¹⁸⁴, em 1993, fizeram uma revisão da literatura a respeito da adesão à dentina. A permanência, a dissolução, modificação e/ou remoção da *smear layer* e os agentes responsáveis por estas ações na superfície dentinária, assim como os resultados das pesquisas quanto à microinfiltração e resistência adesiva foram discutidos. Concluíram que a remoção da *smear layer* permite maiores valores de resistência adesiva, além da redução da microinfiltração; a viscosidade dos adesivos e o tipo de polimerização (química ou foto) têm grande importância na qualidade marginal e resistência adesiva, sendo que os adesivos quimicamente ativados apresentam vantagens quando associados a restaurações de amálgama.

O selamento marginal de novos sistemas adesivos foi avaliado por Chan & Swift Junior²⁷, em 1994. Foram utilizados quarenta molares humanos, onde foram preparadas cavidades nas superfícies vestibular e lingual de cada dente. As cavidades da superfície vestibular foram realizadas inteiramente em dentina e as da superfície lingual tinham as margens em esmalte. Os espécimes foram divididos aleatoriamente em três grupos para tratamento com os sistemas adesivos All-bond2 (Bisco), Gluma 2000 (Bayer) e Scotchbond Multi-Purpose (3M Dental Products). Um quarto grupo de espécimes não foi tratado, servindo como grupo controle. Todos os espécimes foram restaurados com resina composta

Silux Plus (3M Dental Products), termociclados (200 ciclos: 6 a 60°C) e imersos em solução cristal violeta a 0,05% por 4 horas, para detectar a microinfiltração marginal. Quando se avaliaram apenas os grupos que utilizaram sistema adesivo, não houve diferença estatisticamente significativa entre eles, mas com diferença significativa quando comparados ao grupo controle. Por fim, os autores concluíram que além de cada um dos adesivos testados reduzir significativamente a microinfiltração nas margens de esmalte e dentina, a extensão da infiltração na margem de dentina foi ligeiramente maior do que na margem de esmalte de cada grupo.

Fortin et al.⁵¹, 1994, estudaram a relação das forças de adesão de restaurações de resina composta com o grau de microinfiltração na interface dente/restauração. Foram utilizados oitenta molares extraídos, onde os testes de resistência adesiva ao cisalhamento foram realizados na superfície da dentina lingual, e cavidades de classe V na superfície vestibular com parede gengival localizada na junção cimento-esmalte. Os preparos cavitários foram restaurados com resina composta de micropartícula Silux Plus (3M Dental Products), inserida após a aplicação dos seguintes sistemas adesivos: All-Bond-2 (Bisco); Clearfil Liner Bond (Kuraray); Gluma 2000 (Miles Inc.); Imperva Bond (Shofu Dental Corporation); Optibond (Kerr); Prisma Universal Bond 3 (Caulk/Dentsply); Scotchbond Multi-Purpose (3M Dental Products); e Scotchbond Dual-cure (3M Dental Products), usado como controle. Para o teste de

microinfiltração marginal, as restaurações foram termocicladas (500: 5 a 55°C) e colocadas no corante de nitrato de prata. Os autores observaram que Clearfil Liner Bond, Optibond e Prisma Universal Bond 3 obtiveram a menor microinfiltração na margem em cimento. Clearfil Liner Bond e Optibond tiveram os maiores valores de adesão, portanto, nestes dois sistemas houve uma indicação de que materiais com alta força de adesão também têm menor infiltração. Porém, o mesmo não aconteceu com os outros sistemas adesivos. Os autores concluíram que não houve correlação estatisticamente significativa entre força adesiva e microinfiltração para os sistemas adesivos estudados.

Linden & Swift Júnior¹⁰³, em 1994, avaliaram a microinfiltração de restaurações de Classe V utilizando os adesivos All Bond 2 (Bisco Dental Products) e o Scotchbond Multi-Purpose (3M Dental Products). Foram preparadas cavidades de classe V na superfície vestibular de 40 premolares humanos, com dimensões de 3mm X 2mm X 1,5mm. A margem oclusal em esmalte, foi biselada (45°, com aproximadamente 0,5mm de profundidade) e a margem cervical tinha o término em cimento ou dentina radicular. Os dentes preparados foram divididos em quatro grupos de dez, tratados da seguinte forma: a) grupo 1 (controle): a margem de esmalte foi condicionada com ácido fosfórico a 37% por 30 segundos, lavado e seco, sem aplicação de nenhum sistema adesivo; b) grupo 2: após o condicionamento do esmalte, foi aplicado à dentina o *primer* Scotchbond 2 por 30 segundos e seco; e em seguida o adesivo

Scotchbond 2, fotopolimerizado e resina; c) grupo 3: todo o preparo (esmalte e dentina) foi condicionado com ácido maleico a 10% por 15 segundos, lavado e seco, aplicado o *primer* e seco e por fim o adesivo Scotchbond Multi Purpose (SMP) fotopolimerizado por 10 segundos; d) grupo 4: o esmalte e a dentina foram condicionados simultaneamente com ácido fosfórico 10% por 15 segundos, o qual foi lavado e deixado ligeiramente úmido para a aplicação do *primer* e do adesivo All Bond 2, o qual foi polimerizado por 20 segundos. As cavidades foram restauradas com Silux Plus (3M Dental Products), onde metade das cavidades foi restaurada com um incremento e a outra metade com dois incrementos de resina. As restaurações foram polidas e armazenadas por 24 horas em umidade relativa 100%. Os dentes foram envolvidos com esmalte de unha, limitando-se 1mm aquém da restauração e termociclados 300 ciclos entre 5°C e 55°C por 2 horas, lavados e colocados em solução de revelação fotográfica sob luz fluorescente por 6 horas para fixar o nitrato de prata na área de microinfiltração. Foram realizados quatro ou cinco cortes longitudinais de cada restauração e a infiltração foi avaliada por atribuição de escores de 0 a 4. Como resultado os autores verificaram que não houve infiltração em esmalte para nenhum adesivo. Em relação a técnica restauradora, não houve diferença significativa de infiltração entre a de uma única porção e duas porções (incremental) a não ser no grupo controle, onde a técnica incremental obteve menor infiltração. O adesivo All Bond 2 teve menor infiltração marginal que o SMP que também foi

menor que o Scotchbond 2. Os autores concluíram que nenhum sistema adesivo foi capaz de evitar a infiltração marginal em margens de dentina ou cimento.

Em 1994, Sano et al.¹⁵⁴, investigaram a microinfiltração da interface resina/dentina através da visualização em um microscópio eletrônico de crio-varredura, ou seja as amostras estavam congeladas para o exame, além do método de penetração com o nitrato de prata. Foram realizados preparos de classe V em incisivos bovinos, condicionados, com ácido fosfórico gel a 37% por 40 segundos e restaurados usando o sistema adesivo Clearfil PhotoBond (Kuraray) e a resina Photo Clearfil Bright (Kuraray). A adaptação do material nas paredes da cavidade, quando observada usando crio – MEV (para evitar danos nas amostras), foi excelente, sem a formação de fendas marginais. Entretanto, quando observada com MEV convencional, íons prata penetraram por baixo da camada híbrida, mostrando a infiltração dos íons de prata entre a resina e a estrutura dental descalcificada, sem formação de fenda. Este estudo sugeriu que os monômeros adesivos do sistema utilizado não foram capazes de penetrar totalmente na dentina desmineralizada após condicionamento ácido, deixando uma zona porosa como um caminho para a infiltração por baixo da camada híbrida.

Hasegawa et al.⁷⁶, em 1995, investigaram *in vitro*, a resistência adesiva e a quantidade da microinfiltração em cimento/dentina do adesivo Scotchbond Multi Purpose (3M Dental Products). Para o teste de

resistência adesiva ao cisalhamento os autores utilizaram a superfície dentinária de noventa primeiros e segundos molares não cariados, onde aplicaram o sistema adesivo de acordo com as instruções do fabricante. Após a confecção das restaurações, os corpos de prova foram avaliados um minuto depois da polimerização e depois estocados em solução salina a 37°C por 24 horas, uma semana e quatro semanas, com ou sem ciclagem térmica. Para o teste de microinfiltração foram utilizados 15 caninos superiores, onde foram realizados preparos de classe V, 4,0mm abaixo do limite amelo-dentinário. O sistema adesivo foi aplicado conforme orientação do fabricante e a restauração realizada com resina Z100. Os corpos de prova foram mantidos por 24 horas a 37°C em solução salina, as restaurações polidas e termocicladas (500 ciclos entre 8°C e 50°C) dentro de uma solução de azul de metileno a 2%. Como resultados, os autores verificaram que a resistência adesiva deste sistema aumentou com o passar do tempo, porém sem significância com ou sem ciclagem térmica; em MEV, os autores observaram que a aplicação do ácido por 15 segundos, removeu a *smear layer* e abriu os túbulos dentinários, porém parcialmente pois alguns túbulos tiveram remanescentes desta *smear*. A quantidade de microinfiltração pelo método de espectrofotometria por corante, variou de $1,91 \pm 0,80$ mg de tinta/restauração. O comportamento desse sistema adesivo foi similar a outros estudos sob as mesmas condições experimentais.

Reeves et al.¹⁴⁷, em 1995, propuseram-se a avaliar, concomitantemente, a microinfiltração de três sistemas adesivos em substratos dentários, bovino e humano, num estudo *in vitro*. Para este fim, os autores utilizaram os adesivos All Bond 2 (Bisco); Prisma Universal Bond 3 (LD Caulk/Dentsply), Scotchbond Multi-Purpose (3M Dental Products) e a resina Prisma APH (LD Caulk/Dentsply). Foram selecionados trinta dentes de cada espécie, humanos e bovinos recém extraídos, os quais foram limpos e guardados em água destilada e congelados. Foram preparadas cavidades de classe V, envolvendo esmalte (o qual foi biselado) e cemento. Após os preparos, os dentes ficaram envoltos em papel toalha úmido para não ressecarem. Os adesivos e o material restaurador foram aplicados de acordo com as recomendações dos fabricantes. As restaurações foram polidas com o sistema Sof-Lex (3M), mantidos em água destilada por 72 horas e termociclados entre 4 e 58°C por 100 ciclos de 1 minuto cada. Após a termociclagem, os dentes foram armazenados em água destilada a 37°C por 4 dias. Os dentes foram isolados com esmalte de unha, respeitando-se o limite de 1mm aquém das margens da restauração e depois embebidos em solução de ⁴⁵Ca por 2 horas. Os dentes foram cortados no sentido longitudinal com disco de óxido de alumínio, lavados com detergente, secos e autorradiografados. Os autores concluíram que o adesivo All Bond 2 infiltrou substancialmente mais que o Scotchbond Multi-Purpose na margem de esmalte no dente humano; a infiltração do

All Bond 2 foi maior que o Prisma Universal Bond 3 em ambas as margens dos dentes bovinos; nos dentes bovinos, a margem gengival teve infiltração maior que a margem em esmalte; não houve diferença significativa de infiltração entre os substratos. Concluíram que os dentes bovinos podem ser utilizados em testes de infiltração em substituição aos dentes humanos.

Sano et al.¹⁵⁵, em 1995, examinaram através do MEV, a migração do nitrato de prata na interface dentina e diferentes sistemas adesivos usados para restaurar cavidades classe V em dentes humanos. Os sistemas adesivos foram: Superbond C&B (Sun Medical), Scotchbond Multi-Purpose (3M Dental Products), Clearfil Liner Bond System (Kuraray), e o sistema experimental KB 200 (Kuraray), um primer auto-condicionante. Foram observados diferentes padrões de infiltração, porém todos indicaram infiltração dentro da camada híbrida. O padrão de microinfiltração em ordem decrescente foi o seguinte: All-Bond 2 > Superbond C & B > Scotchbond MP > Clearfil Liner Bond System > KB 200. Para distinguir este tipo especial de infiltração dentro da região basal, porosa, da camada híbrida, mesmo na ausência de formação de fendas, os autores propuseram o termo *nanoinfiltração*.

Em 1995, Tay et al.¹⁶⁵, investigaram a extensão e a natureza da microinfiltração na técnica da adesão úmida no condicionamento ácido total. Os autores utilizaram 45 terceiros molares intactos, nos quais foram preparadas cavidades cilíndricas na junção cimento esmalte da superfície

vestibular de cada dente. Foram utilizados dois aparelhos fotopolimerizadores, onde um possuía a emissão ideal de luz (420mW/cm^2) e o outro não ideal (68mW/cm^2). Os corpos de prova foram aleatoriamente divididos em três grupos de 15 dentes cada, os quais receberam condicionamento ácido total, com técnica de adesão úmida, com o All Bond 2 (Bisco), variando-se apenas o manuseio do *primer*. Como grupo controle, os autores condicionaram as cavidades com ácido fosfórico gel 10% (All Etch Semi gel, Bisco), durante 20 segundos e lavados por 20 segundos. Os dentes foram secos gentilmente por três segundos. Foram misturados o *primer* A e B e aplicadas cinco camadas, secas gentilmente por 10 segundos. Os dentes foram restaurados com resina Z100 (3M Dental Products) em camadas. No grupo com emissão de luz inadequada, os dentes foram tratados como no grupo controle, exceto pela luz de fotopolimerização, que emitia 68mW/cm^2 e, no grupo que teve a evaporação incompleta do *primer*, não foi usado o ar antes da aplicação do adesivo. Os dentes foram termociclados e mantidos armazenados a 37°C em água destilada por sete dias. Após esse período, todos os dentes, exceto a restauração e 1mm adjacente, foram cobertos com esmalte para unhas e imersos em solução de nitrato de prata 50% por duas horas em escuridão total. Em seguida, ficaram por seis horas imersos em solução reveladora iluminados com luz fluorescente, para a redução completa do íon prata, e por 20 minutos em acetona para dissolução do esmalte de unha. Os dentes foram seccionados para serem

verificados em MEV e em microscópio óptico. Em MEV, a microinfiltração pareceu ser iniciada a partir da zona híbrida nos três grupos, representando a união fraca no sistema adesivo; a microinfiltração foi caracterizada por cinco zonas (sem infiltração; infiltração localizada ao longo da interface entre a zona híbrida e o adesivo; infiltração presente em áreas sem a camada híbrida; infiltração entre camada híbrida e adesivo de forma mais severa); a evaporação incompleta do *primer* formou uma área em forma de pérolas caracterizadas entre os três grupos; ocorreu maior infiltração nos grupos onde foi totalmente evaporado o *primer* ou utilizou-se luz de forma inadequada em relação ao grupo controle.

Revisando a literatura sobre a contração de polimerização de resinas compostas, Carvalho et al.²⁵, em 1996, relataram que essa competição entre as forças de polimerização desenvolvidas e a resistência de união da resina à estrutura dental, é uma das principais causas da microinfiltração em restaurações adesivas pela formação das fendas marginais. O grau de desenvolvimento do estresse mecânico da polimerização pode ser controlado pelo desenho da cavidade preparada (c-factor), a utilização de bases cavitárias, o tamanho, forma e posição das porções de resina inserida na cavidade, e se a resina é química ou fotopolimerizada. O estresse de alívio pode estar acompanhado pela manutenção do c-factor o mais baixo possível, utilizando resinas quimicamente ativadas, forramento com baixo módulo de elasticidade e,

através do tempo, a absorção de água. O c-factor mais desfavorável é encontrado nas cavidades classe I, preenchidas de uma só vez. Foi concluído que a contração de polimerização é mais complexa, e portanto, entendendo todas essas variáveis e procurando contorná-las, pode-se aumentar a qualidade das restaurações.

Em 1996, Castelnuovo et al.²⁶, procuraram avaliar e comparar a infiltração marginal em cavidades de classe V, restauradas com diferentes sistemas adesivos multi passo e passo simplificado *in vitro*. Os autores utilizaram trinta dentes molares humanos, extraídos e limpos, onde foram realizados preparos de classe V em forma de vô (V) no limite cemento-esmalte, das superfícies mesial e distal destes dentes. Os sistemas adesivos, empregados aos pares, foram: OptiBond (Kerr) e OptiBond FL (Kerr); All Bond 2 (Bisco) e One Step (Bisco); Tenure (Den-Mat) e Tenure Quik (Den-Mat); aplicados de acordo com as recomendações dos fabricantes. Todas as cavidades foram restauradas com a resina Pertac-Hybrid (Espe América,) e polidas com discos de granulação média e fina Sof-Lex (3M Dental Products). Os dentes foram armazenados por sete dias em água a 37°C e receberam 300 ciclos entre 5 e 55°C. Em seguida, os ápices dos dentes foram selados, os dentes isolados com duas camadas de esmalte de unha, respeitando-se a distância de 1mm aquém da restauração e imersos em fucsina básica 0,5% por 24 horas. Sob luz microscópica com aumento de 100X, somente um investigador realizou as leituras. Os autores verificaram que os

adesivos OptiBond FL e o One Step demonstraram menos infiltração nas margens de cimento quando comparadas com as versões multi-passos. Nas margens de esmalte, o Tenure Quik demonstrou menos infiltração comparado ao Tenure e, nenhum dos outros adesivos dentinários demonstrou significativa penetração de corante nesta interface. Todos os adesivos dentinários demonstraram menor infiltração significativa nas margens de esmalte, em relação as margens de cimento, exceto para o OptiBond FL e para o One-Step que, em média, não demonstraram nenhuma infiltração de corante nas margens de cimento e esmalte.

Para avaliar o selamento marginal de restaurações de classe V, *in vivo*, Ferrari & Davidson⁴⁹, em 1996, selecionaram vinte dentes comprometidos periodontalmente e indicados para extração. As cavidades foram realizadas na face vestibular com margem gengival na junção cimento-esmalte. Os materiais utilizados foram o sistema adesivo Scotchbond Multi-Purpose (3M Dental Products) e o compósito Z100 (3M Dental Products), e o cimento de ionômero de vidro resina-modificado Fuji II LC (GC International). Entre setenta e cinco a noventa dias os dentes foram extraídos, estocados em solução de cloramina a 1% por sete dias, antes da imersão em solução de azul de metileno a 2% por 24 horas. As restaurações foram seccionadas ao meio e observada, em estereomicroscopia, a penetração do corante. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os materiais restauradores empregados quanto ao grau de microinfiltração, nem quanto as margens, oclusal e

cervical. Nenhum dos materiais restauradores testados foi capaz de prevenir a microinfiltração marginal.

May Júnior et al.¹¹¹, em 1996, procuraram avaliar o efeito de um selante resinoso de baixa viscosidade em relação a microinfiltração de restaurações de Classe V. Foram utilizados cinquenta dentes humanos que receberam preparos de Classe V retangulares na junção cimento-esmalte nas superfícies vestibulares e linguais. Foram utilizados cinco materiais adesivos: condicionador dentinário e Fuji LC (GC América); ProBond *Primer* e VariGlass (Caulk/Dentsply); OpitBond e Herculite XRV (Kerr); Scotchbond Multi-Purpose e Silux Plus (3M Dental Products) e, Scotchbond Multi-Purpose e Z100 (3M Dental Products); todos aplicados de acordo com a recomendação de cada fabricante. Para o selamento, foi selecionada uma restauração de cada grupo, aleatoriamente, onde aplicou-se o ácido fosfórico 35% ao redor da restauração por 15 segundos, lavou-se, secou-se e aplicou-se a resina sem carga Fortify (Bisco), e polimerizou-se por 20 segundos. Após uma semana, os dentes receberam ciclagem térmica (500 ciclos: 5-55°C) e foram imersos em solução de nitrato de prata 50% por 2 horas. A análise em microscópio com aumento de 15 vezes revelou que todos os sistemas restauradores tiveram muito pouca infiltração nas margens de esmalte, com ou sem a utilização do selante. Com exceção do VariGlass, todos os outros sistemas tiveram uma mínima infiltração na margem gengival com ou sem o selamento. A aplicação do selante resinoso reduziu significativamente a

infiltração na interface entre o VariGlass e a dentina ou cimento, mas não teve efeito significativo sobre os outros sistemas restauradores.

Munro et al.¹¹⁹, em 1996, propuseram avaliar a influência da aplicação do sistema adesivo após o acabamento de restaurações de resina composta em cavidades de classe V quanto a infiltração marginal. Para esta finalidade, os autores utilizaram 42 molares humanos extraídos, livres de restaurações, onde foram preparadas cavidades de classe V nas faces mesial e distal de cada dente, com margem cervical localizada na junção esmalte-cimento, a margem em esmalte recebeu um bisel de aproximadamente 1mm. A resina restauradora utilizada foi a Prisma TPH Composite (LD Caulk/Dentsply). O esmalte foi condicionado com ácido fosfórico 37% por 20 segundos, lavado por 15 segundos e seco. O sistema adesivo utilizado foi o Prisma Universal Bond 3 (Caulk/Dentsply), de acordo com as recomendações do fabricante. Após as restaurações terem sido acabadas, foram divididas em sete grupos: a) grupo 1 - sem aplicação de adesivo sobre a restauração (controle); b) grupo 2 - aplicação do *primer* do Prisma Universal Bond 3 sobre a restauração; c) grupo 3 - aplicação do ácido na região da restauração, e aplicação do *primer* do Prisma Universal Bond 3 ; d) grupo 4 - aplicação do adesivo do Prisma Universal Bond 3; e) grupo 5 - igual ao grupo 3, porém utilizando-se o adesivo do Prisma Universal Bond 3; f) grupo 6 – aplicação do Fortify (Bisco); g) grupo 7 – igual ao grupo 3, porém utilizou-se o Fortify. Os corpos de prova foram submetidos a termociclagem (800 ciclos entre 5 e

55°C) e imersos em solução de azul de metileno a 2%, por duas horas. Os dentes foram seccionados nos sentido méso-distal. A infiltração foi mensurada pela atribuição de escores em dois grupos: esmalte e cimento. Como resultado, os autores verificaram que não houve diferença significativa na infiltração marginal dos grupos em região de esmalte; os grupos que passaram pelo processo de aplicação de adesivo sobre a restauração tiveram uma tendência, porém não significante, de uma infiltração menor na margem gengival em relação ao grupo controle; o grupo 4 obteve menores índices de infiltração que o grupo controle; quando as margens gengivais dos grupos 5 e 7 foram condicionados para a adesão, houve uma tendência maior para a infiltração. A aplicação de um sistema adesivo sobre as restaurações acabadas pode reduzir a microinfiltração marginal sob condições laboratoriais.

Alani & Toh², em 1997, realizaram uma revisão da literatura sobre as várias técnicas usadas para detectar a microinfiltração marginal, tais como: uso de corantes, indicadores químicos e radioativos, bactérias, pressão de ar, indução de cárie artificial, microscopia eletrônica de varredura e condutividade elétrica, e listaram as vantagens e desvantagens de cada um. Concluíram que nenhum método usado é ideal para a detecção da microinfiltração.

Brackett et al.¹⁷, em 1997, procuraram avaliar o efeito do acabamento superficial das restaurações com brocas de carbide, diamantadas ou discos abrasivos na microinfiltração de cavidades de

força de adesão após o condicionamento. No entanto, as áreas condicionadas não apresentaram a mesma morfologia. Os autores também observaram que o substrato na margem gengival pouco pode contribuir em termos de retenção micromecânica.

Owens¹²⁷, em 1997, avaliou *in vitro*, a microinfiltração de restaurações de cavidades de classe V, condicionadas com um ácido orgânico fraco (ácido malêico a 10%), variando-se o tempo de condicionamento (15, 30 e 60 segundos). Todos os dentes receberam a aplicação do sistema adesivo Scotchbond Multi-Purpose e resina Z100 (3M Dental Products). Os dentes restaurados ficaram armazenados em água deionizada por sete dias e depois do estresse térmico, foram selados e mergulhados em solução de azul de metileno 5% por 4 horas. Na análise em microscópio óptico com aumento de 40X, o autor verificou que a aplicação do ácido por 15 segundos, resultou em maior infiltração no esmalte do que com 30 ou 60 segundos de aplicação. Com a aplicação de 15 segundos, também ocorreu infiltração maior em dentina do que nos outros dois tempos. Com aplicação por 30 segundos, ocorreu infiltração menor em dentina, em relação aos outros dois, sendo este tempo considerado pelo autor como clinicamente ideal, embora em nenhum grupo tenha ocorrido a prevenção da microinfiltração.

Prati et al.¹⁴¹, em 1997, avaliaram a qualidade marginal em esmalte e dentina de restaurações classe V, através do MEV e da infiltração entre o material restaurador os tecidos dentários. Foram

realizadas restaurações classe V, nas superfícies vestibular e lingual, ao nível da junção esmalte-cimento de terceiros molares humanos extraídos. Os materiais utilizados foram: All-Bond 2 / Bis-Fil Molar (Bisco), Clearfil Liner Bond 2 / Ray Posterior (Kuraray), Fuji GC Light Curing (GC-Dental), Opti Bond FL / Herculite XRV (Kerr), Scotchbond MultiPurpose Plus / Silux Plux / Vitremer / Z100 (3M Dental Products). Após o polimento, foi feita uma moldagem de cada restauração com silicona de adição para se obter uma réplica em resina epóxica. Cada réplica foi avaliada no MEV para observar a morfologia ao longo das margens na junção dentina cervical e esmalte incisal. Depois os dentes foram armazenados numa solução de corante eritrosina B por 24 horas. Primeiro foi feita uma avaliação ao longo das margens da restauração para observar a infiltração circunferencial. Em seguida avaliou-se a infiltração ao longo da interface das paredes cavitárias em dentina e esmalte. Os autores observaram, através do MEV, que as margens em esmalte foram caracterizadas por fratura de prismas ao redor das restaurações, com esmalte estilhaçado. Isto foi observado em 30% dos espécimes. As margens em dentina mostraram fendas ao longo da interface com o agente adesivo e fraturas na interface agente adesivo/resina composta. As restaurações em ionômero de vidro mostraram resultados similares, porém com menor quantidade de fraturas nas interfaces de esmalte e dentina.

Em 1998, Gordan et al.⁶⁶, procuraram avaliar *in vitro* o selamento marginal de dois sistemas adesivos que contém *primers*

ácidos, com e sem condicionamento ácido em restaurações de compósitos em Classe V. Os autores utilizaram sessenta molares humanos, nos quais foram confeccionados preparos de classe V, na face vestibular dos dentes. As margens de esmalte foram biseladas e os dentes foram divididos aleatoriamente em cinco grupos de doze dentes cada. Os sistemas adesivos utilizados foram: Clearfil Liner Bond 2 (J. Morita), Denthesive II (Heraeus Kulzer), utilizados de acordo com as recomendações do fabricante, precedidos da aplicação do ácido fosfórico 35% (Ultradent Products). Como controle o Scotchbond Multi-Purpose (3M Dental Products), seguindo a recomendação do fabricante. Os dentes foram restaurados com resina Silux Plus XL (3M Dental Products), receberam acabamento com ponta diamantada e Sof-Lex (3M Dental Products) e polidas com taças Vivadent Politip-P (Ivoclar North América). Os dentes foram pintados com verniz ácido resistente, limitando-se 1mm da restauração, armazenados em água destilada 37°C por 48 horas e termociclados (500 ciclos entre 5 e 55°C). Após 48 horas, os dentes foram imersos em solução de eritrosina B tetra-iodofluorescente a 2% por 24 horas, seccionados no sentido vestíbulo lingual e analisados em microscópio óptico em aumento de 13,2X. Os dentes foram fotografados e as fotografias foram projetadas em uma mesa digitalizadora, para que os valores fossem convertidos em micrometros. Os autores concluíram que tanto o Clearfil Liner Bond 2 e o Denthesive II tiveram o selamento marginal comparável ao grupo controle; o vedamento marginal do Clearfil

Liner Bond 2 e o Denthesive II foi semelhante com ou sem o condicionamento ácido prévio às suas aplicações.

Hara et al.⁷⁵, em 1998, avaliaram qualitativamente a microinfiltração marginal de sistemas adesivos hidrofílicos, sendo dois de frasco único (Single Bond/3M Dental Products; Stae/SDI), um de múltiplos frascos (Scotchbond Multi Purpose/3M Dental Products) e um auto-condicionante (Etch&Prime 3.0/Degussa). Foram realizadas cavidades de classe V na junção cimento esmalte de dentes bovinos, restauradas com um dos quatro sistemas adesivos selecionados associados ao compósito micro-híbrido Z100 (3M Dental Products). Após 1000 ciclos térmicos, os dentes foram imersos em solução de azul de metileno a 2% por 4 horas, lavados e seccionados. Após a avaliação por critério de escores pré-selecionados, os resultados revelaram que nenhum adesivo foi totalmente efetivo no controle da microinfiltração, entretanto não houve diferenças entre eles para a superfície de esmalte, e que, em dentina, Single Bond e Etch&Prime demonstraram os melhores resultados.

Em 1998, Kato & Nakabayashi⁸⁵ avaliaram a durabilidade de adesão de substratos dentinários úmidos condicionados com ácido fosfórico a 65%. Foram utilizados dentes bovinos, que tiveram suas dentinas expostas, aplicado sobre elas o ácido fosfórico 65% por 30 segundos, lavadas com água e deixado a dentina úmida durante a aplicação do 4-META em *primer* de acetona. Em seguida foram aplicados o agente adesivo e resina composta. Todas as amostras foram deixadas a

temperatura ambiente por 30 minutos antes da imersão em água pelos períodos de um dia, uma semana, um mês, três meses, seis meses e um ano, quando foram submetidos ao teste de resistência adesiva. Após o teste, as fraturas foram analisadas em microscópio óptico e MEV. Os autores verificaram que não houve diferenças estatísticas na resistência adesiva quando comparou-se um dia com uma semana, porém, esta resistência decresceu quando comparada com um mês. Também não houve diferença significativa entre um mês e seis meses, sendo ambas maiores que um ano. As fraturas coesivas observadas em microscópio óptico e em MEV decresceram com o aumento do tempo de imersão.

Owens et al.¹²⁸, em 1998, avaliaram a influência do bisel na margem gengival de cavidades de classe V quanto à infiltração marginal. Utilizaram 80 dentes divididos em quatro grupos contendo dois subgrupos (com ou sem bisel na margem gengival) de dez dentes cada. Todas as margens de esmalte foram biseladas. Os materiais adesivos utilizados na pesquisa de acordo com as recomendações dos fabricantes foram: Scotchbond MultiPurpose / Z100 (3M Dental Products); Prime&Bond(Caulk/Dentsply) e Dyract (Caulk/Dentsply); sistema adesivo Tenure Quik e compômero Geristore (Dent-Mat), com condicionamento ácido prévio e, os mesmos materiais citados anteriormente, porém, sem o condicionamento ácido. Todos os dentes após os procedimentos restauradores, ficaram armazenados em água deionizada por uma semana. Após o estresse térmico, foram imersos em solução de azul de

metileno 5% por 4 horas. Na análise em microscópio óptico com 20X de aumento, os autores verificaram que o grupo do Scotchbond MultiPurpose sem bisel obteve menor infiltração do que os outros grupos em esmalte e cemento. O grupo Tenure Quik / Geristore sem condicionamento ácido, e com e sem bisel cervical, tiveram maior infiltração do que os outros grupos analisados. Com todos os materiais houve maior infiltração nas margens cervicais com bisel.

Em 1998, Santini & Mitchell¹⁵⁷ procuraram analisar *in vitro* os efeitos das técnicas de adesão úmida ou seca em relação à infiltração marginal de novos sistemas adesivos. Nesse estudo, os autores utilizaram 48 premolares e molares humanos extraídos, para preparar cavidades de Classe V na junção cemento esmalte, nas superfícies vestibular e lingual de cada dente. A região de esmalte recebeu um ligeiro bisel com ponta diamantada de acabamento. Os sistemas adesivos utilizados nesse trabalho, que usam água como solvente foram: EBS Bonding System (ESPE), Syntac Single-Component (Ivoclar – Vivadent), o Scotchbond 1 (3M Dental Products) e, como grupo controle, o sistema Prime & Bond 2.1(Dentsply), que usa acetona como solvente. Os dentes foram divididos aleatoriamente em quatro grupos, com 12 corpos de prova cada. Em uma superfície dos dentes foi utilizada a técnica úmida (lavagem do ácido e remoção do excesso de água com algodão) e, na outra superfície, a técnica seca (lavou-se o ácido e secou-se o dente por dois segundos com jatos de ar). A aplicação do adesivo seguiu a orientação do fabricante e

os dentes foram restaurados com as resinas dos próprios sistemas adesivos, respectivamente: Pertac II (ESPE); Tetric Ceram (Vivadent); Silux Plus (3M Dental Products) e Spectrum (Dentsply de Trey). Os corpos de prova foram armazenados por 6 dias em água destilada, termociclados (500 ciclos entre 5° e 55°C) e imersos em solução vermelho brilhante Procion por 24 horas. Os dentes foram cortados e analisados quanto a infiltração marginal. Os autores verificaram que a penetração da tinta ocorreu onde houve a área de não adesão; também verificaram que não houve diferença estatística significativa entre os adesivos com diferentes tipos de solvente em relação à infiltração marginal, pois todos falharam em prevenir a infiltração na região gengival. Os autores verificaram em MEV que a infiltração marginal deveu-se a não formação da camada híbrida.

Yap et al.¹⁸⁰, em 1998, avaliaram a influência do momento de acabamento de restaurações de resina em esmalte ou dentina na capacidade de selamento marginal, utilizando quatro sistemas adesivos. Foram confeccionadas duas cavidades de classe V na superfície vestibular de 96 molares humanos, uma em esmalte e outra em dentina. Os dentes foram divididos em quatro grupos de 24 dentes cada: Scotchbond Multi-Purpose (3M Dental Products), Fuji Bond LC (GC Corp), Prime & Bond 2.0 (Caulk-Dentsply) e Bisco One Step (Bisco Dental Products). Todos os preparos foram restaurados com a resina Silux Plus (3M Dental Products). Os materiais adesivos foram aplicados de acordo

com as instruções do fabricante. Os dentes receberam os procedimentos de acabamento e polimento logo após o término das restaurações e após uma semana, formando assim dois subgrupos. Após o estresse térmico (500 ciclos: 5°, 34°, 65°), os dentes foram preparados para o teste de infiltração onde ficaram imersos em fucsina básica 0,5% por 24 horas. O material Fuji Bond LC obteve o melhor selamento marginal, tanto em esmalte quanto em dentina, em relação ao tempo de espera para o polimento. O polimento imediato não alterou significativamente o selamento em dentina, em todos sistemas adesivos avaliados. Em esmalte, quando comparados os tempos de polimento, não houve diferença significativa entre os grupos, porém o sistema One-Step exibiu maior infiltração estatisticamente significativa nesta região. Neste estudo os autores concluíram que para estes sistemas adesivos, deve-se dar o acabamento imediatamente após a polimerização da resina.

Em 1998, Yoshiyama et al.¹⁸², procuraram analisar a resistência à tração de dois sistemas adesivos auto condicionantes em várias localizações da dentina humana e observar a interface dentina/resina, após um tratamento seqüencial com ácido fosfórico e hipoclorito de sódio, em MEV. Os autores utilizaram vinte caninos humanos extraídos, que tiveram removidas as camadas superficiais de esmalte e dentina, formando uma longa cavidade desde a borda incisal até o ápice radicular. Foram utilizados os adesivos Clearfil Liner Bond (Kuraray) e o Fluoro Bond (Shofu) de acordo com a recomendação dos

fabricantes e recobertas com a resina Lite Fill II (Shofu). Os dentes ficaram armazenados em água destilada a 37°C durante 24 horas e foram seccionados em espessuras de 0,8mm, em 15 secções, sendo três na porção mediana da raiz e três na porção apical. Os corpos de prova foram então submetidos aos testes adesivos e ao MEV. Como resultado, os autores verificaram que os dois sistemas adesivos tiveram sua melhor performance na região coronária, cervical e mediana da raiz; e em MEV, a camada híbrida, formada pelos diferentes adesivos, foi semelhante em espessuras nessas áreas (1,0µm), porém, as três maiores espessuras foram para o Clearfil Liner Bond 2. No esmalte incisal e na dentina apical, foram observados os piores resultados de resistência adesiva, e em MEV foi observado que, na região apical, não ocorreu a formação dos *tags* em ambos sistemas adesivos, assim como não foi observada a formação de uma camada híbrida definida.

A maioria dos estudos de microinfiltração marginal avalia a penetrabilidade de um indicador entre a dentina e o material restaurador, para se estabelecer a capacidade de selamento desse material. Entretanto, não há uma padronização da metodologia aplicada ou preocupação se o tamanho das partículas do indicador usado é capaz de penetrar nos túbulos dentinários ou, se houver uma interação química entre indicador e material restaurador ou dentina, se essa interação poderia influenciar o espreadimento do mesmo. Youngson et al.¹⁸³, em 1998, atentaram para esse problema e propuseram-se a avaliar *in vitro* a

capacidade de alguns indicadores de penetrar nos túbulos dentinários, a influência do corte do espécime, a seco ou com água, para visualização dessa penetração, e do pH das soluções estudadas. Os indicadores selecionados foram eosina a 5%, azul de metileno a 2%, nitrato de prata a 50% e tinta indiana. A solução de tinta indiana ainda foi investigada quanto ao tamanho médio das partículas presentes na solução. Os resultados demonstraram que o tipo de traçador utilizado, seu pH ou técnica de secção, não tiveram efeito significativo na penetração dentinária.

A utilização de sistemas adesivos simplificados parece prevenir a infiltração marginal ao redor das margens de restaurações. O intuito da pesquisa realizada por Cardoso et al.²³, 1999, foi avaliar a infiltração marginal, *in vitro* com o emprego desses sistemas adesivos. Foram realizadas cavidades de classe V em molares humanos, com margem oclusal em esmalte e margem gengival em dentina. Os sistemas adesivos utilizados foram: Single Bond (3M Dental Products), Etch&Prime 3.0 (Degussa), PQ1 (Ultradent Products), Prime&Bond NT (Dentsply Caulk) e um sistema experimental BEH (Dentsply DeTrey), aplicados de acordo com as instruções dos fabricantes. Todos os sistemas adesivos foram aplicados sobre substrato condicionado com ácido, exceto o Etch&Prime 3.0. A resina utilizada foi a Z100 (3M Dental Products). Depois do acabamento das restaurações, os dentes foram termociclados, imersos em solução de nitrato de prata, seccionados e, a extensão da

microinfiltração foi mensurada com atribuição de escores. Os resultados demonstraram que a microinfiltração nas margens em esmalte para o Etch&Prime 3.0 foi significativamente maior, quando comparado com todos os outros grupos e que, em dentina, o PQ1 resultou menor microinfiltração do que Single Bond e Etch&Prime 3.0. Os autores concluíram que a reduzida profundidade de condicionamento ácido em esmalte pelo Etch&Prime 3.0 pode não ter proporcionado uma completa infiltração do sistema adesivo no interior do substrato e que a alta viscosidade do PQ1 deve ter sido responsável pela menor microinfiltração em dentina.

Fritz & Finger⁵⁵, 1999, compararam o comportamento do adesivo de passo único, o Etch&Prime 3.0 (Degussa), com dois sistemas adesivos de dois passos, o Clearfil Liner Bond 2 (Kuraray) e o Gluma One Bond (Heraeus Kulzer) frente aos esforços de cisalhamento em esmalte e em dentina. Foram utilizados 140 dentes humanos, divididos em cinco grupos de acordo com os seguintes protocolos de adesão: a) Etch& Prime 3.0 (EP) aplicado sobre estrutura dentária, deixado agir por 30 segundos, seco gentilmente por 5 segundos e fotopolimerizado por 10 segundos; b) idem anterior, exceto que a fotopolimerização foi por 20 segundos; c) EP aplicado sobre estrutura dentária, deixado agir por 30 segundos, seco gentilmente por 5 segundos e fotopolimerizado por 10 segundos e repetido os passos novamente como preconizado pelo fabricante; d) para o grupo do Clearfil Liner Bond 2 (CLB), uma gota do LB Primer Liquido A

e do Líquido B foram misturadas por 3-5 segundos e aplicado sobre a estrutura dentária; depois de 30 segundos, foi seco e aplicado o adesivo LB e, e) para a aplicação do adesivo Gluma One Bond (GOB), a estrutura dentária foi condicionada com ácido fosfórico a 20 % por 30 segundos, lavada com água deionizada por 5 segundos e seca com papel absorvente, em seguida foram aplicadas três camadas consecutivas do adesivo e fotopolimerização por 20 segundos. A resina composta utilizada em todos os grupos foi a Charisma (Heraeus Kulzer). Após estocagem em água por 24 horas, os espécimes foram submetidos ao teste de resistência adesiva ao cisalhamento. Os autores observaram que a resistência adesiva do EP em esmalte foi semelhante aos outros dois materiais, entretanto, em dentina foi somente metade da resistência atingida pelos outros materiais. A observação em microscopia óptica da área de adesão possibilitou a visualização de fendas com, em média, 5µm nos grupos do EP, sendo que no grupo do CLB as fendas atingiram, em média, 2µm, e no grupo do GOB sete das dez amostras observadas estavam livres de fendas. Ao MEV foi possível observar que o EP foi efetivo no molhamento da superfície dentária e que houve a formação de uma fina camada híbrida de 0,5µm. Os autores relataram que, ainda que o EP seja o sistema adesivo mais simples encontrado no mercado, os resultados dessa pesquisa sugerem que a performance clínica desse material deve ser melhorada antes de sua recomendação irrestrita.

A exposição de restaurações em dentes extraídos a variações térmicas para simular as condições *in vivo*, tem sido comumente utilizada em testes laboratoriais, entretanto, há uma grande variabilidade quanto à temperatura mínima e máxima, período de tempo em cada temperatura e número de ciclos. Gale & Darvell⁵⁹, em 1999, analisaram 130 trabalhos que utilizavam a ciclagem térmica, numa tentativa de justificar e padronizar a utilização desse procedimento. Os autores concluíram que a variação dos métodos utilizados nos diversos estudos foi muito grande e de difícil comparação. Os relatos dos efeitos da ciclagem térmica foram bastante contraditórios, mas geralmente indicaram um aumento da infiltração marginal após o estresse térmico. Os autores sugeriram que a ciclagem térmica deveria ser padronizada da seguinte forma: 35°C (28 segundos), 15°C (2 segundos), 35°C (28 segundos), 45°C (2 segundos); entretanto o número de ciclos experimentados *in vivo* não foi bem esclarecido, mas uma estimativa de aproximadamente 10000 ciclos/ ano, foi sugerida. Relataram ainda que o uso do estresse térmico na interface de restaurações somente tem valor quando a adesão inicial é realmente estabelecida, o que não é o caso da maioria dos materiais restauradores conhecidos.

Gomes et al.⁶³, em 1999, analisaram *in vitro*, a microinfiltração marginal de três sistemas adesivos em cavidades de classe V. Os autores utilizaram trinta terceiros molares humanos recém extraídos. Foram preparadas sessenta cavidades de classe V no terço cervical vestibular e

lingual de cada dente, com a parede cervical localizada a 1,0mm abaixo da junção cimento esmalte. O ângulo cavo superficial em esmalte recebeu um bisel aproximado de 1,0mm com angulação de 45°. Os materiais adesivos Paama 2 (SDI), grupo M1; One Step (Bisco), grupo M2; Clearfil Liner Bond 2 (Kuraray), grupo M3; e a resina composta Silux Plus (3M), foram aplicados de acordo com as instruções dos fabricantes. Após restaurados, os dentes ficaram imersos em soro fisiológico a 37°C por 24 horas e polidos com discos Sof-Lex (3M). Os dentes foram isolados com cola araldite e duas camadas de esmalte de unha, permanecendo a restauração exposta. Os dentes ficaram, então, mergulhados no agente indicador nitrato de prata a 50% por 2 horas, depois foram seccionados e avaliados quanto a infiltração, sendo anotado o maior escore. Os autores verificaram que os adesivos dos grupos M1 e M2 foram efetivos em eliminar a infiltração em esmalte, enquanto o M3 não eliminou completamente a microinfiltração, embora não estatisticamente significativa. Nenhum dos materiais avaliados foi capaz de prevenir a microinfiltração marginal na parede cervical, sendo que os grupos M1 e M2 foram melhores que o M3.

A efetividade da adesão em esmalte, sem o pré-tratamento ácido convencional, foi avaliada por Hannig et al.⁷², em 1999. Foram utilizados três sistemas adesivos auto-condicionantes: I) Clearfil Liner Bond 2 (Kuraray); II) Etch & Prime 3.0 (Degussa AG); III) Resulcin AquaPrime (Merz Dental); e um sistema adesivo convencional: IV) Ecusit-

Mono (DMG), com a etapa de aplicação de ácido fosfórico a 37% em esmalte. Esse estudo, *in vitro*, foi dividido em duas partes: na primeira foi usado o esmalte de incisivos bovinos sobre os quais foram aplicados os sistemas adesivos e cilindros de 4mm de diâmetro de suas respectiva resinas, de acordo com as instruções dos fabricantes, para a avaliação da resistência adesiva ao cisalhamento e, na segunda parte foram preparadas cavidades de classe II em molares humanos, com todas as margens biseladas. As restaurações foram confeccionadas com os quatro sistemas adesivos estudados e submetidas ao estresse térmico e mecânico com carga. As restaurações foram analisadas em MEV antes e depois dos estresses para avaliar quantitativamente a adaptação marginal. Os resultados, quanto aos esforços de cisalhamento, mostraram diferenças estatisticamente significante entre os grupos: $24,2 \pm 3,0$ MPa (I); $21,9 \pm 1,4$ (II); $34,0 \pm 3,6$ MPa (III); e $26,3 \pm 1,8$ MPa (IV), entretanto todos os valores foram superiores a 20 MPa. Não houve diferença entre os grupos quanto a adaptação marginal, antes e depois da aplicação do teste termo-mecânico. Os autores concluíram que os sistemas adesivos auto-condicionantes utilizados neste estudos foram efetivos quanto adesão esmalte/material restaurador e podem ser uma alternativa ao pré-tratamento convencional com ácido fosfórico na técnica restauradora adesiva.

Pilo & Ben-Amar¹³⁶, em 1999, compararam a capacidade de sistemas adesivos recentes de um único frasco e três sistemas adesivos

de multi-passos, em prevenir ou reduzir a microinfiltração ao redor de restaurações de resina composta de classe V. Foram utilizados 48 molares humanos extraídos para confecção de preparos cavitários de classe V na junção cimento esmalte das superfícies vestibular e lingual. Os corpos de prova foram aleatoriamente divididos em seis grupos de oito dentes para cada sistema adesivo empregado. Os sistemas adesivos utilizados foram: Optibond FL e Solobond (Kerr), All Bond 2 e One Step (Bisco), Scotchbond Multi Purpose e Single Bond (3M Dental Products), os quais foram aplicados de acordo com as indicações dos fabricantes. Após o tratamento dentinário, todas as cavidades foram restauradas com a resina Z100 (3M Dental Products). As restaurações foram polidas imediatamente e armazenadas por sete dias a 37°C. Os dentes foram submetidos a estresse mecânico (500 ciclos de 10kg) e térmico de 1.400 vezes (banhos de 5°C a 55°C). Os dentes ficaram então imersos em fucsina básica 0,5% a 37°C por 48 horas e seccionados para análise em estereomicroscópio. Como resultados, os autores não verificaram diferenças significantes no grau de infiltração entre as gerações de adesivos e entre as margens dos preparos, porém, ocorreram diferenças entre os fabricantes, onde os produtos Single Bond e Scotchbond Multi Purpose tiveram melhor performance em esmalte e o One Step e OptiBond FL em cimento.

Arias et al.⁷, em 2000, avaliaram qualitativamente a eficácia de sistemas adesivos hidrofílicos em prevenir a microinfiltração marginal.

Utilizaram sessenta molares humanos, nos quais foram preparadas duas cavidades de classe II com margens cervicais localizadas em dentina. Os sistemas adesivos empregados foram: OptiBond Solo (Kerr), Amalgambond (Parkell), e Etch&Prime 3.0 (Degussa), seguindo as recomendações dos fabricantes. Todas cavidades foram restauradas com a resina composta Z100 (3M Dental Products). Após o polimento das restaurações, os dentes foram termociclados e imersos em solução azul de metileno a 2% por 4 horas. A avaliação da microinfiltração com atribuição de escores revelou que o sistema autocondicionante Etch&Prime 3.0 foi menos efetivo na prevenção da microinfiltração e o OptiBond Solo foi o mais efetivo na redução da microinfiltração das margens em dentina.

Arias et al.⁸, em 2000, analisaram qualitativamente a influência do tempo de secagem de um sistema adesivo autocondicionante na redução da microinfiltração de restaurações Classe II. O sistema adesivo estudado foi o Etch&Prime 3.0 (Degussa). Foram selecionados sessenta incisivos bovinos sendo confeccionadas duas cavidades do tipo *slot* vertical sob refrigeração constante, nas superfícies mesial e distal com margem cervical em dentina. As cavidades foram divididas em quatro grupos: a) grupo1 (controle): adesivo aplicado de acordo com as instruções do fabricante; b) grupo 2: 10 segundos de secagem antes da fotopolimerização do adesivo; c) grupo 3: 20 segundos de secagem antes da polimerização do adesivo e d) grupo 4: adesivo aplicado de acordo

com as instruções do fabricante e seco durante 20 segundos após polimerização. Todas as cavidades foram restauradas com resina composta Definite (Degussa) e, após polimento, os dentes foram submetidos à termociclagem. Em seguida, os dentes foram imersos em solução de azul de metileno por 4 horas. Após análise estatística dos dados, os autores concluíram que o sistema adesivo autocondicionante Etch & Prime 3.0 não sofreu influência do tempo de secagem no controle da microinfiltração.

Cardoso et al.²⁴, em 2000, avaliaram a microinfiltração nas margens em dentina de restaurações classe II, com o uso de sistemas adesivos simplificados. Foram realizadas quarenta cavidades de classe II em molares humanos com margens gengivais localizadas abaixo do limite amelocementário. Os sistemas adesivos testados nesse estudo foram: Etch&Prime 3.0 (Degussa), Prime&Bond NT(Dentsply Caulk), Clearfil Liner Bond 2V (Kuraray) e Clearfil SE Bond (Kuraray), todos aplicados de acordo com as instruções dos fabricantes. Todas as cavidades foram restauradas com a resina composta Clearfil AP-X (Kuraray). Após o acabamento e polimento das restaurações, os dentes foram submetidos aos estresses térmico e mecânico, antes da imersão em solução de nitrato de prata por 2 horas. A infiltração do corante foi medida de acordo com uma escala de 0 a 4. Frente aos resultados obtidos, os autores concluíram que o Clearfil Liner Bond 2V e Clearfil SE Bond têm potencial para evitar a microinfiltração nas margens em dentina. Etch&Prime 3.0 e

Prime & Bond NT requerem maiores testes em relação à sua efetividade, especialmente sob cargas mecânicas.

A capacidade de selamento de diferentes sistemas adesivos em cavidades de classe II foi avaliada por Fabianelli et al.⁴⁶, em 2000. Foram selecionados 56 dentes humanos para confecção de cavidades de classe II com margens cervicais 1mm abaixo do limite amelocementário. Essas cavidades foram restauradas com quatro combinações diferentes de sistema adesivo/resina composta: Excite/Tetric Ceram (Vivadent) como grupo controle, Prompt-Pop (Espe) sistema auto condicionante aplicado por 15 segundos (de acordo com as instruções do fabricante) combinado com Tetric Ceram (Vivadent), Prompt-Pop (Espe) aplicado por 30 segundos, combinado com Tetric Ceram, e Etch&Prime 3.0/Definite (Degussa). Após todo processamento necessário para testes de infiltração, a avaliação da penetração do corante foi feita por atribuição de escores. Quatro amostras de cada grupo foram mergulhadas em solução de ácido clorídrico a 37% para dissolução das estruturas dentárias e observação da réplica da cavidade em resina por MEV. O Excite foi o mais efetivo no selamento em esmalte e, ao MEV, esse grupo apresentou um padrão de condicionamento ácido em esmalte mais uniforme e rugoso. Em dentina não ocorreram diferenças significativas quanto à microinfiltração. Os autores concluíram que sistemas adesivos com aplicação do ácido fosfórico podem selar melhor as margens das cavidades em esmalte do que os sistemas auto-condicionantes.

2.2 Abrasão a ar

Em 1945, Black¹³, um dentista de Corpus Christi, Texas, vivenciou a evolução dos preparos cavitários com o uso de brocas de aço, pedras e instrumentos diamantados, proporcionando, do ponto de vista do operador, uma grande satisfação, pelo corte rápido e preciso dos tecidos dentários. Mas para os pacientes, o tratamento dentário era visto como um procedimento totalmente desagradável e doloroso, o que levava uma grande porcentagem de pessoas a negligenciar seus dentes ou evitar o dentista. A análise do método convencional de corte dos tecidos dentários revelou quatro fatores responsáveis pelas reações adversas dos pacientes frente aos preparos cavitários: pressão, calor, vibração e barulho, sendo este último o maior responsável pela aversão dos pacientes à broca. Black¹³ então encarou o problema de uma maneira totalmente diferente, baseando-se no princípio fundamental do corte dos tecidos dentários, e introduziu o princípio do corte "arbrasil" (combinação das palavras ar e abrasivo), uma técnica não mecânica de preparo cavitário e profilaxia. O princípio da abrasão a ar envolvia o emprego de um veículo de ar abrasivo, capaz de transformar a energia mecânica do motor em energia cinética, e as partículas abrasivas passariam através de um esguicho carregadas de energia suficiente para promover a ação de corte. Dos pós abrasivos avaliados, o óxido de

alumínio pareceu ser o mais indicado. As vantagens da técnica de abrasão a ar seriam a eliminação da pressão, calor, vibração e ruído desconfortáveis ao paciente, além de eliminar a tensão do operador na busca de um apoio de dedo durante o ato operatório, não causar injúrias aos tecidos moles e ter uma maior velocidade de corte. O autor concluiu ser impossível determinar, nesse momento, a porcentagem de trabalhos operatórios que poderiam ser feitos completamente com o método abrasivo. Sem dúvida, para preparos de *inlays*, coroas três quartos ou totais, que necessitam de ângulos nítidos, os instrumentos diamantados, brocas e pedras deveriam ser utilizados. O que realmente possuía no momento era um novo meio de corte de esmalte e dentina, que deveria ser investigado e desenvolvido.

Para avaliar se o substrato dentinário resultante da ação da abrasão a ar com óxido de alumínio ou hidroxiapatita afetaria a resistência adesiva ao cisalhamento de seis sistemas adesivos, Los & Barkmeier¹⁰⁴, em 1994, utilizaram 180 superfícies vestibulares de molares humanos, desgastadas até a exposição dentinária. Os corpos de prova foram divididos em três grupos que receberam os seguintes pré-tratamentos dentinários: a) lixa d'água de granulação 600 (controle); b) jato abrasivo com partículas de óxido de alumínio de 50µm e jato abrasivo com partículas de hidroxiapatita de 20-40µm, ambos com 60psi de pressão. Os sistemas adesivos usados foram: All-Bond 2 (Bisco), Scotchbond Multi-Purpose (3M Dental Products); Prisma Universal Bond 3 (LD Caulk),

Tenure Solution (Den-Mat Corp), Amalgambond Plus (Parkell) e Mirage Adhesive by Choice-ABC (Chameleon). A resina composta usada com todos os adesivos foi Prisma APH (LD Caulk), em forma de cilindro com 5mm de diâmetro. Todos os CP foram armazenados em água destilada a 37°C, por 24 horas, até o teste de resistência adesiva em máquina Instron. Em adição, a microscopia eletrônica de varredura foi usada para examinar os efeitos dos jatos abrasivos e dos condicionadores/primers sobre a dentina. A abrasão da dentina com óxido de alumínio criou uma maior irregularidade superficial do que com a hidroxiapatita, e mesmo após a remoção da *smear layer* pelos condicionadores, as superfícies tratadas com o jato de óxido de alumínio apresentaram-se mais irregulares do que as do grupo controle, após o uso dos mesmos condicionadores. Entretanto, a alteração da superfície dentinária, com a abrasão de diferentes partículas não aumentou a resistência adesiva ao cisalhamento dos sistemas adesivos estudados.

Berry III & Ward¹², em 1995, avaliaram a resistência adesiva a tração, *in vitro*, de um sistema adesivo à superfície de esmalte humano abrasionado. As autoras utilizaram o sistema de abrasão a ar Microp (Sunrise Technologies), variando o diâmetro da ponta de entrega do jato abrasivo (0,015 e 0,026pol), a pressão do ar (80 e 120psi) e a quantidade de pó liberada (4 ou 8 g/min). Foi utilizado o sistema adesivo Scotchbond Multi-Purpose (3M Dental Products) e a resina composta Z100 (3M Dental Products). Além do pré-tratamento mecânico, metade dos

espécimes de cada grupo foram condicionados com ácido fosfórico a 37% por 30 segundos. Os CP foram armazenados em 100% de umidade a 37°C por 24 horas, até a realização do teste. Os valores de resistência adesiva a tração do Scotchbond Multi-Purpose ao esmalte abrasionado e condicionado foi significativamente maior do que ao esmalte abrasionado e não condicionado, mas não maior do que os valores obtidos com o grupo controle (superfície de esmalte desgastada com lixa d'água 600 e condicionada). Não houve diferença estatisticamente significante entre as combinações de diâmetro da ponta ativa, quantidade de pó e pressão utilizados.

O renovado interesse pela técnica de abrasão a ar como um meio de preparo cavitário levou Laurell & Hess⁹⁸, em 1995, a compararem, através da microscopia eletrônica de varredura, os efeitos dessa técnica àqueles produzidos pela ação de brocas em alta rotação, sobre esmalte e dentina de dentes humanos extraídos. Foram realizados preparos cavitários de classe V na superfície vestibular dos dentes com uma profundidade de aproximadamente 0,5mm em dentina, utilizando-se broca de carbide nº 34 sob refrigeração em alta rotação (400.000rpm), e jato abrasivo de óxido de alumínio, através do sistema de abrasão a ar KCP 2000 (American Dental Technologies), com diferentes tamanhos de partículas e pressões: 50µm – 160psi, 50µm – 80psi, 27µm – 160psi e 27µm – 80psi, totalizando cinco grupos. Os autores observaram que, ao microscópio eletrônico de varredura (MEV), as amostras preparadas com

broca, exibiram ângulos e paredes bem nítidos, estrias produzidas pelo corte da broca e cavo-superficial com pequenas fraturas e fendas com, em média, 10 a 100 μ m de profundidade. Para os grupos tratados com abrasão a ar, com variações nas combinações do tamanho de partícula e pressão, houve pouca diferença na aparência dos espécimes, demonstrando as seguintes características: margens dos ângulos cavo-superficial e internos arredondados, um halo abrasionado de esmalte ao redor de todo preparo, rugosidade das superfícies de esmalte e dentina (limitada a uma profundidade de 1 a 20 μ m), com aparência mais suave no grupo que recebeu jato abrasivo com partículas de 27 μ m e 80psi de pressão e mais grosseira para o grupo que foi tratado com partículas de 50 μ m e 160psi de pressão e os túbulos dentinários apresentavam-se aparentemente obliterados.

Laurell et al.¹⁰⁰, em 1995, continuaram avaliando os efeitos da abrasão a ar na remoção de esmalte e dentina, num estudo em animais *in vivo*. Foi comparada a resposta pulpar de 120 dentes de cães preparados com quatro combinações de pressão (80 e 160psi) e tamanho da partícula de óxido de alumínio (27 e 50 μ m), com aqueles preparados com brocas em instrumento de alta-rotação. Cavidades de classe V foram feitas e restauradas com um material provisório, o Cavit (ESPE-Premiere). Os dentes foram extraídos 72 horas depois, descalcificados, seccionados, corados com hematoxilina e eosina e analisados. As amostras foram classificadas pela extensão do deslocamento, ruptura, inflamação e

necrose das estruturas pulpares. Alta pressão e partículas pequenas na abrasão a ar produziram significativamente menos efeitos pulpares do que a alta-rotação. Entretanto, baixa pressão e pequenas partículas não apresentaram diferenças significativas do grupo da alta rotação. Não houve efeitos adversos nos tecidos moles quando o jato abrasivo foi direcionado para a gengiva.

No corrente ano de 1995, Roeder et al.¹⁵¹ também avaliaram a resistência adesiva à tração, *in vitro*, de um sistema adesivo (Optibond - Sybron/Kerr) e a resina composta Herculite XRV (Sybron/Kerr), mas em superfícies de esmalte e dentina humanos preparadas com o Sistema de abrasão a ar KCP-2000 (American Dental Technologies), usando dois tamanhos de partículas de óxido de alumínio, 27 ou 50µm. Os tratamentos realizados em esmalte foram somente jato abrasivo (E1), jato abrasivo+adesivo (E2), jato abrasivo+condicionamento ácido+adesivo (E3). Em dentina: somente jato abrasivo (D1), jato abrasivo+adesivo (D2), jato abrasivo+primer+adesivo (D3). Os espécimes de esmalte e dentina preparados com lixa d'água 600 e aplicação do sistema adesivo, de acordo com as instruções do fabricante, serviram como controle. Após o armazenamento em 100% de umidade a 37°C por 24 horas, foi realizado o teste de tensão. Baseados na análise estatística, os autores concluíram que o tamanho da partícula de óxido de alumínio não influenciou a resistência adesiva em esmalte ou dentina; o máximo de resistência adesiva em esmalte foi obtido com o tratamento E3 e no grupo controle e,

o máximo de resistência adesiva em dentina, foi obtida com o tratamento D3 e controle.

O efeito da abrasão a ar em baixa pressão, na resistência adesiva a tração do Superbond D-Liner Plus (Sun Medical) ao esmalte e a dentina bovinos, foi avaliado por Nikaido et al.¹²⁴ em 1996. As superfícies de esmalte e dentina do grupo controle foram alisadas com lixa d'água 600 e as do grupo experimental, além de alisadas com lixa d'água 600, foram abrasionadas com pó de alumina (50µm) ou pó de contas de vidro (50µm), com pressão de 41,8psi no aparelho Micro Blaster (Panaheraus Dental), por 15 segundos. As superfícies tratadas foram demarcadas com fita de vinil perfurada (diâmetro de 4mm), e o sistema adesivo Superbond D-Liner Plus e a resina composta Photoclearfil Bright (Kuraray) foram aplicados de acordo com as instruções dos fabricantes. As amostras foram estocadas em água a 37°C por um dia até serem submetidas ao teste adesivo. Após a análise estatística, os autores concluíram que a abrasão a ar diminuiu a resistência adesiva do sistema adesivo estudado; tanto em esmalte quanto em dentina, exceto para a dentina abrasionada com alumina. As superfícies abrasionadas foram observadas em MEV e apresentavam-se irregularmente rugosas, cobertas por uma *smear layer*.

Em 1997, Bonner¹⁵, comentou a nova odontologia “livre de broca”, a abrasão a ar ou microabrasão. O autor lembrou a sua introdução em 1945 por Black¹³, mas como na época os materiais restauradores existentes, amálgama e ouro, necessitavam de preparos

cavitários que proporcionassem retenção, somado à introdução do instrumento rotatório de alta velocidade com um preço bem mais acessível do que o aparelho de abrasão a ar, essa nova tecnologia foi virtualmente extinta. Na década de 90, a abrasão a ar ressurgiu acompanhando a rápida evolução da odontologia adesiva. O autor entrevistou dois dentistas que incorporaram o uso da abrasão a ar na clínica diária, e ambos citaram como indicações todos os tipos de preparos cavitários conservadores (classe I, II, III, IV e V), remoção de restaurações de resina e amálgama pequenas; contra-indicado para cavidades extensas de cárie, ou preparo de coroas. Como vantagens listaram o conforto do paciente, a confecção de preparos conservadores, rapidez do ato operatório podendo realizar várias restaurações numa mesma sessão, rara necessidade de anestesia e promoção do consultório. Como desvantagens, eles relacionaram a perda de sensibilidade tátil do operador, o que pode ser minimizada com a prática e acúmulo de pó. Concluíram que abrasão a ar representa a próxima onda dentro do tratamento restaurador e preventivo.

Boston et al.¹⁶, em 1997, compararam o ângulo cavo-superficial e a área de perda de estrutura dentária, em preparos cavitários de classe V em dentes humanos, feitos com uma broca de carbide convencional e com um sistema de abrasão a ar. De acordo com a análise realizada, as margens dos preparos feitos de modo convencional tinham em média um ângulo cavo-superficial menor que 90°, enquanto o ângulo das margens

dos preparos feitos com a abrasão a ar eram maiores que 90°. Não houve diferença significativa entre a área de perda de estrutura dentária no ângulo cavo-superficial dos dois grupos. O método de preparo cavitário com abrasão a ar pode produzir margens do cavo-superficial em esmalte adequadas para restaurações com amálgama.

Rinaudo et al.¹⁵⁰, em 1997, compararam os efeitos de diferentes tratamentos da superfície dentinária na resistência adesiva ao cisalhamento de três sistemas adesivos. Os sistemas adesivos incluíram um cimento de ionômero de vidro resina modificado (CIV-RM), o Fuji II LC e dois sistemas adesivos (One Step e Scotchbond Multi Purpose-Plus). As superfícies receberam os seguintes tratamentos, para cada sistema adesivo: a) controle, com condicionamento ácido; b) abrasão (120psi) sem condicionamento; c) abrasão (160psi) sem condicionamento; d) abrasão (120psi) com condicionamento; e) abrasão (160psi) com condicionamento. O grupo controle de cada material foi aplicado de acordo com as instruções dos fabricantes. Os resultados mostraram que a abrasão a ar para o CIV-RM, com ou sem condicionamento, diminuiu a resistência adesiva ($p < 0,01$). Apenas o uso da abrasão diminuiu significativamente a resistência adesiva dos agentes adesivos. Entretanto o uso do ar abrasivo mais o condicionamento da superfície dentinária resultou em resistência adesiva que foi similar aos espécimes que receberam somente o condicionamento. Os autores concluíram que a abrasão a ar não é capaz de substituir o condicionamento ácido.

Ferdianakiz, em 1998, realizou um estudo *in vitro* para determinar o compósito e a técnica restauradora mais efetivos na redução da microinfiltração marginal de preparos cavitários de classe I realizados com jato abrasivo de óxido de alumínio. Foram utilizados quarenta molares humanos preparados com a peça de mão de 0,014", do sistema de Abrasão a ar Mach 4.0 (Kreative Inc.), posicionada a 1 mm da estrutura dental a 45 graus, com pressão de 80 a 120psi. Todos os preparos cavitários receberam o sistema adesivo Opti-bond (Kerr), variando-se o material restaurador em dois grupos: a) restaurados pela técnica incremental com uma resina composta micro-híbrida, Herculite XRV (Kerr), e a camada mais superficial, com a resina de micropartícula Heliomolar (Vivadent), com o intuito de recolocar a estrutura de esmalte e melhorar o resultado estético; b) restaurados com a resina de baixa viscosidade Revolution (E&D Dental Products). As restaurações receberam acabamento com brocas de 12 lâminas, selamento com Fortify (Bisco Corp.) e foram estocadas em água destilada por 32 horas até a termociclagem (500 ciclos de 5 a 55°C). Após a termociclagem, as amostras foram preparadas para o teste de microinfiltração, mergulhadas em fucsina básica a 2% e estocadas no escuro por 24 horas. As amostras foram seccionadas ao meio e atribuídos escores para a quantidade de penetração de corante e presença ou ausência de bolhas nas restaurações. O autor concluiu que as resinas em pasta Herculite e Heliomolar apresentaram uma maior infiltração marginal e também maior

formação de bolhas no seu interior, do que a resina de baixa viscosidade Revolution.

Hannig & Femerling⁷², em 1998, investigaram *in vitro* o efeito da abrasão a ar na interface de adesão entre resina e dentina. Superfícies dentinárias rodeadas pelo esmalte foram produzidas pela remoção da parte incisal da coroa de dentes humanos anteriores extraídos. Cada grupo recebeu um dos seguintes tratamentos na superfície dentinária: a) jato abrasivo com partículas de óxido de alumínio de 27 μ m numa pressão de 120psi; b) aplicação do sistema adesivo; c) combinação do jato abrasivo (27 μ m; 120psi) e sistema adesivo; e d) sem nenhum tratamento. O esmalte foi condicionado pelo ácido fosfórico a 37% por 30 segundos; ou pelo jato abrasivo (27 μ m, 120psi); ou combinação da abrasão e condicionamento ácido. Foram utilizados seis sistemas adesivos diferentes e suas respectivas resinas: ART Bond/Brilhant (Coltene), Denthesive/Charisma (Heraeus-Kulzer), Syntac/Helioprogress (Ivoclar), OptiBond/ Herculite XRV (Kerr), Gluma CPS/Pekafill (Bayer Dental), e Scotchbond Multi Purpose/Z100(3M Dental Products). Os espécimes foram seccionados para avaliação da interface dente/resina em MEV. A análise revelou formação de fendas de 1,1 a 3,6 μ m no grupo controle. A profundidade da fenda foi reduzida significativamente com o tratamento abrasivo da superfície dentinária ou pela aplicação do adesivo dentinário. A combinação do tratamento abrasivo e aplicação do adesivo resultou em uma adaptação entre resina e dentina livre de fendas na maioria dos

espécimes. Entretanto, a termociclagem causou uma deterioração significativa da interface de adesão entre resina e dentina em todos os grupos.

Fu & Hanning⁵⁶, em 1999, avaliaram, *in vitro*, os efeitos da abrasão a ar e do condicionamento ácido na microinfiltração de restaurações em resina de cavidades preventivas de classe I. Foram utilizados 84 molares humanos, que receberam preparos cavitários com o sistema de Abrasão a ar KCP-1000 ou com ponta diamantada montada em instrumento rotatório em alta velocidade e, condicionamento com ácido fosfórico ou não previamente a inserção do material restaurador, distribuídos em sete grupos de 12 dentes cada: grupo I e VI, alta rotação, com condicionamento; grupo II, jato abrasivo com partículas de óxido de alumínio de 50µm e 120psi de pressão, sem condicionamento ácido; grupo III, jato abrasivo com partículas de óxido de alumínio de 50µm e 120psi de pressão, com condicionamento ácido; grupo IV, jato abrasivo com partículas de óxido de alumínio de 27µm e 120psi de pressão, sem condicionamento ácido; grupo V, jato abrasivo com partículas de óxido de alumínio de 27µm e 120psi de pressão, com condicionamento ácido; e grupo VII, alta rotação, sem condicionamento ácido. Os grupos I, II, III, IV e V foram restaurados com uma resina de baixa viscosidade, Liquicoat (Merz); e os grupos VI e VII, com uma resina de baixa viscosidade poli-ácida modificada, PrimaFlow (DMG). Somente metade dos CP de cada grupo foi termociclada (2500 ciclos de 5 a 55°C), previamente ao teste de

microinfiltração com a utilização do corante azul de metileno. Os resultados revelaram que não houve diferença entre os espécimes termociclados ou não, exceto no grupo 1, que o tratamento com abrasão a ar com partículas de 27 μ m é menos efetivo na prevenção da microinfiltração, quando comparado às partículas de 50 μ m, que a abrasão a ar deveria ser combinada com o condicionamento ácido para reduzir a microinfiltração de restaurações em resina de cavidades de classe I preventivas e que o condicionamento ácido reduziu significativamente a microinfiltração da resina composta poli-ácida modificada.

Corona et al.³⁶, em 2000, avaliaram *in vitro* a microinfiltração marginal de cavidades de classe V preparadas com turbina de alta rotação, laser de Er:YAG (500mJ e 15Hz) e jato de óxido de alumínio (Mach 4.1- Kreativ). Após os preparos cavitários, apenas os grupos da alta rotação e jato abrasivo tiveram suas superfícies condicionadas com ácido fosfórico a 37% e, em todas as cavidades foi aplicado o sistema adesivo Single Bond e resina composta Z100 (3M Dental Products). Após as restaurações, os dentes foram armazenados por 24 horas. Em seguida, as restaurações foram polidas, submetidas a termociclagem (500 ciclos) e imersas em Rodamina B 2% por 24 horas. Os dentes foram lavados, secos e avaliados em microscópio óptico. Os resultados foram submetidos a análise de variância e teste de Tukey e observou-se diferença estatisticamente significante na parede oclusal com grau crescente de microinfiltração: alta rotação < jato abrasivo < laser de

Er:YAG. Na parede cervical houve similaridade estatística entre os três grupos. Concluíram que houve melhor selamento marginal nos grupos preparados com turbina e jato de óxido de alumínio.

2.3 Laser de Er:YAG

✱ Em 1989, Hibst & Keller⁷⁷, estudaram a eficiência da irradiação do laser Er:YAG na remoção de esmalte, dentina e lesões cariosas. Utilizaram dentes humanos extraídos, cortados em fatias de 2mm de espessura. A irradiação do laser foi investigada em cinco superfícies com cárie e 25 superfícies hígidas. O laser foi focalizado perpendicularmente sobre os espécimes por meio de uma lente biconvexa. A irradiação utilizada foi de 30-360mJ por pulso, com taxa de repetição de 1Hz. Os espécimens foram examinados em um microscópio óptico. Para comparação, cavidades do mesmo tamanho foram produzidas com o laser CO₂, com irradiação de 1J e combinações de potência e tempo de exposição de 20W/50ms e 2W/500ms. A temperatura na superfície dos dentes durante a aplicação dos dois lasers foi medida através de uma termocâmara. Os autores observaram que o laser Er:YAG foi absorvido pelas estruturas duras do dente, pela água e pelos componentes inorgânicos, causando pouco e rápido aquecimento. O esmalte e a dentina foram removidos, em parte, pelo processo contínuo de

vaporização e, em parte, em forma de microexplosão. A profundidade das cavidades aumentou na presença de tecido cariado.

~~X~~ Keller & Hibst⁸⁷, em 1989, avaliaram os efeitos do laser Er:YAG em radiação focalizada e em pequenos pulsos em tecidos dentários duros (ponto de incidência e a área adjacente) e compararam os resultados com a aplicação do laser CO₂. Utilizaram trinta dentes humanos extraídos, cortados em fatias de 2mm de espessura, e após o tratamento com laser, foram fixados com formol a 4%. O comprimento de onda do laser CO₂ foi 10,6µm e o foco manual foi de 125mm, energia de 1J e a combinação energia/tempo foi de 20W/50ms e 2W/500ms. Os parâmetros utilizados para Er:YAG foram os mesmos que os do CO₂. Os espécimens foram observados em MEV e em microscópio óptico. Os resultados observados em microscópio óptico mostraram crateras de diferentes configurações causadas pelo laser de CO₂. Dependendo da combinação do tempo de exposição e da potência (20W/50ms e 2W/500ms), uma menor ou maior zona de fusão esbranquiçada com margem saliente foi observada no esmalte. Após a irradiação com 2W/500ms e 20W/50ms, foram encontradas, respectivamente, uma zona ampla e uma zona menor de carbonização ao redor das cavidades, com diferentes profundidades em dentina. As paredes das cavidades mostraram numerosas fissuras em disposição concêntrica e radial. A ausência de zonas de carbonização em esmalte é atribuída a menor quantidade de matriz orgânica neste substrato. O exame dos espécimes tratados com o laser de Er:YAG não

revelou nenhuma zona de carbonização ou fusão como as observadas nos espécimes tratados com o CO₂, nem fissuras ou fraturas ao redor dos tecidos duros dos dentes. Os resultados observados ao MEV mostraram configurações das cavidades similares às observadas em microscopia óptica. As cavidades irradiadas com o laser de CO₂ com 2W/500ms mostraram um esmalte com superfície irregular e paredes vítreas, prismas derretidos e fissuras bastante claras. A lesão dentinária, com a mesma potência, apresentou uma aparência de bolhas estouradas com fragmentos derretidos e fissuras cônicas e radiais em uma zona de carbonização ao redor da cavidade. A lesão causada com 20W/50ms mostrou uma cratera mais cônica com fratura das paredes internas e uma menor zona de carbonização ao redor da cavidade; em contraste com as lesões produzidas pelo laser de Er:YAG, que se apresentaram com aspecto rugoso sem sinais de injúrias térmicas sérias e sem modificações na disposição dos cristais de hidroxiapatita do esmalte e da dentina. As imagens dão a impressão de que a substância dura do dente foi eliminada por um processo de explosão. Os autores relatam que a maior parte da energia incidente foi consumida pelo processo de ablação e somente uma pequena fração energética resulta em aquecimento do tecido remanescente e, por este motivo não houve danos. Isto foi claramente observado ao redor dos tecidos adjacentes às cavidades preparadas pelo laser de Er:YAG .

✕ Embora a irradiação com laser de Er:YAG possa ser efetiva na remoção de tecidos duros do dente, Hibst & Keller⁷⁸, em 1990, mostraram que essa irradiação pode resultar numa temperatura nociva à polpa. Entretanto, com uma escolha apropriada dos parâmetros da energia de irradiação, quantidade de repetição e números dos pulsos, os danos podem ser evitados, mesmo numa cavidade próxima à polpa.

Tendo em vista, os poucos estudos sobre as conseqüências da aplicação do laser de Er:YAG em tecidos dentários, em 1991, Kayano et al.⁸⁶ propuseram-se a avaliar o efeito do laser de Er:YAG na superfície do esmalte de dentes humanos extraídos, a possibilidade do esmalte adjacente aos defeitos da ablação produzida pelo laser adquirir resistência ácida e, ainda, o efeito da ablação do laser sobre esmalte, dentina e cimento. Foram utilizados 35 dentes livres de cárie. Nos dois primeiros estudos, as superfícies vestibular e lingual de trinta dentes foram irradiadas com 500mJ de energia, densidade de 15,9J/cm² e taxa de repetição de 1 ou 3Hz. Dois dentes de cada condição de irradiação foram colocados na solução desmineralizante de lactato a 0,1M e pH 4,5 para verificar a resistência ácida do esmalte adjacente à área da ablação. Depois de quatro dias, os dentes foram preparados para microrradiografia. No terceiro estudo, a irradiação foi feita com o laser fazendo contato no esmalte e cimento, onde foram utilizados 39 ou 74mJ de energia por pulso e 10Hz e a dentina foi irradiada com 211mJ e 10Hz. Os dentes foram analisados em microscópio e os autores chegaram às

seguintes observações: a) o Er:YAG removeu por ablação o tecido dental nitidamente, sem promover fraturas, usando o método contato ou não contato; b) o tamanho dos defeitos ficou limitado à área irradiada e pode estar relacionado às condições de irradiação e espessura do dente; c) o laser promoveu resistência ácida no esmalte marginal adjacente aos defeitos promovidos pela ablação.

Matsumoto et al.¹⁰⁹ em 1991, investigaram as mudanças morfológicas ocorridas no esmalte e na dentina após a realização do preparo cavitário com o laser de Er:YAG. Foram utilizados dez molares humanos extraídos, hígidos ou cariados, e parte desses dentes foi pigmentada com corante preto previamente à irradiação. Os tecidos dentais foram irradiados com o laser de Er:YAG com $15,9\text{J}/\text{cm}^2$ de densidade de energia. A avaliação em microscópio de luz e eletrônico de varredura mostrou a efetividade do laser em cortar a estrutura dentária e remover esmalte e dentina cariados. Foi observado também que a profundidade dos preparos cavitários depende da energia, do tempo de exposição e do tipo de tecido alvo. Os preparos cavitários realizados na porção pigmentada foram mais profundos e apresentaram margens mais definidas, quando comparados aos realizados sobre a superfície não pigmentada.

Morioka et al.¹¹⁸, em 1991, fizeram um estudo para analisar a resistência ao ácido do esmalte dental irradiado com laser de Er:YAG. Foram utilizados dentes permanentes, recém-extraídos livres de cárie. O

laser utilizado foi o Er:YAG (NEC Ind. Model SL 137A, Japan) com pulso de 0,2ms e com a energia de irradiação de 0,39 a 0,92J/pulso. A superfície do esmalte foi pintada, previamente a irradiação, com tinta preta, branca ou nenhuma, para examinar a influência da tinta. O esmalte foi irradiado com 10, 2, 1pps de taxa de repetição. A superfície do esmalte foi então coberta com esmalte de unha, exceto numa região de 3mm de diâmetro, onde foi feita uma desmineralização com 0,5M HClO_4 por 30 segundos. A resistência do esmalte foi determinada pela dissolução do cálcio na superfície do esmalte, através de microrradiografia. O esmalte foi exposto a uma solução de lactato a 0,1M, em pH 4,5 contendo 6% de hidroxietil celulose, a 37°C. Depois de vários dias, foram produzidas lesões de cáries artificiais. As superfícies de esmalte foram examinadas em microscópio óptico e MEV. Os autores concluíram que a exposição do esmalte dental ao laser Er:YAG aumentou significativamente a sua resistência aos ácidos, com extensão maior do que a produzida pelo laser de Nd:YAG; o laser de Er:YAG foi absorvido e causou aumento da resistência ácida, mesmo sem tinta e que a tinta preta propiciou uma maior resistência ácida do esmalte; entretanto, a irradiação sobre a branca causou menor dano ao esmalte.

✶ Burkes et al.²¹, em 1992, observaram a estrutura dental e a alteração da temperatura pulpar em dentes humanos hígidos, extraídos, submetidos ao laser de Er:YAG. Dois dentes foram irradiados secos e três dentes umedecidos com água. O laser utilizado foi o ER 3000 (Schwartz

Eleto-optics, Inc.) regulado a 56mJ, 60mJ e 95mJ de energia para os dentes umedecidos, e 58mJ para os dentes secos. Um termopar foi colocado no interior da cavidade pulpar de todos os dentes, acoplado a um monitor digital de temperatura com resolução de 0,1°C, para registrar as alterações de temperatura. Os autores observaram, em MEV, que quando os dentes desidratados foram irradiados houve mínima ablação do esmalte, e nessa superfície havia fragmentos circulares dos prismas de esmalte, fusão do esmalte, fratura e ausência de bordas planas. A temperatura pulpar mostrou elevação maior do que 27°C. Nos dentes umedecidos com constante refrigeração com água, o esmalte e dentina foram eficientemente removidos pela ablação. As superfícies apresentaram fissuras e cavidades cônicas, com projeções remanescentes de esmalte. A temperatura pulpar aumentou numa média de 4°C. Esses resultados indicaram que o laser pulsado de Er:YAG usado com água pode remover esmalte e dentina sem produzir uma significativa mudança na temperatura pulpar.

Gross et al.⁶⁸, em 1992, compararam, *in vitro*, a morfologia das superfícies do esmalte e da dentina, após a aplicação do laser Er:YAG e compararam àquelas produzidas após preparação mecânica. Utilizaram 150 dentes humanos hígidos extraídos. As cavidades foram preparadas de forma convencional, em esmalte e em dentina. A energia do laser foi variada entre 50 e 400mJ e metade da superfície do dente foi tratada sem *spray* de água. Os resultados foram comparados aos preparos

convencionais, utilizando brocas de carbide em dentina e de diamante em esmalte. A morfologia superficial foi examinada em microscópio óptico e em MEV. A superfície foi analisada também depois da limpeza com escovas e com a aplicação de ácido cítrico em dentina e ácido fosfórico a 37% em esmalte. Os autores observaram que, sem a utilização do *spray* de água, o laser induziu à formação de uma zona mais densa de resíduos do que com a utilização do laser com *spray*. A energia de 300mJ em dentina e 400mJ em esmalte resultou na formação de uma parede cavitária lisa. No esmalte, o preparo convencional mostrou uma zona de prismas desintegrados. Depois da limpeza com escova, a superfície continuou rugosa. Com o laser e a aplicação do ácido resultou num padrão retentivo. Na dentina, o tratamento com laser e o preparo convencional mostraram uma zona de debris. Os túbulos dentinários, abaixo desta zona, não sofreram mudanças morfológicas. A superfície foi rugosa nos dois grupos e, depois da limpeza com escova, continuou a camada de debris. Com o condicionamento ácido, esta camada foi removida e os túbulos foram parcialmente abertos. Os autores concluíram que, no esmalte, o laser Er:YAG permite a técnica do condicionamento ácido. Na superfície da dentina, a aplicação com laser e o preparo convencional mostraram resultados semelhantes.

A profundidade de ablação do laser de Er:YAG foi determinada por Li et al.¹⁰², em 1992, utilizando energia de 2Hz e 5Hz em esmalte e dentina de dentes humanos extraídos. Utilizaram o laser Er:YAG

(Quantronix Co.) pulsado, com duração de pulso de 200 μ s. A energia por pulso variou de 25 a 365mJ. O diâmetro do feixe foi de 580 μ m. A profundidade da ablação foi medida com uma ocular micrométrica. *Spray* de água foi utilizado para minimizar a alteração térmica, durante a ablação. As alterações causadas pelo aumento de temperatura também foram avaliadas. Os resultados desta pesquisa indicaram que o laser Er:YAG a 2,94 μ m pode remover a superfície do esmalte e da dentina efetivamente. A eficiência do laser a 5Hz foi maior que a 2Hz no esmalte. A escolha entre 2 e 5Hz depende da velocidade de ablação desejada. Os efeitos térmicos também são maiores a 5Hz. A eficiência da ablação no esmalte foi menor, em razão de ter 1% de água. As alterações de temperatura observadas sugerem que o laser a 2Hz e 5Hz deveria utilizar menos que 80J/cm² para ablação em esmalte e menos que 74J/cm² para dentina. A superfície irregular observada no esmalte sugere uma superfície micromecânica que poderia ser benéfica para os procedimentos odontológicos adesivos.

Os primeiros resultados da aplicação clínica do laser de Er:YAG foram relatados por Keller & Hibst⁸⁸, em 1992. Foram selecionados 33 pacientes sadios, totalizando 67 dentes, onde foram realizados preparos classe I, II, III e IV em lesões de cáries incipientes e restaurados com resina composta. O laser Er:YAG (KEY-Laser, Kavo) foi focalizado em 0,8mm de tamanho de foco, taxa de repetição de 1 a 4Hz e 150mJ a 450mJ/pulso de energia, sob refrigeração de *spray* de água. Os

resultados indicaram que nenhum dos dentes perdeu a vitalidade e em nenhum deles ocorreu sensibilidade à percussão. Apenas em um caso foi necessária a anestesia local. Observaram que os preparos dos dentes com o laser Er:YAG promoveram menor sensação de dor do que os preparos com turbina de alta-rotação ou brocas de baixa-rotação. Houve diferença entre a percepção dolorosa dos preparos realizados próximos e distantes da polpa. Em 16 casos, de 26 preparos distantes da polpa, não ocorreu sensação dolorosa. Em 29, de 41 preparos próximos à polpa, ocorreu somente uma pequena sensibilidade. Os autores concluíram que o laser Er:YAG foi o primeiro sistema para remoção de cárie que não utilizou o método mecânico convencional com brocas, sendo indicado para uso na clínica diária, e que o preparo cavitário foi possível, sem danos térmicos à polpa.

Em estudos *in vitro*, o laser de Er:YAG tem se mostrado como um meio eficaz para a ablação de esmalte e dentina com mínima difusão de temperatura. Vickers et al.¹⁷², em 1992, realizaram um estudo para determinar os efeitos da ablação sobre o esmalte e dentina de dentes humanos extraídos irradiados pelo laser de Er:YAG. Os dentes foram estocados em solução salina estéril ou em solução de formalina a 10%. O laser foi focalizado perpendicularmente sobre os espécimes por meio de uma lente biconvexa, com tamanho de foco de 0,6mm de diâmetro. A energia variou de 0,01 a 0,63 J/pulso e taxas de repetição de 10, 20, 30, 40 e 50Hz. A profundidade de cada cavidade foi medida e relacionada à

energia total por análise de regressão linear. A análise em microscopia eletrônica de varredura demonstrou que para dentes estocados em solução salina, linhas de fissuras foram criadas ao redor do esmalte nos mais baixos níveis de irradiação e a estocagem em formalina diminuiu a taxa de ablação no esmalte e na dentina.

~~X~~ Wigdor et al.¹⁷⁷, em 1992, investigaram os efeitos dos lasers de CO₂, Nd:YAG e Er:YAG sobre o tecido dentinário. Devido à diferença de absorção no tecido duro dental dos três tipos de laser utilizados, diferentes potências foram aplicadas para criar efeitos semelhantes. Neste estudo não foi feita a comparação de potências, mas somente os defeitos criados pelos diferentes tipos de laser foram comparados especificamente, para evidenciar os danos térmicos e as mudanças na micro-morfologia da dentina normal causados por cada um deles. Para esta pesquisa, quatro dentes humanos extraídos foram utilizados. Uma caneta de alta rotação foi usada para remover o esmalte para criação de uma janela circular na superfície vestibular de aproximadamente 3mm de diâmetro e 2mm de profundidade. Os dentes foram preparados de acordo com o seguinte protocolo: o primeiro deles foi preparado com uma broca esférica carbide em baixa rotação, o segundo foi preparado com o laser de CO₂ com 4W de potência, com feixe interrompido de forma a ter um intervalo de 1 segundo entre uma exposição e outra e com o tamanho do foco de 1mm de diâmetro; o terceiro dente foi preparado com o laser de Nd:YAG contínuo, com 12,5W potência através de uma fibra de quartzo

de 2mm e o quarto foi tratado com o laser de Er:YAG, com 1,5W, com 500 mJ/pulso e 3HZ. Ao exame dos espécimes através do MEV, o laser de Er:YAG foi o que causou um menor efeito na dentina quando comparado com os outros usados neste estudo. Foi observado o corte claro da dentina, sem causar danos térmicos e isto se deve aparentemente a alta absorção deste laser pela água e hidroxiapatita. Ambos os lasers de Nd:YAG e CO₂ causaram mais fraturas na dentina. Nos espécimes irradiados pelo laser de CO₂, os túbulos dentinários não se mostraram evidentes e houve um aumento de fraturas na dentina. O laser de Nd:YAG causou uma fundição na dentina intertubular e, apesar dos túbulos dentinários se mostrarem evidentes, seus tamanhos variavam e não apresentavam um padrão uniforme como o observado na dentina tratada com o laser de Er:YAG ou com a alta rotação.

Wright et al.¹⁷⁹, em 1992, relataram que embora o laser de Er:YAG tenha sido submetido a testes clínicos na Europa, essas avaliações estavam direcionadas à eficiência desse laser no corte de tecidos duros dentários e quanto ao conforto do paciente. Pouca informação foi dada quanto a qualidade da restauração sobre preparos cavitários realizados e condicionados com o laser de Er:YAG. Devido a este fato, os autores realizaram um estudo *in vitro* comparando a microinfiltração marginal em cavidades de classe V preparadas convencionalmente com alta-rotação e condicionadas com ácido, e em outras, preparadas e condicionadas com o laser Er:YAG. Para isso, 15

molares humanos extraídos foram divididos em três grupos e preparos de classe V foram realizados com 1mm em dentina, e restaurados com resina composta. Grupo 1: foi preparado convencionalmente e condicionado com ácido fosfórico gel a 37%. Grupo 2: também preparado convencionalmente e condicionado com laser Er:YAG. Grupo 3: preparado e condicionado com laser Er:YAG. Como o Er:YAG é absorvido pela água, todos os preparos foram feitos com spray de água. Os preparos foram restaurados com Prismafil e seu respectivo sistema adesivo. Os corpos de prova foram colocados em água durante noventa dias. Foram, então, mergulhados em nitrato de prata 50% por 24 horas. Os dentes foram seccionados, obtendo-se fatias de 0,1mm de espessura e fotografados, para serem visualizados através de slides. A avaliação foi feita seguindo critério de escores de 0 a 3. Os autores concluíram que não houve diferença estatisticamente significativa entre os três grupos estudados e, em cada grupo, três espécimes mostraram ausência de infiltração.

Keller & Hibst⁸⁹, em 1993, avaliaram o efeito do laser de Er:YAG na adesão da resina composta ao esmalte. Foram utilizados cilindros de resina fotopolimerizável de micropartículas aderidos à superfície vestibular do esmalte dental de incisivos bovinos previamente submetidos a diferentes tratamentos a laser. Oito espécimes foram tratados com ácido fosfórico a 37%; quatro espécimes foram irradiados com o laser desfocalizado, com densidade de energia de $1,5\text{J}/\text{cm}^2$; sobre

a superfície de outros seis espécimes cavidades com padrão rugoso foram produzidas por pulsos com o laser focalizado; dez superfícies de esmalte foram tratadas com o laser focalizado com um claro padrão de pulsos e, dois outros grupos de seis espécimes cada foram primeiro tratados com o laser desfocalizado com pulsos simples e densidades de energia de 47 J/cm^2 a 143 J/cm^2 , promovendo uma sobre camada rugosa ou um claro padrão de cavidade. Os espécimes foram termociclados e a adesão da resina foi determinada por teste de tração. Observaram que a irradiação a laser produziu significantes mudanças morfológicas na superfície do esmalte, e que os melhores resultados foram obtidos pelo condicionamento a laser da superfície de esmalte de modo desfocalizado, com adição de pequenos padrões de irradiações únicas focalizadas. A resistência à tração atingiu 92,5% daquela encontrada com o condicionamento ácido, mostrando que o laser de Er:YAG tem potencial para produzir uma superfície de esmalte microrretentiva para melhorar a adesão de resinas compostas.

Ainda pesquisando a adesão sobre superfícies tratadas com irradiação a laser, Keller & Hibst⁹⁰, em 1993, relataram que o padrão de rugosidade apresentado pelos preparos cavitários realizados com laser de Er:YAG poderia sugerir uma boa adesão aos materiais restauradores. Em estudos experimentais isso poderia ficar mais claro se houvesse uma microinfiltração similar dos materiais restauradores após o preparo com laser tanto quanto após preparo mecânico. Com esse propósito, os

autores investigaram em dentes humanos extraídos, a microinfiltração em restaurações de amálgama e resina composta, cujos preparos foram realizados com o laser Er:YAG. O laser Er:YAG (2,9 μ m) foi utilizado com duração total de pulso de cerca de 250 μ s. As cavidades foram preparadas de forma retangular na superfície dos dentes e classificadas em vários grupos: cavidade com esmalte não condicionado, preparos biselados mecanicamente, preparos condicionados com laser e ácido fosfórico. Para comparação, dois grupos de dentes foram preparados apenas mecanicamente, com e sem condicionamento ácido. Os dentes preparados foram restaurados com amálgama e com resina composta e, em seguida, termociclados. A microinfiltração foi examinada pela colocação dos dentes em fucsina básica a 0,5%, ou em solução de nitrato de prata a 50% por 24 horas. Após a secção dos dentes, a avaliação do corante penetrado foi realizada no microscópio óptico e por microrradiografia. Os resultados demonstraram que houve a mesma profundidade de penetração do corante nos dentes restaurados com amálgama após o preparo com laser, comparado com o preparo convencional. As cavidades que foram tratadas com laser, biseladas, condicionadas com laser e restauradas com resina composta mostraram nenhuma ou mínima microinfiltração. Entretanto, segundo os autores, mais investigações devem ser realizadas com diferentes tipos de materiais restauradores para se obter uma qualidade máxima de vedamento marginal.

✱ Em 1993, Paghdiwala et al.¹²⁹ avaliaram as mudanças morfológicas, a elevação da temperatura na polpa e a profundidade dos cortes produzidos em dentes humanos extraídos, pela exposição ao laser Er:YAG, com ou sem *spray* de água e com diferentes níveis de energia e tempo de exposição. Os autores observaram que, dependendo da energia e tempo de exposição do dente seco ao laser, há variação na profundidade de corte e na temperatura dentro da câmara pulpar. Os resultados também indicaram que houve redução da temperatura, processo de ablação mais eficiente e mudanças estruturais mínimas na presença do *spray* de água. Com uma espessura de 2,77mm de dentina, e exposição a 0,3W por 2 segundos, a temperatura subiu somente 0,49°C. O diâmetro dos orifícios feitos nos dentes secos aumentou com a energia, mas não com o tempo de exposição. O diâmetro foi igual para dentes secos e molhados a 1,1W. A exposição por um segundo a 0,3W, sob efeito do *spray* de água, causou uma profundidade de 0,46mm. Nesta pesquisa, os autores verificaram a importância fundamental da refrigeração com água sobre o tecido dental durante a exposição ao laser.

Os efeitos da irradiação dos lasers de CO₂, Nd:YAG e Er:YAG sobre os tecidos dentinários foram avaliados por Wigdor et al.¹⁷⁸, em 1993, *in vitro*, utilizando dentes humanos extraídos para avaliar as alterações morfológicas na dentina e, *in vivo*, em dentes de cães para avaliar as mudanças histológicas da polpa. Nos dentes humanos extraídos, após a remoção do esmalte, a dentina exposta recebeu os

seguintes tratamentos: a) broca de carbeto de tungstênio em baixa rotação; b) laser de CO₂, emitindo pulso longo de 0,1 segundos, de 10,6μm, 5Hz de frequência e potência de 4W; c) laser de Nd:YAG, ajustado em onda contínua de 12,5W; e d) laser de Er:YAG ajustado em pulso longo de 250μm, frequência de 3Hz e energia de 500mJ. Para os testes *in vivo*, os autores usaram os mesmos protocolos dos testes *in vitro*. Ao MEV, os autores puderam observar que o laser de CO₂ causou rachaduras na dentina e os túbulos dentinários não estavam evidentes; com a aplicação do laser de Nd:YAG, a dentina intertubular tinha uma aparência derretida e os túbulos dentinários estavam evidentes, mas com diâmetros variados; o laser de Er:YAG não causou nenhuma mudança morfológica evidente na dentina, sendo que a aparência desta era bem semelhante ao grupo da broca. Ao exame histológico, houve clara evidência de efeito térmico na dentina causado pelo calor dos lasers de CO₂ e Nd:YAG, onde houve intensa destruição da camada odontoblástica e infiltrado inflamatório intenso, típico de uma pulpíte irreversível. Os autores concluíram que, nessas condições experimentais, o laser de Er:YAG foi o que causou menor injúria a polpa, com resultados similares a utilização de instrumentos rotatórios, indicando este laser como um possível substituto das brocas no corte de tecidos dentais.

Para avaliar a qualidade de selamento marginal e medir a resistência adesiva de restaurações de resina composta em cavidades preparadas com alta rotação e com laser de Er:YAG, Hibst & Keller⁸¹, em

1994, prepararam, para o teste de microinfiltração, cavidades em dentes humanos extraídos com o laser Er:YAG ou com brocas em alta-rotação, ambos com spray de água e, para o teste de resistência adesiva, superfícies planificadas de incisivos bovinos. Os preparos cavitários foram biselados e condicionados com várias combinações de irradiação a laser e condicionamento ácido. Depois de restaurados com resina composta e termociclados, a microinfiltração foi analisada através da penetração de corantes. Os autores concluíram que o bisel das margens cavitárias com laser não apresentou vantagens quando comparado com a broca. Porém, o laser pode ser usado para criar microestruturas de retenção na superfície do esmalte, apresentando resistência adesiva excedendo a 10MPa.

Kumazaki⁹⁶, em 1994, trabalhou com o laser Er:YAG para a remoção de tecidos dentários duros. No esmalte, a irradiação com laser produz superfície semelhante à produzida pelo condicionamento ácido. O laser Er:YAG tem comprimento de onda de 2,94 μ m, o qual é absorvido pela água e causa a vaporização da mesma. O laser Er:YAG não tem efeito térmico na polpa, quando usado para preparo cavitário. Não há vibração, barulho, dor e nem sensações causadas pelas turbinas de alta-rotação. O autor desenvolveu uma ponta de contato para o Er:YAG, para facilitar a aplicação do laser com segurança. Esta ponta é de fibra de quartzo de 0,6mm de diâmetro. Uma mistura de ar e água é direcionada paralela ao laser, como spray, para evitar excesso de calor e dor durante

a aplicação do laser. O laser Er:YAG é o mais indicado para preparos cavitários, pois induz à evaporação instantânea da água dos tecidos dentais, produzindo uma pressão suficiente para cortar o dente facilmente. A grande vantagem da utilização do laser em preparos cavitários é, provavelmente, a baixa sensibilidade a dor ou sua ausência completa durante a aplicação.

Sakakibara et al.¹⁵³, em 1994, fizeram um estudo para saber a diferença entre a morfologia das cavidades formadas por um único pulso de laser Er:YAG em esmalte e dentina bovinos, em presença do ar ou imersos em água, em três diferentes graus de energia. O laser foi irradiado na mesma região usando as energias de 50, 100 e 150mJ. O diâmetro e a profundidade das cavidades, em três corpos de prova de cada grupo, foram medidos usando um MEV. Foram evidenciadas, nos corpos de prova irradiados em ar, uma superfície rugosa e uma cavidade mais profunda que nos irradiados em água. Os autores observaram que a *smear layer* não estava presente, facilitando a penetração dos adesivos.

Sekine et al.¹⁵⁹, em 1994, realizaram um estudo para avaliar as reações histopatológicas em polpas de dentes de cães, depois de realizados preparos classe V usando o método convencional, com turbinas de alta-rotação (grupo controle) e o laser de Er:YAG. A energia utilizada foi de 100, 150 e 200 mJ/pulso e a densidade de energia foi de 35,4; 53,1; 70,8J/cm², respectivamente, e frequência de pulso 10pps. Os corpos de prova foram divididos em dois grupos: cavidade profunda e

cavidade rasa, de acordo com o remanescente de dentina. Depois de um, dois, quatro, sete e 28 dias, os autores observaram que não houve diferença histopatológica entre o grupo controle e o grupo do laser. As três energias do laser Er:YAG utilizadas apresentaram pequena diferença quanto ao dano pulpar. Eles concluíram que o preparo cavitário com o sistema de laser Er:YAG pode ser tão seguro quanto o método convencional de alta-rotação.

Em 1995, Keller & Hibst⁹¹ reportaram que, em comparação com outros sistemas, o laser Er:YAG é o preferido por uma série de indicações. As pesquisas *in vitro* e em animais têm mostrado que o laser Er:YAG pode ser usado para a remoção de tecido duro, como também da lesão cariosa com eficiência e sem danos térmicos aos tecidos adjacentes. Os materiais restauradores, como as resinas compostas e os cimentos, podem também ser removidos sem a utilização das brocas. Coroas de ouro e restaurações metálicas não podem ser removidas porque o feixe de laser é refletido. Nenhum efeito foi observado nas cerâmicas, entretanto um grande número de pacientes com cáries primárias ou secundárias podem ser tratados com laser Er:YAG. Estudos histológicos e de aplicação clínica indicaram que os preparos a laser são possíveis sem ou com o mínimo de dor. O laser Er:YAG é recomendado também para osteotomia, remoção de cistos, ou apicetomia por causa da excelente cicatrização. No futuro poderá ser utilizado em periodontia e endodontia.

Em 1996, Altshuler et al.³, realizaram um estudo comparativo entre a eficiência da irradiação com laser de Er:YAG nos modos contato e não contato, em esmalte e dentina de dentes humanos extraídos. O laser Er:YAG operou com 200 μ s de duração do pulso, 10Hz de repetição e energia de 10W. Para eficiência do modo não contato, o foco de irradiação foi verificado com lente de 50mm e, para o modo contato, com lente de 100mm. A remoção dos tecidos foi medida por peso e por microscópio óptico. Os autores concluíram que o modo contato para remoção do esmalte foi três a quatro vezes mais eficiente que o não contato, e duas vezes mais, para a dentina.

Eduardo et al.⁴², em 1996, avaliaram, *in vitro*, as mudanças micromorfológicas da superfície de esmalte após a irradiação com laser de Er:YAG e a resistência adesiva ao cisalhamento de uma resina composta sobre uma superfície de esmalte dentário irradiado com o mesmo laser. Trinta terceiros molares humanos foram divididos em três grupos: a) o grupo 1 foi tratado com ácido fosfórico a 37% por trinta segundos; b) grupo 2 foi tratado com o laser Er:YAG, focalizado com energia de 140mJ/pulso; c) grupo 3 foi tratado com 300mJ/pulso, ambos com taxa de repetição de 1Hz, sobre *spray* de água. A irradiação foi aplicada a uma distância de 13mm do esmalte (não contato). Uma camada do adesivo Heliobond (Vivadent) foi aplicada e a resina composta Prisma TPH (Dentsply) inserida numa matriz de teflon de 5mm de diâmetro. A análise das fotomicrografias demonstrou que a irradiação

com o laser Er:YAG produziu mudanças significantes na superfície do esmalte e o teste de resistência ao cisalhamento mostrou que os valores do grupo tratado com ácido fosfórico foram estatisticamente maiores que o tratado com o laser Er:YAG.

Com o propósito de avaliar e comparar a força de adesão de uma resina composta aderida ao esmalte dental tratado por três diferentes técnicas, Groth et al.⁶⁹, em 1996, utilizaram o seguinte protocolo: a) o grupo 1 - somente tratado com o laser de Er:YAG com energias por pulso e taxas de repetição de 60mJ e 10Hz, 300mJ e 6Hz e 500mJ e 2Hz respectivamente; b) o grupo 2 - condicionado com o ácido fosfórico a 37%; c) o grupo 3 - tratado com o laser de Er:YAG com energia por pulso de 60mJ e taxa de repetição de 10Hz e condicionado com o ácido fosfórico a 37%. Foi aplicado o sistema adesivo e cones de resina composta foram aderidos à superfície do esmalte. Os espécimes foram termociclados e a força de adesão foi testada. Todas as superfícies do esmalte foram analisadas ao MEV. Os valores de adesão encontrados nos grupos que foram exclusivamente tratados com o laser de Er:YAG mostraram ser estatisticamente menores do que aqueles encontrados nos grupos tratados somente com ácido fosfórico ou com laser e ácido fosfórico e, quanto maior a energia utilizada, menor a força de adesão. Os autores concluíram que a modificação da superfície do esmalte pelo laser de Er:YAG antes do condicionamento com ácido fosfórico, pode ser uma técnica alternativa para a adesão de resinas compostas.

Em 1996, Kataumi et al.⁸⁴ realizaram duas pesquisas: a) observaram em MEV a interface dentina/superfície dentinária irradiada pelo laser de Er:YAG; b) estudaram a resistência adesiva de dois sistemas dentinários numa superfície irradiada. Na primeira pesquisa, utilizaram dentes humanos sadios extraídos, cujas superfícies dentinárias foram expostas e preparadas com lixa d'água 600. Uma área de 3mm de diâmetro foi delimitada e irradiada com energia de 50, 125 e 200mJ por pulso e 10pps. Foram preparados 12 corpos de prova, divididos em dois grupos: a) condicionamento seguindo as orientações do fabricante; b) sem condicionamento. A interface dentina/resina foi seccionada e observada ao MEV. Os autores puderam observar uma interface dentina/resina quase sem fenda, mesmo quando o condicionamento não foi realizado. No entanto, quando a energia do laser era aumentada, observaram pequenas rachaduras na dentina superficial ao utilizar o sistema autocondicionante Liner Bond II (Kuraray); mas nada foi observado com o ácido fosfórico. Os autores sugerem a hipótese do condicionamento com ácido fosfórico ter dissolvido a dentina superficial com rachaduras provocadas pela irradiação do laser. Na segunda pesquisa, utilizaram dentes bovinos e dois tipos de sistemas adesivos: ácido fosfórico (K-etchant, Kuraray) e o adesivo (Photobond, Kuraray); e o outro foi um sistema autocondicionante, o Liner Bond II (Kuraray). Foram obtidos 12 corpos de prova, com diferentes irradiações (50, 125 e 200mJ) e superfícies condicionadas ou não com ácido de acordo com o

fabricante. Os resultados mostraram que não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos com ou sem condicionamento, ou com o autocondicionamento, embora o resultado com o Liner Bond II ter sido menor do que a metade do valor esperado. Os autores acreditam que as fendas presentes na superfície dentinária irradiada sejam responsáveis pela diminuição da resistência adesiva, no caso do sistema autocondicionante, por causa da sua baixa capacidade de dissolver a tecido dentinário irradiado.

Diante da evolução do uso do laser na Odontologia, e mais precisamente de um laser capaz de remover estrutura dentária, como é o caso do laser de Er:YAG, Matsumoto et al.¹¹⁰, em 1996, avaliaram um aparelho laser experimental, o *Luxar-Er:YAG Laser System* (Luxar Co. Ltda.) no preparo clínico de cavidades de classe V. Foram selecionados sessenta dentes com fenda na cervical, com ou sem sensibilidade dolorosa, de quarenta pacientes. A aplicação do laser de Er:YAG utilizou os parâmetros de 8Hz e aproximadamente 250mJ/pulso. Os preparos foram realizados sem indução de dor em 80% dos casos. Todos os 12 casos que apresentaram dor durante o ato operatório, já tinham revelado uma sensibilidade dentinária durante o exame pré-operatório. Cinquenta e oito preparos cavitários foram totalmente realizados com o laser de Er:YAG. O tempo gasto para confecção do preparo cavitário foi em média de 10 segundos a 3 minutos dependendo do tamanho e profundidade das cavidades. Não houve nenhum problema até trinta dias após a realização

do preparo cavitário e a restauração com resina composta. Trinta e cinco pacientes não sentiram nenhum desconforto com a aplicação do laser. O sistema de laser de Er:YAG utilizado nesse estudo foi considerado apropriado para uso clínico, segundo os autores.

* Em 1996, Oudhof et al.¹²⁶, fizeram um trabalho para determinar se havia diferença nos resultados de resistência adesiva obtidos com o condicionamento ácido convencional e com aplicação do Er:YAG em dentina bovina. Se a técnica termo-mecânica de ablação com o laser Er:YAG (Kavo-Key -Germany) não promove a formação da *smear layer*, a dentina, portanto, estaria apropriada para adesão dos sistemas adesivos. Foram preparados quarenta dentes bovinos para o teste de retenção, sendo que no primeiro grupo, a dentina foi tratada com a técnica de condicionamento ácido e sistema adesivo da 3M e no segundo grupo, a dentina foi tratada com o laser Er:YAG, com variação de 60 a 250m/J por pulso. Os autores concluíram que este laser proporcionou uma aceitável microrretenção para o sistema adesivo e que a potência em 160m/J do laser proporcionou a maior resistência adesiva. A utilização do condicionamento ácido depois da aplicação do laser foi desnecessária nessas condições estudadas.

* A possibilidade de eliminação da etapa de condicionamento ácido dentinário previamente à aplicação do adesivo foi avaliada por Visuri et al.¹⁷³, em 1996, através do teste de resistência adesiva ao cisalhamento. Foram utilizados molares humanos extraídos divididos em

quatro grupos, que receberam os seguintes tratamentos dentinários: a) tratamento da dentina com laser Er:YAG com 350mJ/pulso e 6Hz; b) com laser mais o condicionamento com ácido fosfórico a 10%; c) com o preparo convencional com brocas de carbide e d) o preparo com broca mais o condicionamento ácido. O adesivo ProBond (Caulk/Dentsply) foi fotopolimerizado com laser Argônio, emitindo radiação 488 e 514nm, com potência 200mW por 15 segundos, e a resina composta utilizada foi ProBond TPH (Caulk/Dentsply) fotopolimerizada com o laser Argônio por trinta segundos. As avaliações ao MEV mostraram túbulos dentinários expostos quando se utilizou o tratamento com laser. Os resultados indicaram que a ablação dentinária pelo laser foi suficiente para a adesão do material restaurador, sendo superior aos resultados obtidos com a utilização da broca, com ou sem condicionamento ácido. Os autores concluíram que o laser Er:YAG deixou a dentina receptiva para promover uma forte adesão com as resinas compostas.

Em 1996, Yokoyama et al.¹⁸¹ realizaram um estudo para avaliar a eficácia e aceitabilidade do uso do laser de Er:YAG clinicamente. Prepararam sessenta cavidades de classe V em quarenta pacientes, com o laser de Er:YAG ajustado em 8Hz e 250 mJ/pulso. Observaram que o laser Er:YAG foi eficiente para aplicação clínica, não foi observada nenhuma reação adversa, os preparos classe V foram realizados sem dor em 48 dos sessenta casos, os 12 casos com dor foram de pacientes que

já reclamavam de sensibilidade antes dos preparos e os preparos foram realizados entre 10 segundos e 3 minutos.

Cozean et al.³⁴, 1997, descreveram um estudo clínico realizado por pesquisadores de cinco centros diferentes, que teve como objetivo avaliar a eficácia e segurança do laser Er:YAG na remoção de cáries e preparo cavitário em esmalte e dentina, comparados com as turbinas de alta-rotação. Investigaram também a necessidade da utilização da anestesia com o laser. Foram realizados preparos classe I, II, III, IV e V, restaurados com amálgama e resinas compostas. Este estudo foi dividido em duas fases: na primeira fase, sessenta dentes foram restaurados e extraídos para exame histológico do tecido pulpar; na segunda fase, 107 dentes foram restaurados, porém não extraídos, e avaliados em períodos superiores a 18 meses. Nas duas fases, os pacientes foram divididos em dois grupos: tratados com laser e tratados com alta-rotação (grupo controle). Baseados nos resultados, os autores concluíram que o uso do laser Er:YAG para tratar tecidos duros dentais foi efetivo e seguro para remoção de cárie, preparo cavitário e condicionamento do esmalte. Não houve diferença significativa entre os procedimentos com laser e grupo controle. Também não houve diferença entre os testes histológicos no tecido pulpar, nos dentes tratados com laser e alta-rotação. Observaram que, nas duas fases, alguns pacientes tratados com laser sentiram pequeno desconforto, mas apenas em 2% houve necessidade de anestesia.

Dostálová et al.⁴⁰ em 1997, para determinar efeito do laser de Er:YAG na ablação de dentes humanos *in vivo*, utilizaram premolares indicados para extração devido a tratamento ortodôntico. Antes da extração do dente, um preparo cavitário em forma oval foi realizado com o laser de Er:YAG com energia de 345mJ/pulso e taxa de repetição de 2Hz. Após as extrações, os dentes foram descalcificados por seis semanas. Um corante a base de hematoxilina e eosina foi colocado sobre as secções longitudinais. Cento e setenta e duas secções foram preparadas e examinadas em microscópio óptico. Os resultados demonstraram que, após a aplicação do laser de Er:YAG, houve uma redução da camada de dentina e que os túbulos dentinários tinha um curso radial em direção à superfície. Nenhuma fratura ou injúria à superfície foi observada e nenhuma reação inflamatória foi achada na polpa, a qual apresentou vascularização normal sob as condições descritas. Os autores concluíram que o laser de Er:YAG é eficiente e seguro para a ablação de esmalte e dentina.

Para comparar a utilização do laser com o instrumento rotatório convencional, Pelagalli et al.¹³⁴, em 1997, realizaram um estudo histológico da polpa, a análise da morfologia da superfície dentária, uma investigação por penetração de corantes, medidas de força adesiva e habilidade do laser em remover cáries e preparar cavidades. Foram selecionados sessenta pacientes com 106 dentes comprometidos com cárie e indicados para extração. Os dentes foram tratados com laser ou

alta rotação, *in vivo*, e extraídos imediatamente, após dois dias, um mês e um ano, para verificar a resposta pulpar, morfologia da superfície e qualidade do preparo, restauração e dor. O laser Er:YAG (Centaury – Premier Laser system Inc.) foi utilizado com os seguintes parâmetros: para remoção de cárie 80mJ, 5 a 10Hz e, para o preparo, 120mJ, 5 a 10Hz, utilizando *spray* de água. Os preparos com alta-rotação foram feitos com brocas de carbeto de tungstênio ou pontas diamantadas a 400.000rpm. Os resultados demonstraram que o preparo com laser foi igual ou melhor para remoção da cárie, preparo cavitário e condicionamento ácido. As observações no MEV não revelaram microrrachaduras, e sim túbulos abertos e efetivo condicionamento com o laser; o teste histológico confirmou que a polpa não foi comprometida e nenhum dos pacientes tratados com laser recebeu anestesia, embora algum desconforto tenha sido relatado durante a irradiação. A F.D.A. (*Food and Drugs Administration*) recentemente aceitou o Er:YAG para remoção de todas as classes de cáries, forma de cavidades e modificação do esmalte e dentina, antes do condicionamento ácido. Os autores concluíram que o laser de Er:YAG e a alta rotação foram essencialmente equivalentes nesse estudo.

 Aoki et al.⁴, em 1998 fizeram uma revisão da literatura a respeito da utilização do Er:YAG no Japão. Comentaram que este tipo de laser foi aprovado pelo Ministério da Saúde em 1995. As investigações usando este laser mostraram sua efetividade nos tecidos duros e moles

sem causar danos pelo calor e a influência na polpa é mínima. Este laser tem efeito bactericida e sua utilidade no tratamento da lesão de cárie, preparo cavitário e pequenas cirurgias no tecido mole foi demonstrada em vários estudos clínicos. Os autores concluíram dizendo que muitos estudos estão sendo feitos com o laser de Er:YAG, porém, ainda há necessidade de esclarecer as suas vantagens e limitações, assim como estabelecer o correto procedimento de sua utilização.

Cozean & Powell³², em 1998, avaliaram as condições dos tecidos pulpar e dentinário após exposição ao laser Er:YAG com 2,94μm nos procedimentos de remoção de cárie, preparo cavitário e condicionamento, antes do condicionamento ácido. Eles observaram os resultados histológicos comparando o Er:YAG com a utilização da alta-rotação convencional. A avaliação de possíveis mudanças histológicas da polpa e dentina, depois da aplicação do laser e da alta-rotação, foram feitas em dentes extraídos imediatamente após os procedimentos operatórios e depois de vários intervalos, até um ano pós-tratamento. Para o teste com laser, utilizaram 45 dentes e para o grupo controle, 61 dentes, entre anteriores, pré-molares e molares. Para o preparo cavitário, utilizaram laser com 97mJ, 10Hz em 147 segundos e para a remoção de cárie foi utilizado 76mJ, 10Hz em 195 segundos. Para remoção de cáries, fez-se necessário uso de menos energia que para o preparo cavitário. Em geral, o preparo cavitário é realizado mais rapidamente para os dentes anteriores que posteriores e mais devagar para a superfície oclusal dos

dentes posteriores do que com a alta-rotação. Uma vantagem do laser é que o dentista sente a diferença quando está trabalhando em tecido cariado ou não. Para os pacientes tratados com laser, não houve necessidade de anestesia, porém houve relato de dor quando o laser se aproximava da polpa. No entanto, a energia pode ser ajustada. Os pacientes não se queixaram de dor pós-operatória. Os autores concluíram que não houve diferença significativa entre o laser e o grupo controle utilizado.

Dando continuidade ao estudo anterior, Cozean & Powell³³, em 1998 avaliaram *in vivo*, a eficácia do laser Er:YAG no preparo cavitário, comparado-a com as turbinas de alta-rotação (grupo controle). Os autores verificaram clinicamente a sensibilidade pós-operatória e a vitalidade pulpar durante dois anos. Foram realizados 512 procedimentos com laser e 357 com o grupo de controle. Foi utilizado o laser Centauri Erbium YAG (Premier Laser Systems), com fibra óptica, 100mJ e 10Hz, e *spray* de água. Os preparos convencionais foram realizados com pontas diamantadas ou de carbeto de tungstênio em alta-rotação a 400.000rpm. compararam os seguintes procedimentos: remoção da cárie, preparo cavitário e condicionamento com laser, antes do condicionamento ácido. Nos dois grupos os preparos foram condicionados com ácido fosfórico e restaurados com resina composta e também com amálgama. Durante os procedimentos, foi utilizado, para remoção da cárie, o laser com 83mJ, 10Hz no período de 24 segundos. Para o preparo cavitário, 136mJ, 10Hz

por 118 segundos. Para o condicionamento 25mJ, 10Hz por 17 segundos. Os autores concluíram que não houve diferença entre os dois grupos quanto ao preparo cavitário e remoção da cárie, vitalidade pulpar, exame radiográfico e sensibilidade pós-operatória. O uso do laser eliminou a necessidade de anestesia. Os autores concluíram que o uso do laser foi eficaz e seguro para remoção de cáries, preparo cavitário e condicionamento do mesmo, antes do condicionamento com ácido.

Dostálová et al.⁴¹, em 1998, realizaram uma avaliação clínica do desempenho clínico do laser de Er:YAG, realizando a ablação pelo modo não contato. Clinicamente, o protocolo variou de 100 a 400 mJ de energia e taxa de repetição de 1 a 4Hz. Foram realizados os procedimentos de preparo cavitário e remoção de restauração insatisfatórias com laser e instrumento rotatório, e ambos foram comparados quanto às características dos preparos, tempo de preparo, influência do desenho da cavidade na retenção do material restaurador e conforto do paciente durante o ato operatório. A qualidade das restaurações foi avaliada por 24 meses quanto a integridade e adaptação marginal, forma anatômica, cáries, descoloração, lisura de superfície e dor pós-operatória. Os resultados revelaram uma boa aceitação do uso do laser pelos pacientes, e a qualidade das restaurações realizadas sobre os preparos a laser foi estável. Concluíram que a retenção e a qualidade das restaurações foram similares com a utilização do laser ou do instrumento rotatório convencional.

Em 1998, Eduardo et al.⁴³ apresentaram três casos clínicos realizados com o laser de Er:YAG: a) no caso 1: foi utilizado 300mJ/pulso, taxa de repetição 3Hz e densidade de energia 42,32J/cm² para um preparo tipo túnel que foi restaurado com sistema adesivo All Bond (Bisco) e a resina composta Z100 (3M dental Products); b) no caso 2: foi utilizado 350mJ/pulso, taxa de repetição 3Hz e densidade de energia 49,38J/cm², para realização de uma cavidade classe V. O preparo foi condicionado com o mesmo laser com 60mJ/pulso, taxa de repetição 10Hz, densidade de energia de 8,46J/cm² e restaurado com os mesmos materiais do caso um; c) no caso 3: foi utilizado os mesmos parâmetros do caso 2, só que para troca de restauração de classe V deficiente. Para as restaurações foram utilizados os mesmos materiais. Nos casos 2 e 3 não foi utilizada a anestesia. Nos três casos, foram feitas avaliações clínicas e radiográficas aos três e seis meses, mostrando bons resultados. Os autores concluíram que a técnica com este laser mostrou ser efetiva para o preparo de cavidades conservadoras, com a eliminação do desconforto produzido pelo ruído e vibração da alta-rotação, e, na maioria dos casos, a necessidade de anestesia foi eliminada durante os procedimentos.

A tecnologia do laser tem um futuro promissor, prometendo uma odontologia sem ruídos ou vibrações associados ao uso das brocas. O sistema laser Er:YAG foi estudado por Evans et al.⁴⁵ em 1998, para verificar a aceitabilidade deste sistema entre os dentistas e pacientes.

Utilizaram o Er:YAG (Kavo Key-Germany) com fibra ótica, transmitindo pulsos de 2,94 μ m e com fino *spray* de água. Foram selecionados 82 pacientes, entre os quais 52 tinham dez anos e trinta tinham menos de dez anos; cinco pacientes não voltaram. Foram selecionados 15 dentistas, porém quatro não completaram o caso. Foram feitos preparos com laser, e preparos convencionais com alta-rotação em cada paciente. Os pacientes e dentistas responderam a questionários. A principal dificuldade reportada pelos dentistas foi o acesso à cárie dental, foco e preparo cavitário, além da baixa efetividade do laser. Os pacientes que preferiram o laser (37) acharam que este causou menos dor e vibração. Os autores concluíram que os dentistas preferiram as turbinas convencionais de alta-rotação e os pacientes, o tratamento a laser.

Para Glockner et al.⁶¹, em 1998, se o laser de Er:YAG remove as estruturas duras do dente, é de fundamental importância saber se esse procedimento poderá comprometer o tecido pulpar vital. Por esse motivo, eles estudaram o efeito da temperatura na polpa de dentes incisivos e caninos humanos, *in vitro*, realizando preparos na face palatina dos mesmos. A temperatura durante o preparo com o laser de Er:YAG foi comparada com a encontrada durante o preparo convencional com broca. O estudo foi determinado para investigar se as medidas encontradas na cavidade pulpar permaneciam numa temperatura constante de 37°C da raiz protegida pela coroa, a qual foi termicamente isolada, exposta ao preparo e refrigerada por agentes. A análise dos resultados mostrou que

durante a preparação com o laser houve uma queda da temperatura, após poucos segundos, de 37°C para 25°C até 30°C devido à refrigeração com água e ar. Quando houve a trepanação da cavidade, observou somente um aumento da temperatura na polpa quando a medida foi feita diretamente no feixe do laser. A comparação com o preparo convencional, quando houve trepanação, demonstrou uma elevação da temperatura de mais de 60°C. Concluíram que a redução da dor com o uso clínico do laser de Er:YAG para preparo de cavidades de Classe V tem sido mencionada em várias publicações e este fato pode estar relacionado a menor elevação da temperatura intrapulpar durante o preparo cavitário com o laser, em comparação com o preparo convencional com alta rotação.

Em 1998, Hansen⁷⁴ fez um estudo clínico para investigar a eficiência do laser Er:YAG na remoção de cáries e preparo cavitário em dentina e em esmalte e comparar com o procedimento convencional com alta-rotação. Este estudo consistiu em duas fases. A primeira fase consistiu em setenta procedimentos com o laser e 69 procedimentos utilizando a alta-rotação convencional. Aproximadamente um terço dos dentes tratados com laser foram extraídos imediatamente, o outro terço foi extraído dois dias após tratamento com laser e o último terço, de um mês a um ano após os procedimentos com laser. A avaliação histológica da polpa e mudanças do tecido dentinário induzidas pelo laser e pela alta-rotação, foi realizada nos dentes que foram extraídos imediatamente e em

vários intervalos de tempo, até um ano após o tratamento. Foram realizados também testes de resistência ao cisalhamento e de penetração de corantes. A análise estatística aplicada aos resultados indicou que não houve diferença significativa entre o grupo tratado com laser e com a alta-rotação.

Keller et al.⁹², em 1998, investigaram a aceitação por parte dos pacientes, de preparos cavitários realizados com o laser Er:YAG em cinco serviços odontológicos. Os autores realizaram 206 preparos em 194 dentes de 103 pacientes, sendo metade dos preparos realizados com laser e a outra metade com alta-rotação convencional. Para o esmalte, a energia de pulso utilizada foi entre 250 a 400mJ, repetição 2-4Hz. Para a dentina, energia entre 150 a 300mJ, repetição 1-3Hz. Os preparos com brocas foram realizados em alta-rotação. Os dentes foram restaurados com amálgama ou resina composta. Imediatamente após, foi feito o teste de vitalidade pulpar com gelo e à percussão. O esquema de avaliação compreendeu três escores: confortável, desconfortável e muito desconfortável. Os resultados mostraram que o tratamento com laser foi mais confortável que o tratamento convencional. Durante o tratamento, a necessidade de anestesia local foi de 11% para o preparo convencional e 6% para o preparo com laser. Oitenta por cento dos pacientes disseram ser o preparo convencional menos confortável e 82% dos pacientes preferiram o preparo com laser para futuros tratamentos. Os autores

concluíram que a aplicação do laser Er:YAG para preparos de cavidade foi mais confortável que o método convencional com alta-rotação.

Kusaka et al.⁹⁷, em 1998, fizeram um estudo para avaliar a microinfiltração de cavidades preparadas com o Er:YAG e restauradas com diferentes sistemas adesivos. Utilizaram dentes molares humanos recém-extraídos, onde preparos retangulares foram feitos nas faces vestibulares/linguais ou mésio/distais, em diferentes localizações: coroa (esmalte), área gengival (esmalte/dentina) e raiz (dentina). Em uma das faces foi feito um preparo pelo Er:YAG com 200mJ de energia e 5Hz para esmalte e 100mJ e 5Hz para dentina. Na outra face, o preparo foi feito pela broca 311 (Shofu) em alta-rotação, como controle. Os materiais restauradores foram os seguintes: Clearfil AP-X com Clearfil Liner Bond II (Kuraray), Clearfil AP-X com Clearfil Photobond (Kuraray) e Fuji Type II LC (Kuraray). Foi utilizado o corante fucsina básica 5% por 24h. Cada dente foi seccionado axialmente em duas fatias e a avaliação da infiltração foi feita com aumento 40x de acordo com escores de zero a três. Os autores observaram que nos preparos em esmalte (no grupo controle e com laser), Fuji Type II LC apresentou um escore zero, enquanto Liner Bond II apresentou 17 escores 0 e Photobond 21. No grupo com preparos cervicais a laser, todos os materiais restauradores apresentaram grande infiltração nas margens gengivais.

Miserendino¹¹⁵, em 1998, realizou um estudo para avaliar a modificação da superfície do esmalte condicionado para o selamento de

fossas e fissuras para restaurações com resina composta, bem como, comparar a infiltração ao redor do selante e das restaurações. Um total de 44 dentes humanos indicados para extração por motivo ortodôntico, periodontal e outras razões foram tratados, com as seguintes finalidades: remoção da cárie, preparo cavitário e restauração, e para o selamento das fossas e fissuras. Os dentes foram divididos em dois grupos: a) tratados com laser e, b) tratados com ácido fosfórico 37% e alta-rotação. Em MEV foram avaliados os extraídos, sem ser realizado selamento ou restauração e os extraídos depois de realizado o selamento ou restauração. Foi verificado também se a temperatura causava danos no esmalte como fratura e recristalização e foi avaliada ainda a topografia e rugosidade superficial. Os resultados estatísticos indicaram que a interação do laser com esmalte e dentina não induziram danos térmicos como fraturas e recristalização. A microinfiltração ao redor do selamento das fossas e fissuras e na interface restauração/dente foi equivalente nos dois métodos, laser e alta-rotação. Baseado nestas informações, o autor concluiu que o tratamento com laser, para o selamento e para o preparo cavitário, é uma alternativa viável.

A influência do uso da irradiação com o laser de Er:YAG, durante os procedimentos clínicos de remoção de cárie, preparo cavitário e condicionamento com laser antes do condicionamento ácido e restauração na saúde da polpa e tecido dentinário, foi avaliada por Miserendino & Cozean¹¹⁶, em 1998, comparativamente ao método

tradicional de preparo com alta-rotação. Os procedimentos clínicos foram executados em cinco clínicas privadas para se obter dados que pudessem ser representativos de um dentista clínico. Um total de 1792 procedimentos foram realizados em cinco anos, envolvendo todos os tipos de preparos cavitários (classe I a V), várias profundidades de lesões de cárie e todos os grupos de dentes. O grupo do laser de Er:YAG foi utilizado com os seguintes protocolos: para remoção de cárie, energia 50mJ e 5 a 10Hz; preparo cavitário – 80 a 120mJ e 5 a 10Hz e para o condicionamento ácido – 25mJ e 10Hz. O condicionamento ácido utilizado nos preparos convencionais foi o ácido fosfórico. Os dentes foram extraídos em vários períodos, desde a exodontia realizada imediatamente (0 a 48 horas), até um ano após o tratamento para avaliações quantitativas e qualitativas nas secções histológicas. O critério usado para a avaliação qualitativa foi: a) tecido pulpar e vascularização (normal, hiperemia, hemorragia, inflamação, necrose); b) odontoblastos (normal, ruptura, ausente, necrose); c) dentina (normal, alterada, carbonizada, irregular). A avaliação quantitativa foi realizada segundo seis critérios: a) hemorragia focal; b) hiperemia; c) inflamação focal; d) inflamação generalizada; e) liquefação necrótica; f) coagulação necrótica. Os escores foram de 0 a 3 de acordo com a extensão e/ou intensidade, onde: 0 = ausente; 1 = leve; 2 = moderada, 3 = severa. A análise estatística demonstrou que não houve diferença entre os dois métodos de tratamento em nenhum dos três procedimentos.

Niu et al.¹²⁵, em 1998, verificaram a infiltração em restaurações classe V de resina composta cujos preparos foram realizados com laser Er:YAG e pelo método convencional com turbinas de alta-rotação. Foram utilizados 48 dentes humanos extraídos, divididos em três grupos: a) as cavidades foram condicionadas com ácido fosfórico 30%, depois do preparo com laser; b) preparos com laser sem aplicação do ácido fosfórico 30%; c) preparos convencionais condicionados com ácido fosfórico 30%. O laser Er:YAG (Pharos Optics, Tustin, CA) com comprimento de onda 2,94 μ m com fibra flexível de diâmetro 0,32mm foi utilizado com os seguintes parâmetros: 2W, 10pps, 200mJ/pulso por sessenta segundos. O tamanho do ponto foi de 0,7mm e duração do pulso foi 140 μ s. Foi utilizado spray de água. As restaurações foram realizadas com o sistema adesivo Clearfil Photo Bond e resina composta Silux Plus, imersas no corante Rodamina B a 0,6% a 36°C por 48 horas. Foram seccionados transversalmente e para a observação dos graus de infiltração (graus 0 a 3) por estereoscópio. Para avaliação da fenda marginal pelo MEV, as secções foram desidratadas em etanol a 70, 80, 90 e 100%. Os autores concluíram que não houve diferença significativa na infiltração entre as cavidades preparadas com laser ou turbina de alta-rotação; o efeito do condicionamento foi observado nas margens preparadas com o laser, as fendas observadas na interface dente/restauração em todos os grupos pelo MEV, mas não houve diferença significativa entre eles.

Ramos¹⁴³, em 1998, avaliou a microinfiltração em restaurações de classe V preparadas com laser Er:YAG e pelo método convencional com alta-rotação. Foram utilizados 36 terceiros molares humanos hígidos, divididos em três grupos: grupo 1 (grupo controle) foi preparado com alta-rotação e condicionado com ácido fosfórico 35%; grupo 2, preparado com Er:YAG (Kavo Key II) e condicionado somente com ácido fosfórico 35%; grupo 3 foi preparado e condicionado somente com o laser de Er:YAG. O laser, focalizado a 12mm da superfície dental, foi utilizado com 400mJ de energia/pulso de 128,61J/cm². O esmalte cavo-superficial foi condicionado com o mesmo laser, com energia de pulso reduzida para 60mJ, a frequência aumentada para 10Hz, resultando numa densidade de energia de 19,29 J/cm², com *spray* de água. O preparo do grupo controle foi executado com instrumento rotatório diamantado n.º 1091, em alta-rotação e o bisel cavo-superficial, com instrumento rotatório diamantado n.º 3195 F. Os preparos foram restaurados com o sistema adesivo Single Bond (3M dental Products) e resina composta Z100 (3M dental Products). Os dentes foram armazenados em água por 24 horas a 37°C, submetidos a ciclagem térmica e colocados numa solução de nitrato de prata por 24 horas, lavados e colocados numa solução foto-reveladora sob luz fluorescente por 6 horas. Depois de incluídos em resina, foram seccionados longitudinalmente para serem analisados por EDX, MEV e estereomicroscópio. A autora concluiu que os preparos com laser e convencional com ácido tiveram menor infiltração que o grupo tratado só

com laser. Os resultados indicaram que o laser Er:YAG pode ser utilizado para preparos cavitários de classe V de forma semelhante à alta-rotação, se, após o tratamento com o laser, a superfície for condicionada com ácido fosfórico.

Em 1998, Rechmann et al.¹⁴⁶ fizeram uma revisão da literatura a respeito da utilização do laser de Er:YAG, em Odontologia. Segundo vários autores, este tipo de laser tem sido testado com sucesso para várias aplicações como preparo cavitário, tratamento da lesão cariosa, remoção de restaurações em resina e condicionamento de esmalte e dentina. Também progressos têm sido feitos em cirurgia, periodontia e redução de bactérias. Como vantagens, os autores comentaram que o preparo com laser de Er:YAG reduz a sensação dolorosa quando comparado com a utilização da alta-rotação e possibilita um tratamento conservador para pequenas lesões. Como conclusão, os autores apresentaram o laser Er:YAG com grande aplicação na odontologia.

Mudanças morfológicas do esmalte superficial e subsuperficial foram investigadas por Rechmann et al.¹⁴⁵, em 1998, após a irradiação com laser Er:YAG, com comprimento de onda de 2,94 μ m, duração do pulso de 250-500 μ s, diâmetro do foco de 600 μ m, distância 13mm e *spray* de água 2ml/min (Kavo Laser 1242, Germany). A superfície de quarenta dentes recém-extraídos foi irradiada usando a aplicação padrão (4 a 6Hz, 2mm/s e 3mm/s respectivamente). Diferentes energias foram irradiadas (60, 180, 300, 400 e 500mJ/pulso) em três a cinco regiões, enquanto cada

região foi irradiada entre uma a dez vezes, respectivamente. A área de irradiação foi analisada pelo MEV e pelo microscópio óptico e, segundo os autores, na subsuperfície não foram observadas rachaduras mesmo quando altas energias foram aplicadas. As bordas das regiões irradiadas eram pontiagudas enquanto áreas de fusão de diferentes tamanhos foram observadas ao fundo das regiões, dependendo da energia aplicada. Pequenas microrrachaduras foram observadas na superfície das áreas fusionadas. Segundo os autores, a irradiação com laser Er:YAG resultou numa superfície rugosa típica e, à medida que se aprofundou a irradiação, as áreas fusionadas tornaram-se mais espessas. A irradiação sem *spray* de água resultou em camadas de esmalte mais espessas e porosas.

Tanji¹⁶⁴, em 1998, analisou as alterações morfológicas do esmalte e da dentina em MEV, bem como as alterações da dentina quanto à composição de cálcio, fósforo e oxigênio, em cavidades classe I preparadas com irradiação do laser Er:YAG (Kavo Key-Germany), utilizando três diferentes parâmetros de energia. Vinte e nove terceiros molares humanos foram divididos em quatro grupos: a) grupo 1 – cavidades preparadas com energia por pulso de 400mJ, taxa de repetição de 2Hz e densidade de energia de 128,38J/cm²; b) grupo 2 – energia de 450mJ, 2Hz e densidade de 144,43J/cm²; c) grupo 3 – 500mJ, 2Hz e densidade de 160,48 J/cm²; d) grupo 4 – cavidades classe I preparadas por meio de instrumentos rotatórios em alta-rotação, com dimensões aproximadas às das cavidades dos grupos laser. Para análise de

concentração de cálcio, fósforo e oxigênio, antes e após a irradiação com o laser, foram preparados três discos de dentina de cada grupo laser. O laser de Er:YAG mostrou-se eficiente para ablação de esmalte e dentina nos três parâmetros de energia estudados, deixando as margens das cavidades irregulares. A superfície dentinária apresentou-se com túbulos dentinários abertos, com apenas algumas áreas de fusão e recristalização. Na análise de cálcio, fósforo e oxigênio, através de fluorescência de raios X, a quantidade de cálcio da dentina diminuiu após irradiação com 400mJ do laser e a quantidade de fósforo da dentina aumentou, após a irradiação com 450mJ. Não houve diferença estatisticamente significativa na quantidade de oxigênio antes e após irradiação com as três energias do laser de Er:YAG utilizadas neste estudo.

A interface esmalte/dentina tratada com laser de Er:YAG e sistema adesivo, foi avaliada por Blankenau et al.¹⁴, em 1999, através do teste de microinfiltração. Foram utilizados quarenta dentes humanos onde foram realizados preparos classe V com a parede oclusal em esmalte e a parede gengival em cimento. Vinte dentes foram preparados com alta-rotação: dez condicionados com ácido fosfórico, aplicados o adesivo Optibond Solo (3M Dental Products) e a resina composta (grupo 1); dez não foram condicionados antes da aplicação do adesivo (grupo 2). Os outros vinte dentes foram preparados com laser: dez condicionados com ácido (grupo 3) e dez não condicionados antes da aplicação do adesivo

(grupo 4). Os dentes foram termociclados por 2460 ciclos entre 5° e 55°C e colocados em solução de nitrato de prata por 2 horas, seccionados e avaliados segundo grau de infiltração de zero a três. A microinfiltração foi semelhante estatisticamente na parede gengival para todos os grupos ($p > 0,05$) e menor na margem oclusal, exceto para o grupo 2. No grupo onde foi realizado preparo com alta-rotação e não condicionado, a infiltração foi pior que no preparo a laser e não condicionado. Os autores concluíram que, no preparo em esmalte com laser e alta-rotação, há necessidade de condicionamento ácido.

A eficácia da ablação de tecidos dentários duros com o laser de Er:YAG é de fundamental importância no intuito de se tornar um substituto das turbinas de alta-rotação. Diante das controvérsias encontradas na literatura sobre a influência do jato d'água durante o processo de ablação, Hossain et al.⁸³, em 1999, avaliaram a taxa de ablação e as mudanças morfológicas no esmalte e dentina em dentes humanos irradiados com laser, com e sem borrifos de água. Foi utilizado o Er:YAG usando a energia de pulso entre 100 e 400mJ, 2Hz de frequência por 5 segundos. A ablação, com ou sem água, com diferentes energias de pulso foi medida e, as alterações morfológicas foram observadas no MEV. Os autores observaram uma relação quase linear entre a profundidade de ablação e energia utilizada para o esmalte e a dentina. A irradiação com água reduziu a profundidade da ablação, porém muito pouco, quando comparada com a irradiação sem água. As observações no MEV

indicaram que a irradiação com água produziu cavidades sem sinal de danos térmicos à volta do esmalte e da dentina. Os autores concluíram que a adição de um *spray* fino de água direto na ablação, não a diminuiu e não causou carbonização ou fusão nos tecidos duros adjacentes.

A característica da *smear layer* deixada sobre um dente instrumentado com laser ainda não está bem clara. Latta et al.⁹⁸, em 1999, investigaram a microestrutura da interface resina/dentina de dois sistemas adesivos, aplicados sobre preparos realizados com laser de Er:YAG e instrumento rotatório. Foram utilizados dentes humanos extraídos hígidos onde preparos classe I foram realizados com brocas de carbeto de tungstênio (H) e com laser Er:YAG (L). A profundidade da parede pulpar foi igual para todos os dentes. Para restauração, os grupos foram divididos da seguinte forma: a) condicionamento ácido, seguido da aplicação do Prime & Bond 2.1 (Dentsply) e resina TPH (Dentsply); b) sem condicionamento ácido, seguido do Prime & Bond 2.1 e TPH; c) condicionamento ácido, seguido de Single Bond (3M Dental Products) e TPH. Depois de armazenados em água, os dentes foram seccionados através das restaurações, polidos e imersos em HCl 8% por 20 segundos, seguido de imersão em NaOCl 5% por 20 minutos. Depois de secos, os espécimes foram cobertos com ouro e examinados no MEV. Os resultados revelaram que os preparos convencionais e tratamento restaurador 1 e 2 mostraram uma camada híbrida definida e profundos *tags* de resina, dentro dos túbulos dentinários. Os preparos L com as

restaurações dos grupos 1 e 2 exibiram *tags* de resina menos pronunciados e camada híbrida imperfeita. Os espécimes H do grupo 3 também demonstraram formação de camada híbrida e *tags* de resina. Entretanto os espécimens L neste grupo revelaram total ausência de camada híbrida e nenhuma penetração de resina nos túbulos. Os resultados deste estudo indicaram que a utilização do Er:YAG para preparos cavitários pode afetar negativamente a atuação dos dois sistemas de adesivos utilizados, porém mais pesquisas são necessárias para entender as mudanças causadas pelo laser na estrutura dentinária.

Araújo⁶ em 2000, avaliou a influência do laser de Er:YAG utilizado para preparo cavitário e do laser de Nd:YAG empregado no pré-tratamento dentinário quanto a microinfiltração e nanoinfiltração de sistemas adesivos de frasco único em cavidades de classe V. Foram utilizados oitenta incisivos bovinos para o preparo das cavidades nas faces vestibular e lingual, todas com a parede gengival localizada na junção cimento-esmalte. Para o preparo cavitário, o laser de Er:YAG foi operado em 350mJ e 4Hz. Para o pré-tratamento dentinário, o laser de Nd:YAG foi operado em 60mJ, 10Hz e 0,6W por 10 segundos. Os sistemas adesivos selecionados para esse estudo foram Single Bond (3M Dental Products) com a resina composta Z100 (3M Dental Products); e Prime & Bond NT (Dentsply) e resina composta TPH (Dentsply). Os grupos ficaram divididos em oito com vinte dentes cada: 1) preparo com laser Er:YAG + Prime&Bond NT + TPH; 2) preparo com laser Er:YAG +

Single Bond + Z100; 3) preparo com laser Er:YAG + Single Bond + laser Nd:YAG + Z100; 4) preparo com laser Er:YAG + Prime&Bond NT + laser Nd:YAG + TPH; 5) preparo com alta rotação + Prime&Bond NT + laser Nd:YAG + TPH ; 6) preparo com alta rotação + Single Bond + Z100; 7) preparo com alta rotação + Single Bond + laser Nd:YAG + Z100; e 8) preparo com alta rotação + Prime&Bond NT + laser Nd:YAG + TPH. Os dentes restaurados foram submetidos à termociclagem e colocados em solução de nitrato de prata a 50% por 24 horas; posteriormente foram seccionados em três fatias e avaliados em lupa estereomicroscópica para determinar a microinfiltração segundo um escala de 0 a 4. A fatia mediana foi polida e preparada para avaliação da nanoinfiltração em MEV. Os resultados revelaram que o grupo 3 apresentou os menores valores de microinfiltração e nanoinfiltração.

2.4 Sistema de ultra-som e ponta diamantada CVD

A avaliação em MEV realizada por Gorman et al.⁶⁷ em 1995, de preparos apicais realizados com ultra-som, com instrumento rotatório ou ambos, revelou que as cavidades preparadas com ultra-som somente ou em combinação com instrumento rotatório, mostraram uma menor quantidade de *smear layer* e de debris do que aquelas preparadas com o

instrumento rotatório somente. Não houve diferença entre as técnicas empregadas quanto a lisura ou uniformidade dos preparos.

Trava-Airolid et al.¹⁷⁰, em 1996, relataram a fabricação de brocas para uso odontológico, a partir do crescimento artificial de diamante por deposição química a vapor, o diamante *Chemical Vapor Deposition* (CVD). Os primeiros resultados, comparando o desempenho dessa ponta diamantada CVD com as pontas convencionais, revelaram que a CVD tem uma vida útil vinte vezes maior que a convencional, uma eficiência de corte também superior, com uma indução de aumento de temperatura pulpar semelhante à ponta convencional.

Ainda em 1996, Valera et al.¹⁷¹ aplicaram testes para avaliar a performance das pontas CVD em comparação às pontas diamantadas convencionais. Também constataram a superioridade das pontas CVD, quanto a durabilidade, qualidade de acabamento da estrutura dentária, o menor acúmulo de resíduos na ponta e o contato exclusivo do diamante com o dente. Por fim consideraram que essas pontas CVD trarão novas perspectivas na operacionalidade e na qualidade do trabalho odontológico.

Beling et al.¹¹ em 1997, avaliaram a formação de rachaduras em ápices de dentes humanos unirradiculares ressecados, intradentinárias, em todo o canal, com ou sem instrumentação e obturação do conduto. Após essa primeira avaliação, os autores realizaram nesses

mesmos dentes, o preparo do ápice radicular com instrumento ultrasônico, e novamente observaram a formação de rachaduras. Foram encontradas algumas novas rachaduras, entretanto, não houve diferença estatisticamente significativa nas duas avaliações.

Em 1997, Min et al.¹¹⁴, observaram um grande aumento, estatisticamente significativo, no número de fraturas nos ápices radiculares após o uso do ultra-som com duas intensidades diferentes.

Segundo Leonardo & Leal¹⁰¹, em 1998, ultra-som é o nome atribuído às ondas de frequência maior do que aquelas perceptíveis pelo ouvido humano. Com o uso do ultra-som há um sinergismo de limpeza químico-mecânica do sistema de canal radicular.

Considerando que o uso do ultra-som promove limpeza químico-mecânica de canais radiculares, achamos oportuno testar o equipamento para preparos cavitários e avaliar a qualidade da dentina em relação a técnica de infiltração marginal.

3 PROPOSIÇÃO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar restaurações de resina composta em cavidades de classe V de dentes bovinos, quanto a variável microinfiltração diante dos seguintes fatores:

- a) localização das margens da restauração : esmalte ou dentina;
- b) tipo de equipamento utilizado para realização do preparo cavitário: instrumento rotatório, abrasão a ar, ultra-som e laser de Er:YAG;
- c) adesivos dentinários: condicionamento total ou auto-condicionamento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O projeto de pesquisa foi submetido e aprovado pela comissão de bioética da Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – SP – UNESP (Anexo A).

4.1 Material

4.1.1 Materiais Restauradores

Os materiais restauradores utilizados neste estudo estão relacionados no Quadro 1.

Quadro 1- Marca comercial, fabricantes, componentes principais e lotes dos sistemas adesivos e resina composta utilizados.

Marca Comercial (FABRICANTE)	Componentes principais (de acordo com o fabricante)	Lote
Scotchbond Multi-uso Plus (3M DENTAL PRODUCTS)	Condicionador: ácido fosfórico 35%; <i>primer</i> : HEMA e ácido polialcenólico; adesivo: BIS-GMA, HEMA e aminas	08039
Etch&Prime 3.0 (DEGUSSA AG)	Etch&Prime 3.0 catalisador: HEMA, pirofosfato, fotoiniciadores, estabilizadores; Etch&Prime 3.0 universal: HEMA, etanol e estabilizadores.	099812 129817
Z100 (3M DENTAL PRODUCTS)	Bis-GMA, TEGDMA, zircônia/sílica	9 AP

a) Sistema adesivo Scotchbond Multi-Use Plus:

é um sistema adesivo multi-passos, constituído de um condicionador ácido, o ácido fosfórico a 35%; um *primer* não fotopolimerizável, com pH aproximado de 3,3 e que deve ser seco por 5 segundos para evaporação da água; e uma resina fluída fotopolimerizável, sendo que todos componentes devem ser aplicados sobre esmalte e dentina.

b) Sistema adesivo Etch&Prime 3.0:

é um sistema adesivo autocondicionante, de passo único, a base de água, que pode ser usado com qualquer tipo de resina composta ou compômero fotopolimerizável. A fim de garantir a estabilidade do produto, ele apresenta-se com dois componentes: uma solução universal e outra catalisadora. A mistura das soluções deve ocorrer alguns instantes antes da aplicação. O resultado da mistura consiste em 2-hidroxietilmetacrilato (HEMA), monômero pirofosfato, fotoiniciadores, água e etanol, num pH de 0,6 (Degussa³⁹).

c) Z100:

é um compósito radiopaco fotopolimerizável, cuja composição é a base de BIS-GMA (bisfenol-A

glicildimetacrilato), TEGDMA (trietilenoglicoldimetacrilato) e um material inorgânico sintético de Zircônio/Sílica. É um material restaurador de dentes anteriores e posteriores com tamanho máximo de partículas de 4,5µm.

4.1.2 Equipamentos utilizados

4.1.2.1 Turbina de alta rotação

Foi empregada a turbina de alta rotação RS 350 Push-Button Polifix (Dabi Atlante S.A.), com dois *sprays* de refrigeração, acionada com alta velocidade especificada pelo fabricante em 350.000 rpm.

4.1.2.2 Sistema de Abrasão a Ar

Foi empregado o aparelho de abrasão a ar modelo Mach 4.1 (Kreativ-Inc.), que pode ser visualizado na Figura 1. Esse sistema utiliza partículas de óxido de alumínio de 27,5µm com titânio (responsável pela cor cinza), com controle da intensidade do jato (continuamente variável de 1 a 10 – correspondendo a aproximadamente de 0 a 7g/min); um indicador da pressão do ar, que indica a quantidade de pressão na câmara de mistura e conseqüentemente na peça de mão, mostrando a energia da partícula (de 0 a 120 psi); um controle do modo de saída das partículas (contínuo ou pulsado); peças de mão Standard (padrão) com pontas de diferentes diâmetros (0,011; 0,014; 0,018; 0,026; 0,032 pol) e

peças de mão supersônicas com pontas de diâmetro 0,011; 0,014; 0,018 pol (Kreativ⁹⁵, 1999).

O processo de abrasão ocorre devido a colisão de partículas de pó cortantes sobre uma superfície. Um jato de ar/pó cilíndrico emerge da ponta em uma curta distância (aproximadamente 1,6mm) e então diverge em um formato cônico. A essa distância a abrasão fará pequenas cavidades com as paredes planas.



FIGURA 1- Sistema de abrasão ar Mach 4.1 (Kreativ)

4.1.2.3 Sistema ultra-sônico

Foi usado o sistema ultra-sônico NAC Plus (Adiel Comercial Ltda), modelo AE-200 (Figura 2). Esse aparelho pode ser ajustado variando-se o poder das oscilações, ou seja, a amplitude da onda é

regulável de 1 a 10, e quanto maior o número, maior a potência e a capacidade de penetração das vibrações. Possui um reservatório que pode ser preenchido com a solução irrigadora escolhida pelo operador. A quantidade de irrigação também é variável, devendo ser sempre abundante durante a aplicação; contudo não é desejável que a solução pulverize com o acionamento do aparelho; devendo sim escorrer ao longo da ponta por toda sua extensão.

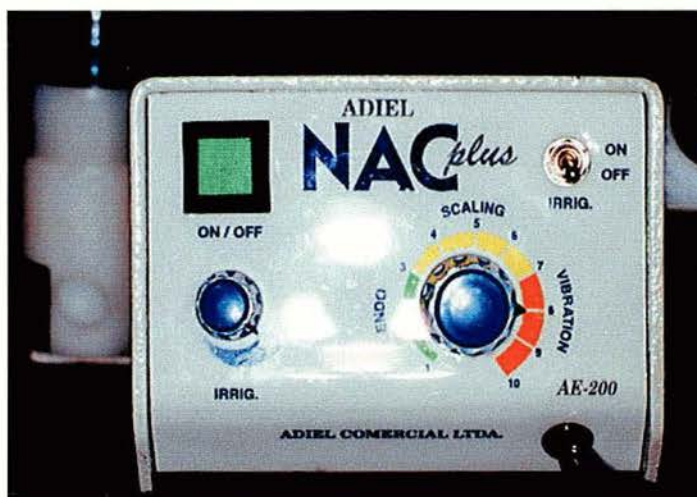


FIGURA 2 - Aparelho ultra-sônico Nac Plus

4.1.2.4 Laser de Er:YAG

O aparelho de laser Er:YAG utilizado para o preparo cavitário foi o modelo Kavo KEY (Kavo Co. Biberach – Alemanha), com emissão de comprimento de onda de $2,94\mu\text{m}$ e energia por pulso variável entre 60 a 500mJ (Figura 3). A duração e a taxa de repetição do pulso podem variar de 250 a $500\mu\text{s}$ e 1 a 15Hz, respectivamente. Como o comprimento de

onda do laser de Er:YAG está localizado na região do infravermelho (luz não visível) do espectro eletromagnético, um laser de diodo com comprimento de onda de 635nm (vermelho) atua como feixe-guia. O sistema de entrega do feixe de laser é por fibra óptica flexível, na qual é acoplada uma peça de mão, com sistema de refrigeração por *spray* de água ajustável. Nesse experimento foi utilizada a peça de mão número 2051, adequada para terapia de cárie, semelhante a uma caneta de alta rotação. Esse laser trabalha na forma não contato, sendo que o foco ideal é estabelecido entre as distâncias de 12 a 15mm, da lente de saída do feixe até o tecido que será irradiado, com diâmetro de 0,63mm.



FIGURA 3 - Laser de Er:YAG – aparelho Kavo Key da Kavo

4.2 Método

4.2.1 Preparo dos dentes

Foram selecionados 160 incisivos bovinos hígidos, extraídos imediatamente após o abate, limpos e examinados, através de lupa estereoscópica (10 X), para pesquisar a presença de trincas no esmalte, as quais poderiam invalidar o experimento. Após a seleção, as raízes foram seccionadas no terço cervical, com auxílio de um disco de carborundum, e desprezadas. As polpas dentais foram extirpadas e os condutos radiculares foram irrigados com água destilada e secos com breves jatos de ar (Figura 4). Em seguida foram armazenados em água destilada e congelados em *freezer* a 18°C negativos até a sua utilização, que ocorreu num período máximo de 28 dias. (Tonami et al.¹⁶⁹, 1996).

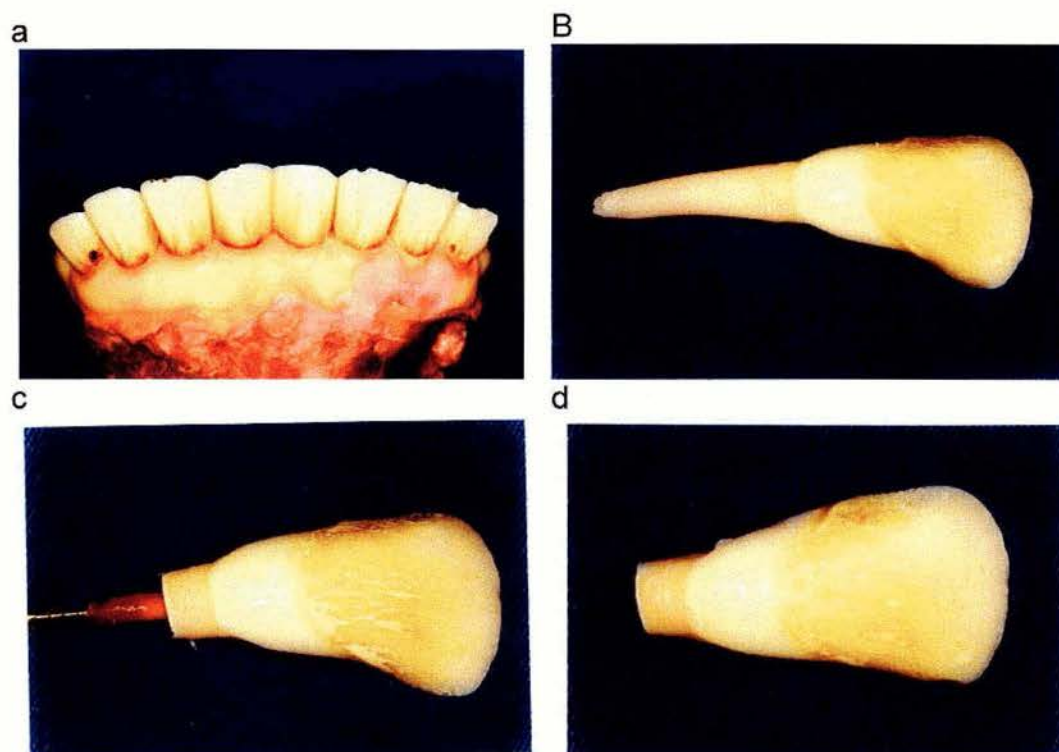


FIGURA 4 - a) mandíbula bovina; b) dente bovino extraído; c) raiz seccionada e extirpação do tecido pulpar; d) dente preparado para o armazenamento.

4.2.2 Preparos cavitários

Foram realizados preparos de classe V na face vestibular dos incisivos bovinos, localizados no terço cervical (limite esmalte/cimento), dimensionados, aproximadamente em 3mm no sentido méso-distal, 2mm no sentido cérvico-oclusal e 2mm de profundidade. Após os preparos cavitários as medidas eram avaliadas com o auxílio de uma sonda milimetrada. Em todos os grupos, a margem oclusal da cavidade foi mantida em esmalte e a cervical na junção amelo-cementária. Foram preparadas quarenta cavidades com cada equipamento. Após cada

preparo, os dentes ficavam armazenados em cuba umidificadora até o momento da restauração adesiva.

4.2.2.1 Preparo convencional

Foi executado com uma ponta diamantada nº 1092 (KG Sorensen), acoplada à turbina de alta rotação RS 350, com sistema duplo de refrigeração.

Os preparos foram padronizados com auxílio de uma base de microscópio modificada, proposta por Walter & Hokama¹⁷⁴, e aperfeiçoada por Gabrielli et al.⁵⁸ (Figuras 5 e 6). Em todo ângulo cavo-superficial em esmalte foi realizado um bisel em 45°, de $\pm 1,0\text{mm}$ de extensão, com ponta diamantada nº 3195F (KG Sorensen), montada em contra-ângulo e micro motor N 270 refrigerado (Dabi Atlante S.A) em baixa velocidade (18.000rpm). Após o preparo, a cavidade foi lavada abundantemente com *spray* de água (Figura 10-a). A cada cinco preparos a ponta diamantada foi trocada por uma nova.

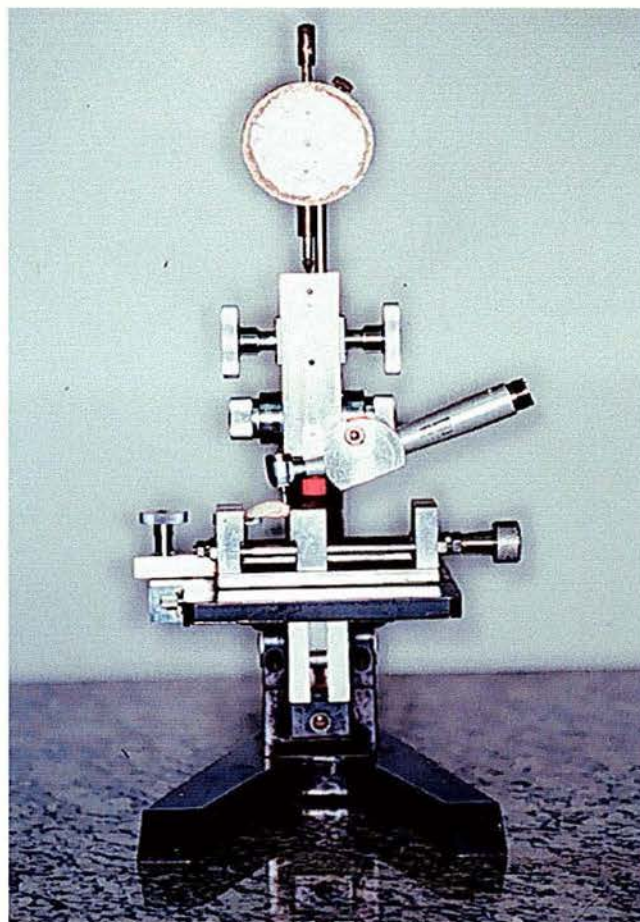


FIGURA 5 – Microscópio modificado para padronização dos preparos com turbina de alta rotação

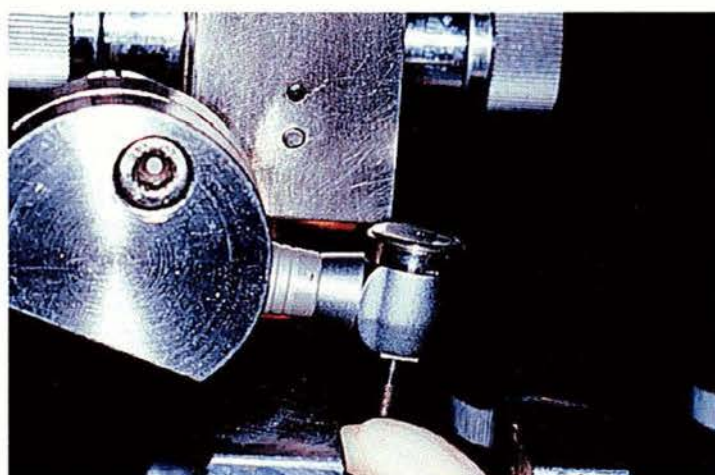


FIGURA 6 – Ponta diamantada acoplada a turbina de alta rotação no microscópio modificado

4.2.2.2 Preparo realizado com o sistema de abrasão a ar

Foi confeccionado com o auxílio da peça de mão padrão, com ponta de diâmetro 0,014pol, posicionada a uma distância de 1 a 2mm da estrutura dentária em um ângulo de aproximadamente 45°. A energia da partícula foi padronizada em 80psi e intensidade do jato em 5, para o esmalte e 50psi e a intensidade do jato em 3 para a dentina, ambos no modo pulsado, conforme projeto piloto realizado. Para a padronização da cavidade nas dimensões previamente estabelecidas, foi colocada uma tira adesiva (3M), com perfuração de 3mm de comprimento e 2mm de altura (Figura 7). O jato foi acionado em períodos pequenos de 1 a 2 segundos. Após o preparo, as cavidades eram lavadas abundantemente com *spray* de água, por no mínimo 30 segundos (Figura 10-b).

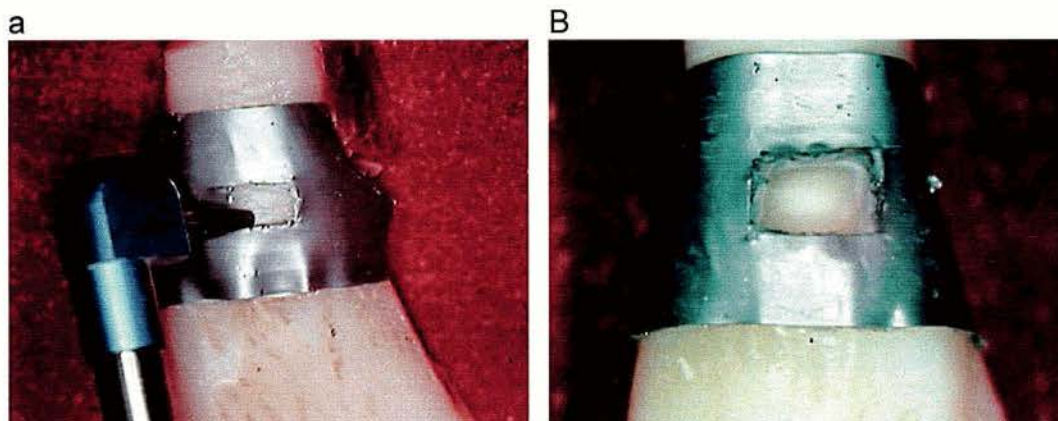


FIGURA 7 – Preparo com jato abrasivo: a) posicionamento da ponta na região delimitada; b) preparo realizado

4.2.2.3 Preparo realizado com o sistema ultra-sônico

Com auxílio de uma moldura feita de papel cartão e lápis grafite de 0,5mm de diâmetro, foram traçados os limites da cavidade a ser preparada com uma ponta diamantada CVD número HD808 (Clorovale Diamantes) acoplada ao sistema ultra-sônico NAC Plus, modelo AE-200 (Figura 8), ambos idealizados para preparos de conduto radicular. A potência das vibrações foi ajustada em 8 e a irrigação foi feita com água destilada de forma abundante. O preparo iniciou-se no centro do retângulo delimitado, varrendo metade do retângulo até atingir as extremidades. A mesma direção foi percorrida para a outra metade. O acionamento do pedal não ultrapassou o tempo de 1 minuto para que não houvesse um aumento da temperatura (Figura 10-c).



FIGURA 8 - Ponta CVD n° HD808, acoplada à peça de mão do ultra-som

4.2.2.4 Preparo a laser de Er:YAG

Para que as dimensões da cavidade se aproximassem do determinado, foi traçado sobre a superfície dentária os limites da cavidade, com auxílio de uma moldura feita de papel cartão e lápis grafite de 0,5mm de diâmetro. O laser de Er:YAG de alta densidade, foi focalizado a 12mm da superfície dentária, com 400mJ de energia/pulso, 4Hz de frequência, resultando numa densidade de energia de $133,33\text{J}/\text{cm}^2$ (Figura 9). O ângulo cavo-superficial em esmalte foi atacado com o mesmo laser, com energia de pulso reduzida para 60mJ, a frequência aumentada para 10Hz, com densidade de energia de $19,25\text{J}/\text{cm}^2$. Após o preparo, as cavidades foram lavadas com *spray* de água (Figura 10-d).

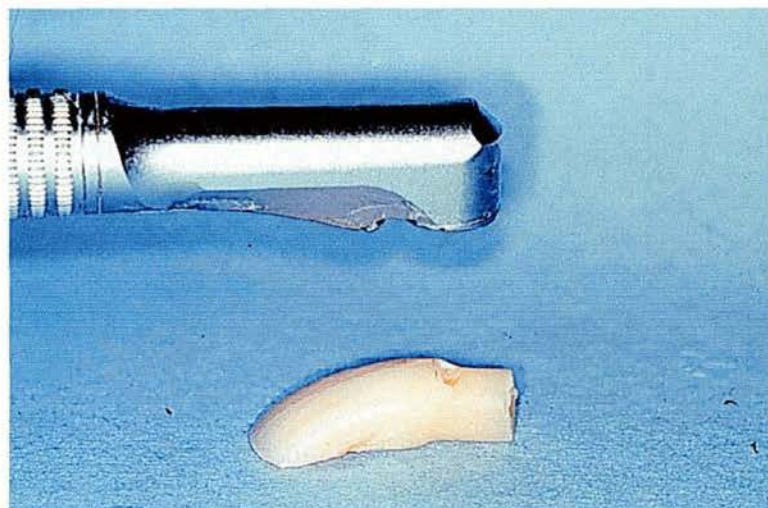


FIGURA 9 - Realização do preparo com laser de Er:YAG

Na Figura 10 podemos observar uma amostra de cada preparo cavitário resultante dos equipamentos utilizados.

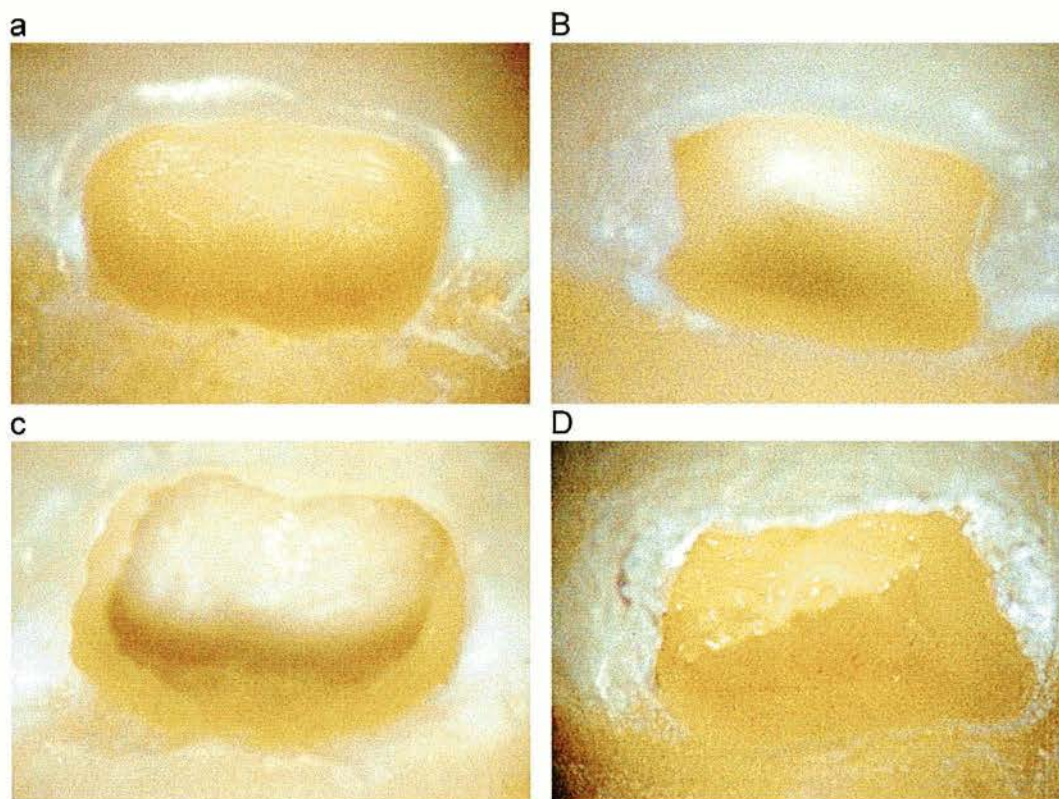


FIGURA 10 – Preparos cavitários resultantes dos equipamentos: a) alta rotação; b) abrasão a ar; c) ultra-som; e d) laser de Er:YAG

4.2.3 Procedimento restaurador

Os quatro diferentes procedimentos de preparo resultaram em grupos com 40 dentes cada, os quais a seguir foram subdivididos em dois subgrupos de 20 dentes, que receberam um dos seguintes sistemas adesivos (Quadro 2).

- a) Scotchbond Multi-Use Plus (SBMUP): as superfícies de esmalte e dentina do preparo cavitário foram condicionadas com ácido fosfórico a 35% em forma de gel, o Etchant (3M Dental Products) durante 15 segundos. Após o condicionamento ácido, a cavidade foi lavada com jatos de água e seca com papel absorvente. O Scotchbond Multi-Purpose Primer (3M Dental Products) foi aplicado até cobrir toda superfície e seco com jato de ar por 5 segundos. O Scotchbond Multi-Purpose Adhesive (3M Dental Products) foi aplicado em toda superfície e fotopolimerizado por 20 segundos, com o aparelho XL1500 (3M) com intensidade de luz de 400mW/cm^2 ;
- b) Etch&Prime 3.0 (EP): foi realizada uma mistura prévia de partes iguais da solução catalisadora e da solução universal. O sistema adesivo foi aplicado nas superfícies de esmalte e dentina dos preparos cavitários, aguardou-se 30 segundos e secou-se por 5 segundos. Seguiu-se a fotopolimerização por 10 segundos com aparelho fotopolimerizador XL1500 (3M) de intensidade de luz de 400mW/cm^2 . Todos os passos foram repetidos.

Todas as cavidades foram restauradas com resina composta fotopolimerizável Z100 (3M Dental Products), cor A3, inserida com o

auxílio de uma seringa centrix em dois incrementos, sendo cada um fotopolimerizado por 40 segundos com o aparelho XL1500.

Após cada restauração, o corpo de prova (CP) foi armazenado em cuba umidificadora, numa estufa bacteriológica (Marconi) a 37°C. Após 24 horas, as restaurações foram acabadas e polidas com discos de lixa Sof-Lex (3M Dental Products) em baixa rotação. Os CP voltaram para a estufa dentro da cuba umidificadora por mais cinco dias.

Quadro 2 - Distribuição dos grupos de acordo com o tipo de preparo cavitário utilizado e sistema adesivo empregado.

GRUPO	TIPO DE PREPARO	SISTEMA ADESIVO
G1 (AR/SBMUP)	Alta rotação	SBMUP
G2 (AR/EP)		EP
G3 (AB/SBMUP)	Abrasão a ar	SBMUP
G4 (AB/EP)		EP
G5 (US/SBMUP)	Ultra-som	SBMUP
G6 (US/EP)		EP
G7 (LA/SBMUP)	Laser de Er:YAG	SBMUP
G8 (LA/EP)		EP

4.2.4 Ciclagem térmica

Previamente a esse procedimento, foi realizado o selamento radicular com cimento de ionômero de vidro, o Vidrion R (S.S.White) e,

em seguida os CP de cada grupo foram colocados em um recipiente e identificados para serem levados à ciclagem térmica (Ética Equipamentos Científicos S.A.). Foi utilizado um processo de ciclagem térmica de 500 ciclos alternados entre 5° e 55°C, com 5 segundos de intervalo e 30 segundos de imersão (Fortin et al.⁵¹, 1994; May Junior et al.¹¹¹, 1996; Santini & Mitchell¹⁵⁷, 1998).

4.2.5 Teste de microinfiltração

Para verificação da infiltração marginal, toda área dentária, exceto a restauração e 1mm além de sua margem, foi impermeabilizada com três camadas de esmalte vermelho (Colorama) para unhas, com intervalo entre as aplicações para permitir a secagem. Os CP foram então mergulhados em corante Rodamina B a 2%, durante 24 horas. Após esse período, os CP foram lavados por 15 minutos para remoção do excesso de corante. Os terços incisais da coroa foram incluídos em blocos de resina acrílica ativada quimicamente, para permitir uma melhor fixação do CP na cortadeira (Cortadeira Labcut 1010 Extec) sem que houvesse deslocamento do mesmo (Figura 11). Foram executados dois cortes no sentido vestibulo-lingual, com disco de diamante sob refrigeração no aparelho de corte, resultando em três fatias, que foram fixadas em lâminas de vidro identificadas para posterior observação. Os cortes possibilitaram um rastreamento do corante através de três leituras.

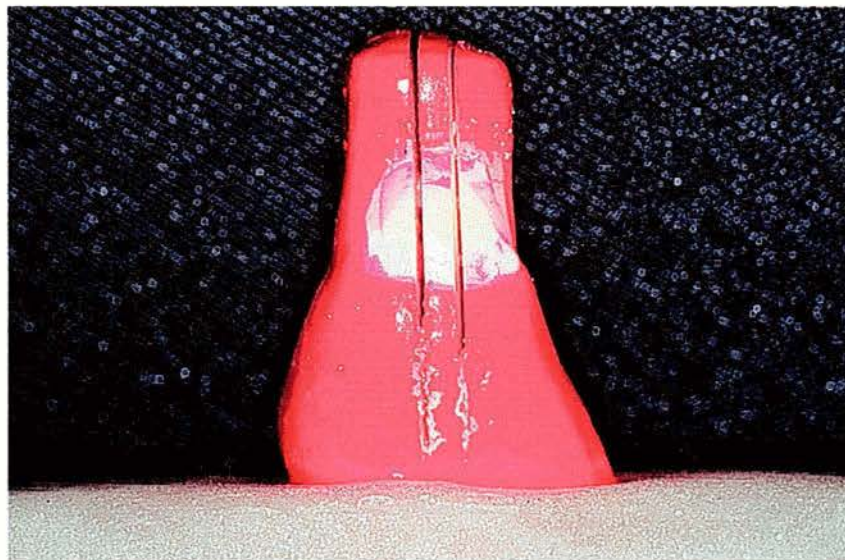


FIGURA 11- dente embutido em resina acrílica e a restauração cortada em três fatias

4.2.5.1 Avaliação da microinfiltração

A análise da penetração do corante foi feita por dois examinadores calibrados, através de uma lupa estereoscópica (Stemi 2000 – Karl Zeiss) com aumento de 50X. O critério de avaliação empregado foi uma adaptação do preconizado por Retief et al.¹⁴⁹ (1982), e consistiu na atribuição de escores de 0 a 4, conforme os níveis de infiltração entre a restauração e a estrutura dentária (Figuras 12, 13 e 14), nas margens oclusal e cervical. Embora tenham sido realizadas três leituras de cada margem, foi considerada somente a de maior grau de microinfiltração:

- a) grau 0: nenhuma infiltração;
- b) grau 1: infiltração até a metade do comprimento da parede oclusal ou cervical;

- c) grau 2: infiltração mais que a metade ou até o comprimento da parede oclusal ou cervical;
- d) grau 3: infiltração em duas paredes (cervical ou oclusal e axial);
- e) grau 4: infiltração nos canalículos dentinários em direção à polpa.

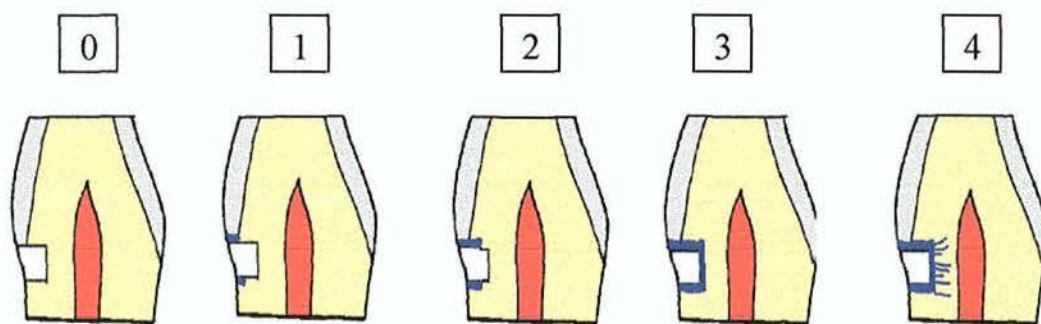


FIGURA 12- Representação esquemática dos escores de microinfiltração.

Em caso de discordância entre os examinadores quanto a atribuição do escore, uma nova leitura era realizada para que houvesse um consenso entre o grau de microinfiltração marginal para a restauração em questão.

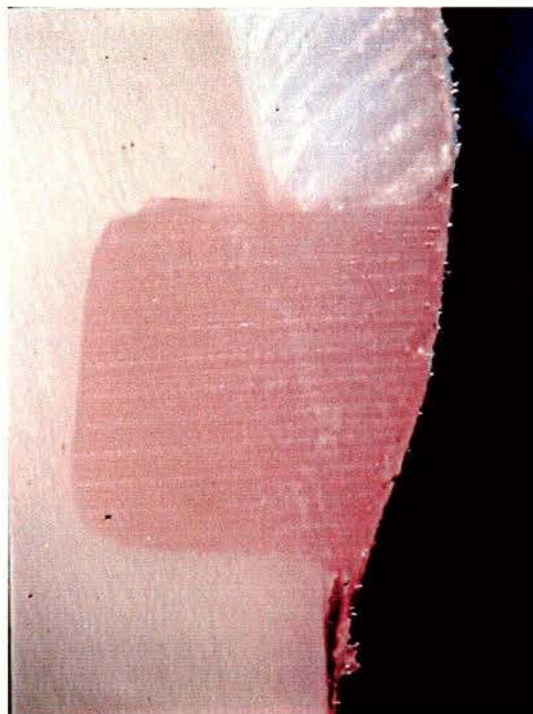


FIGURA 13 – US/SBMUP - grau de microinfiltração = 0 na parede oclusal e 0 na parede cervical



FIGURA 14 – AB/SBMUP - grau de microinfiltração = 0 na parede oclusal e 4 na parede cervical

4.2.6. Microscopia eletrônica de varredura

Tendo em vista as diferentes características dos preparos cavitários realizados com alta-rotação, abrasão a ar, ultra-som e laser de Er:YAG, adicionou-se, neste estudo, com caráter ilustrativo, fotomicrografias das superfícies dentinárias resultantes da ação desses equipamentos, com a finalidade de melhor discriminá-las.

Os preparos cavitários submetidos a análise em MEV foram previamente metalizados, para que se tornassem eletricamente condutivos.

As amostras preparadas foram observadas em microscópio eletrônico de varredura da marca JEOL, modelo JSM 5300, em aumento de 500X, e serão apresentadas no capítulo de resultados.

4.2.7. Análise estatística

Os dados obtidos da observação da microinfiltração marginal foram submetidos a análise estatística, através dos programas computacionais MINITAB for Windows (versão 12.23 – Minitab Inc., 1993), Statistica for Windows (versão 4.03B - StatSoft Inc., 1993) e SigmaStat for Windows (versão 2.03 – SPSS Inc., 1997). Foram empregados os seguintes testes: análise de variância não – paramétrico de Kruskal-

Wallis, comparação múltipla de Tukey e o de Sinais de Postos de Wilcoxon. O nível de significância adotado foi o valor convencional de 5%.

5 RESULTADOS

Os dados obtidos referentes aos graus de microinfiltração observados nas margens oclusal e cervical de cada restauração em resina composta, sobre preparos cavitários de classe V realizados com quatro tipos de equipamentos, alta rotação (AR), abrasão a ar (AB), ultra-som (US) e laser de Er:YAG (LA) e subsequente aplicação de diferentes sistemas adesivos (SBMUP e EP), estão representados no Quadro 3.

Quadro 3 - Resultado do grau máximo de microinfiltração, em escore, nas margens oclusal (O) e cervical (C) dos 20 corpos de prova de cada grupo

GRUPOS E MARGENS		AMOSTRAS																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
AR/ SBMUP	O	4	0	3	1	2	4	4	4	1	2	0	4	3	4	0	4	4	3	1	2
	C	4	0	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	3	4	1	4	4	4	1	2
AR/ EP	O	4	4	0	2	3	2	4	0	0	4	2	4	2	1	0	4	4	0	4	1
	C	4	4	3	2	4	0	0	1	4	4	2	1	4	2	1	4	4	4	4	4
AB/ SBMUP	O	4	3	4	4	3	1	0	4	1	2	4	4	3	4	4	4	0	0	4	0
	C	4	4	4	4	4	4	1	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4
AB/ EP	O	4	4	4	4	4	3	4	1	4	4	2	1	4	4	4	4	1	4	4	1
	C	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	2	4	4	4	4	4	4
US/ SBMUP	O	2	0	0	2	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	C	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	0	0	1	0	0
US/ EP	O	0	2	4	4	2	0	3	0	1	2	3	2	2	2	0	0	4	0	2	2
	C	2	2	4	4	4	0	4	4	0	2	3	1	1	0	0	4	4	4	2	0
LA/ SBMUP	O	3	0	1	2	0	4	2	1	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	4
	C	3	2	1	2	1	4	3	4	4	2	3	1	1	3	2	1	1	3	2	4
LA/ EP	O	3	0	0	0	4	0	0	0	0	3	0	4	0	0	2	0	1	2	4	2
	C	3	3	0	4	4	4	1	2	4	4	4	4	1	1	2	0	1	2	4	4

A compilação dos dados expressos no Quadro 3 originou a Tabela 1.

Tabela 1 – Distribuição dos escores referentes ao grau de microinfiltração das 160 restaurações em resina composta obtidos nas margens oclusal e cervical.

GRUPOS	OCLUSAL (ESMALTE) escores					CERVICAL (CEMENTO) escores					total
	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	
G1 - AR/SBMUP	3	3	3	3	8	1	2	1	3	13	20
G2 - AR/EP	5	2	4	1	8	2	3	3	1	11	20
G3 - AB/SBMUP	4	2	1	3	10	-	1	-	1	18	20
G4 - AB/EP	-	4	1	1	14	-	-	2	-	18	20
G5 - US/SBMUP	11	7	2	-	-	15	2	1	-	2	20
G6 - US/EP	6	1	8	2	3	5	2	4	1	8	20
G7 - LA/SBMUP	11	3	2	2	2	-	6	5	5	4	20
G8 - LA/EP	11	1	3	2	3	2	4	3	2	9	20
Total	50	23	24	14	48	25	20	19	13	83	160

Para uma melhor visualização da distribuição dos escores atribuídos, para cada margem dos corpos de prova dos oito grupos em estudo, foram montadas as Figuras 15 e 16.

Distribuição dos grupos conforme atribuição dos escores

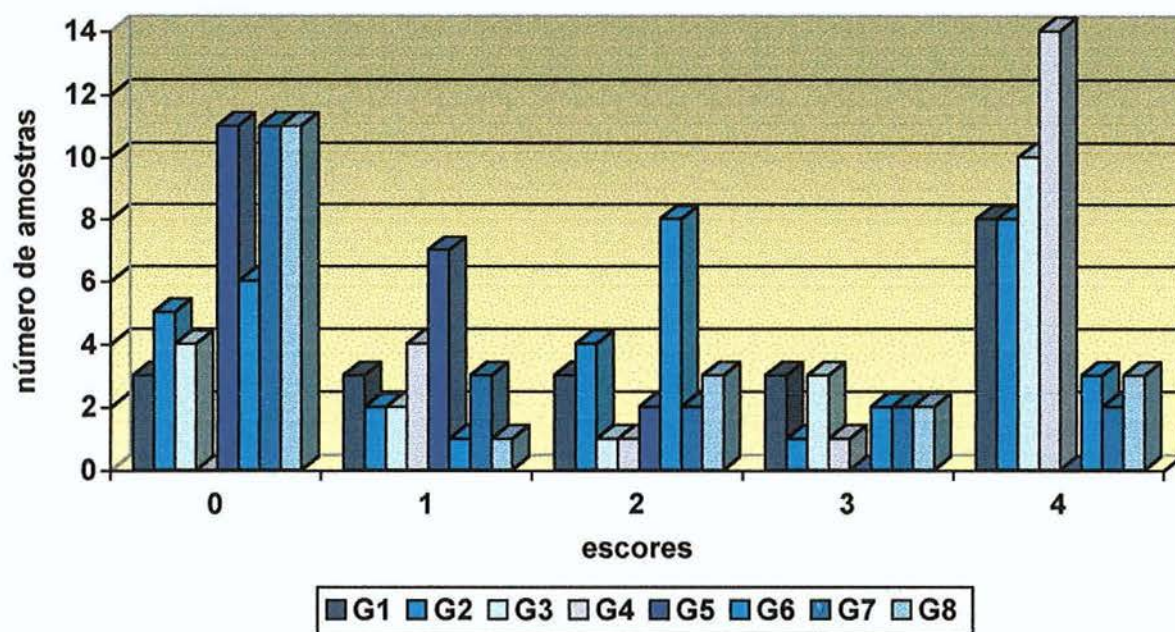


FIGURA 15 – Representação gráfica da distribuição dos grupos segundo os escores atribuídos na margem oclusal

Distribuição dos grupos conforme atribuição de escores

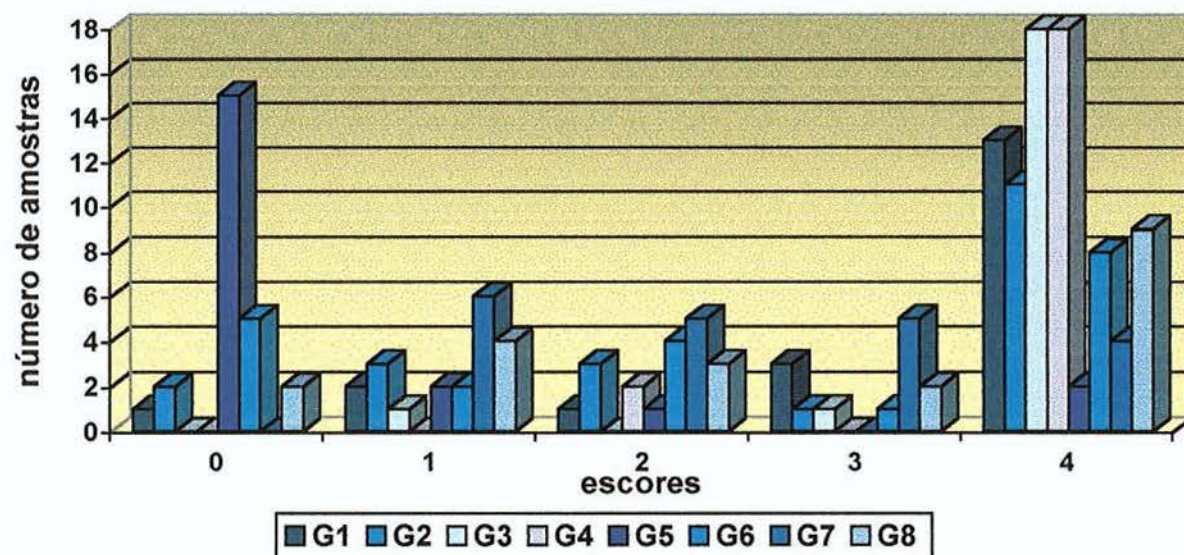


FIGURA 16 – Representação gráfica da distribuição dos grupos segundo os escores atribuídos na margem cervical

5.1 Análise estatística

Neste experimento objetivou-se verificar a influência de três variáveis: localização das margens da restauração, tipo de equipamento utilizado para cortar a estrutura dentária e confeccionar preparos cavitários de classe V (técnica) e aplicação de dois sistemas adesivos (material), na microinfiltração marginal de restaurações em resina composta.

A confecção de preparos cavitários de classe V na junção amelo-cementária, com margem oclusal em esmalte e margem cervical em cemento ou dentina, possibilitou-nos determinar o comportamento dos oito grupos em estudo (AR/SBMUP; AR/EP; AB/SBMUP; AB/EP; US/SBMUP; US/EP; LA/SBMUP; LA/EP) frente a dois tecidos dentários com características diferentes.

Para verificar a igualdade de comportamento das 160 restaurações desse experimento quanto ao grau de microinfiltração nas margens oclusal e cervical, foi aplicado o teste de Sinais de Postos de Wilcoxon (Figura 17).

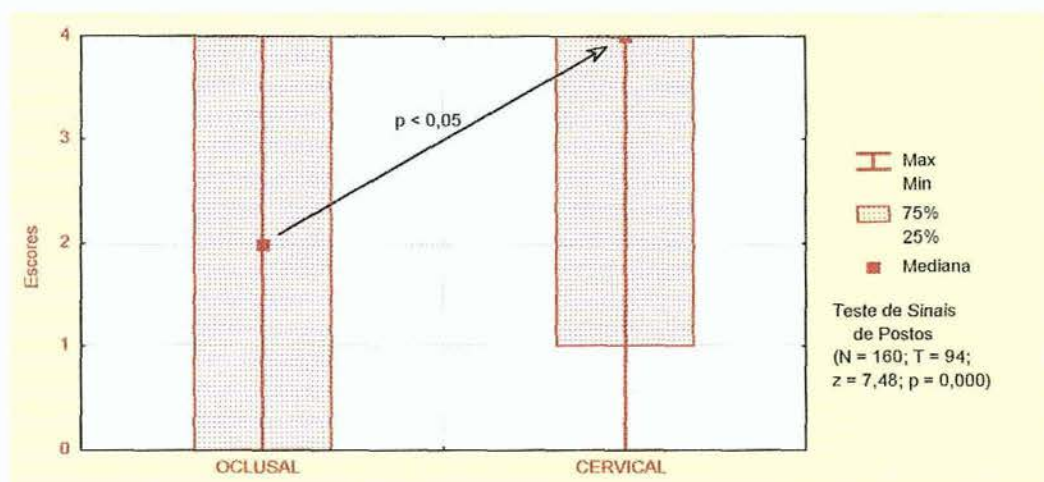


FIGURA 17 – Esquema dos cinco números (*Box-Plot*) referente aos dados de microinfiltração de acordo com as margens, independentemente do preparo cavitário e sistema adesivo.

Com a aplicação do teste de Sinais de Postos de Wilcoxon foi possível rejeitar a hipótese de igualdade de comportamento das restaurações quanto à infiltração nas margens oclusal e cervical ($p < 0,05$), com maior microinfiltração na parede cervical.

Para avaliar se o maior grau de microinfiltração da parede cervical se confirmaria dentro de cada um dos oito grupos em estudo, foi aplicado novamente o teste de sinais de postos de Wilcoxon, com nível de significância de 5%, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Oclusal X Cervical. Resultado do teste de Sinais de Postos de Wilcoxon para os grupos em estudo

GRUPOS	Margem	Mediana	25%	75%	p- valor
AR / SBMUP	Oclusal	3	1	4	=<0,001
	Cervical	4	3	4	
AR / EP	Oclusal	2	0,5	4	0,004
	Cervical	4	1,5	4	
AB / SBMUP	Oclusal	3,5	1	4	0,002
	Cervical	4	4	4	
AB / EP	Oclusal	4	2,5	4	0,031
	Cervical	4	4	4	
US / SBMUP	Oclusal	0	0	1	1,000
	Cervical	0	0	0,5	
US / EP	Oclusal	0	0	1	=<0,001
	Cervical	2	0,5	4	
LA / SBMUP	Oclusal	0	0	2	=<0,001
	Cervical	2	1	3	
LA / EP	Oclusal	0	0	2,5	0,024
	Cervical	3	1	4	

Com os resultados da Tabela 2 foi verificado que o grau de microinfiltração nas margens oclusal e cervical dos grupos AR/SBMUP, AR/EP, AB/SBMUP, AB/EP, US/EP, LA/SBMUP e LA/EP, apresentaram diferença estatisticamente significativa ($p<0,05$) com maior infiltração na margem cervical. Apenas o grupo US/SBMUP não apresentou diferença estatisticamente significativa entre o grau de microinfiltração nas margens oclusal e cervical.

A partir desta observação, foi realizado o tratamento estatístico dos dados obtidos em cada margem sob os efeitos da técnica de preparo cavitário e dos materiais adesivos empregados.

5.1.1 Margem oclusal

A análise de variância não-paramétrica de Kruskal-Wallis foi efetuada para verificar a possibilidade de rejeitar a hipótese de igualdade entre a distribuição dos graus de microinfiltração das restaurações, na margem oclusal localizada em esmalte, após a realização dos preparos cavitários com os quatro equipamentos estudados: alta-rotação, abrasão a ar, ultra-som e laser de Er:YAG e aplicação dos dois sistemas adesivos, ao nível de significância de 5% (Tabela 3).

Tabela 3 – Margem Oclusal. Resultado do teste de Kruskal-Wallis

Fonte de Variação	Kruskal-Wallis		
	Graus de liberdade	Estatística H	p-valor
Grupos	7	43,185	0,001*

*diferença estatisticamente significativa, ao nível de 5%

Verificou-se na Tabela 3 que o valor de p foi menor do que 0,05, portanto pôde-se rejeitar a hipótese de igualdade entre os oito grupos estudados.

Tabela 4 – Margem Oclusal. Resultado do teste da Comparação Múltipla de Tukey

Comparações			Tukey		
			Diferença soma dos postos	Estatística q Calculada	Estatística q 5% tabelada
AB/EP	X	US/SBMUP	1455,0	7,022*	4,286
AB/EP	X	LA/SBMUP	1223,0	5,902*	
AB/EP	X	LA/EP	1126,0	5,434*	
AB/EP	X	US/EP	823,5	3,974	
AB/EP	X	AR/EP	555,5	2,681	
AB/EP	X	AR/SBMUP	420,0	2,027	
AB/EP	X	AB/SBMUP	357,0	1,723	
AB/SBMUP	X	US/SBMUP	1098,0	5,299*	
AB/SBMUP	X	LA/SBMUP	866,0	4,179	
AB/SBMUP	X	LA/EP	769,0	3,711	
AB/SBMUP	X	US/EP	466,5	2,251	
AB/SBMUP	X	AR/EP	198,5	0,958	
AB/SBMUP	X	AR/SBMUP	63,0	0,304	
AR/SBMUP	X	US/SBMUP	1035,0	4,995*	
AR/SBMUP	X	LA/SBMUP	803,0	3,875	
AR/SBMUP	X	LA/EP	706,0	3,407	
AR/SBMUP	X	US/EP	403,5	1,947	
AR/SBMUP	X	AR/EP	135,5	0,654	
AR/EP	X	US/SBMUP	899,5	4,341*	
AR/EP	X	LA/SBMUP	667,5	3,221	
AR/EP	X	LA/EP	570,5	2,753	
AR/EP	X	US/EP	268,0	1,293	
US/EP	X	US/SBMUP	631,5	3,048	
US/EP	X	LA/SBMUP	399,5	1,928	
US/EP	X	LA/EP	302,5	1,460	
LA/EP	X	US/SBMUP	329,0	1,588	
LA/EP	X	LA/SBMUP	97,0	0,468	
LA/SBMUP	X	US/SBMUP	232,0	1,120	

*diferença estatisticamente significativa, ao nível de 5%.

A estatística q é obtida mediante a fórmula: $q = (\text{diferença} / n) / [(k(N+1) / 12)]^{0,5}$; exemplo: $(1455 / 20) / [(8(8+1) / 12)]^{0,5} = 7,022$

Por meio do teste de Tukey foi verificado quais pares de combinações de tratamentos diferiram entre si (Tabela 4).

O grupo US/SBMUP apresentou o menor grau de microinfiltração na margem oclusal e com diferença estatisticamente

significante dos grupos AR/SBMUP, AR/EP, AB/SBMUP e AB/EP. O grupo AB/EP apresentou o maior grau de microinfiltração na margem oclusal e com diferença estatisticamente significativa dos grupos LA/SBMUP, LA/EP e US/SBMUP.

A comparação dos grupos que empregaram o mesmo equipamento para realização dos preparos cavitários, mas que receberam sistemas adesivos distintos, não apresentou diferença estatisticamente significativa; ou seja, o grau de microinfiltração na margem oclusal foi semelhante nos grupos AR/SBMUP e AR/EP; AB/SBMUP e AB/EP; US/SBMUP e US/EP; LA/SBMUP e LA/EP.

Com os dados das Tabelas 3 e 4 foi montado o Quadro 4 e a Figura 18 para uma melhor visualização dos conjuntos de condições experimentais de mesmo desempenho.

Quadro 4 - Margem Oclusal. Conjuntos de mesmo desempenho, em ordem decrescente, pelos testes de Kruskal-Wallis e de Tukey (5%)

GRUPOS	POSTO MÉDIO	CONJUNTO*
US/SBMUP	45,0	A
LA/SBMUP	56,6	A B
LA/EP	61,5	A B
US/EP	76,6	A B C
AR/EP	90,0	B C
AR/SBMUP	96,7	B C
AB/SBMUP	99,9	B C
AB/EP	117,7	C

* Letras iguais indicam que os conjuntos não apresentam diferença estatisticamente significativa

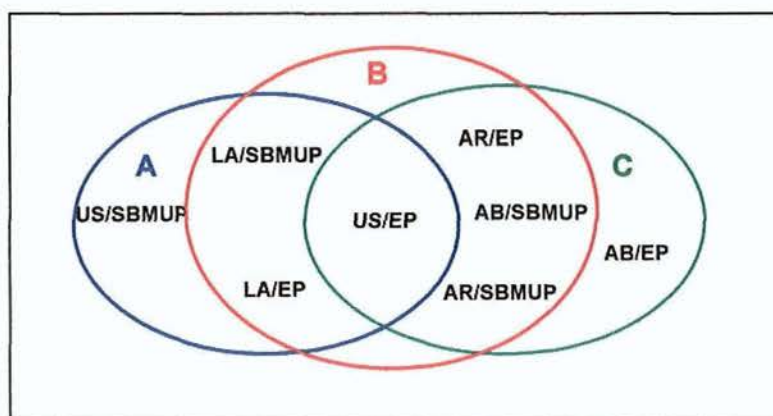


FIGURA 18 - Esquema da distribuição dos conjuntos de mesmo desempenho, na margem oclusal

No quadro 4 pôde ser observado que o conjunto A foi mais efetivo no controle da microinfiltração em comparação ao conjunto C. No conjunto A pôde-se observar o agrupamento dos preparos cavitários realizados com ultra-som e laser de Er:YAG, o conjunto B agrupou os preparos realizados com laser de Er:YAG e alta-rotação e o conjunto C, aqueles preparos realizados com alta-rotação e abrasão a ar (Figura 18).

Os preparos cavitários realizados com laser de Er:YAG e com aplicação do sistema adesivo SBMUP ou do EP tiveram resultados semelhantes, representados no Quadro 4 pelas letras A e B. O grupo US/EP apresentou resultados intermediários aos demais, pertencendo simultaneamente aos três grandes conjuntos formados A, B e C. Os grupos AR/EP, AR/SBMUP e AB/SBMUP apresentaram resultados análogos, visto que foram enquadrados simultaneamente nos conjuntos B e C.

5.1. 2 Margem cervical

A análise de variância não-paramétrica de Kruskal-Wallis foi efetuada para verificar a possibilidade de rejeitar a hipótese de igualdade entre a distribuição dos graus de microinfiltração das restaurações, na margem cervical localizada em cimento, entre os oito grupos em estudo (Tabela 5).

Tabela 5 – Margem Cervical. Resultado do teste de Kruskal-Wallis

Fonte de Variação	Kruskal-Wallis		
	Graus de liberdade	Estatística H	p-valor
Grupos	7	58,872	0,001*

*diferença estatisticamente significativa, ao nível de 5%

Verificou-se na Tabela 5 que o valor de p foi menor do que 0,05, portanto houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos quanto ao grau de microinfiltração na margem cervical das restaurações.

Em seguida aplicou-se o teste da comparação múltipla de Tukey para localizar quais grupos diferiram entre si, com significância estatística, quanto ao grau de microinfiltração na margem cervical.

Tabela 6 – Margem Cervical. Resultado do teste da Comparação Múltipla de Tukey

Comparações			Tukey		
			Diferença soma dos postos	Estatística q calculada	Estatística q % tabelada
AB/EP	X	US/SBMUP	1693,0	8,171*	4,286
AB/EP	X	LA/SBMUP	933,0	4,503*	
AB/EP	X	US/EP	873,0	4,213	
AB/EP	X	LA/EP	706,0	3,407	
AB/EP	X	AR/EP	574,5	2,773	
AB/EP	X	AR/SBMUP	353,0	1,704	
AB/EP	X	AB/SBMUP	3,5	0,0169	
AB/SBMUP	X	US/SBMUP	1689,5	8,154*	
AB/SBMUP	X	LA/SBMUP	929,5	4,486*	
AB/SBMUP	X	US/EP	869,5	4,196	
AB/SBMUP	X	LA/EP	702,5	3,390	
AB/SBMUP	X	AR/EP	571,0	2,756	
AB/SBMUP	X	AR/SBMUP	349,5	1,687	
AR/SBMUP	X	US/SBMUP	1340,0	6,467*	
AR/SBMUP	X	LA/SBMUP	580,0	2,799	
AR/SBMUP	X	US/EP	520,0	2,510	
AR/SBMUP	X	LA/EP	353,0	1,704	
AR/SBMUP	X	AR/EP	221,5	1,069	
AR/EP	X	US/SBMUP	1118,5	5,398*	
AR/EP	X	LA/SBMUP	358,5	1,730	
AR/EP	X	US/EP	298,5	1,441	
AR/EP	X	LA/EP	131,5	0,635	
LA/EP	X	US/SBMUP	987,0	4,763*	
LA/EP	X	LA/SBMUP	227,0	1,096	
LA/EP	X	US/EP	167,0	0,806	
US/EP	X	US/SBMUP	820,0	3,957	
US/EP	X	LA/SBMUP	60,0	0,290	
LA/SBMUP	X	US/SBMUP	760,0	3,668	

*diferença estatisticamente significativa, ao nível de 5%. A estatística q é obtida mediante a fórmula: $q = (\text{diferença} / n) / [(k(N+1) / 12)^{0,5}] = (1693 / 20) / [(8(8 \times 20 + 1) / 12)^{0,5}] = 8,171$

Pôde-se verificar na Tabela 6 que o grupo US/SBMUP apresentou diferença estatisticamente significativa dos grupos LA/EP, AR/EP, AR/SBMUP, AB/SBMUP e AB/EP; e o grupo LA/SBMUP apresentou diferença estatisticamente significativa dos grupos AB/SBMUP e AB/EP.

A comparação dos grupos que empregaram o mesmo equipamento para realização dos preparos cavitários, mas restaurados com sistemas adesivos distintos, não apresentou diferença estatisticamente significativa; ou seja, o grau de microinfiltração na margem cervical foi semelhante nos grupos AR/SBMUP e AR/EP; AB/SBMUP e AB/EP; US/SBMUP e US/EP; LA/SBMUP e LA/EP.

Com os dados das Tabelas 5 e 6 foi montado o quadro 5 e Figura 19, para uma melhor visualização do conjunto de condições experimentais de mesmo desempenho.

Quadro 5. Margem Cervical. Conjuntos de mesmo desempenho, em ordem decrescente, pelos testes de Kruskal-Wallis e de Tukey (5%)

GRUPOS	POSTO MÉDIO	CONJUNTO*
US/SBMUP	27,9	A
LA/SBMUP	66,0	A B
US/EP	69,0	A B C
LA/EP	77,3	B C
AR/EP	83,9	B C
AR/SBMUP	95,0	B C
AB/SBMUP	112,4	C
AB/EP	112,6	C

* Letras iguais indicam que os conjuntos não apresentam diferença estatisticamente significativa

No quadro 5 pôde ser observado que o conjunto A foi mais efetivo no controle da microinfiltração em comparação ao conjunto C; mais especificamente, o menor grau de microinfiltração para o grupo US/SBMUP, e o maior grau de microinfiltração para os grupos que tiveram

os preparos cavitários realizados com abrasão a ar (AB/SBMUP e AB/EP).

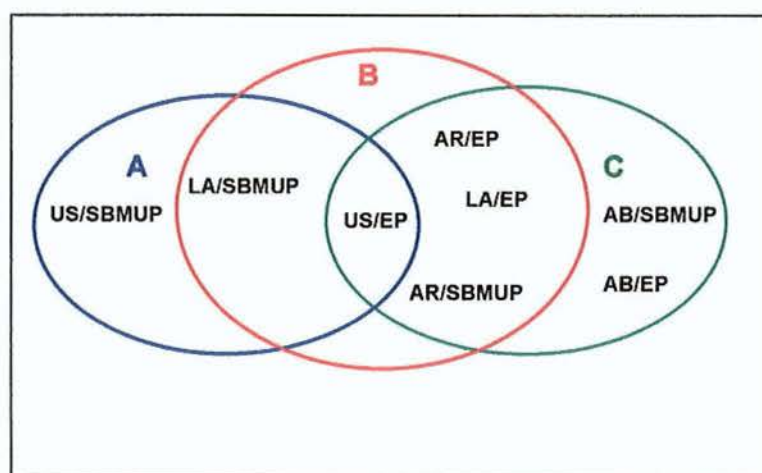


FIGURA 19 - Esquema da distribuição dos conjuntos de mesmo desempenho, na margem cervical

O conjunto A agrupou os preparos cavitários realizados com ultra-som e aplicação de ambos sistemas adesivos, e com laser de Er:YAG e aplicação do sistema adesivo SBMUP. O conjunto B demonstrou a semelhança dos resultados obtidos no grau de microinfiltração, quando realizados os preparos cavitários com alta-rotação e laser de Er:YAG, independentemente do sistema adesivo empregado. O conjunto C reuniu os grupos cujos preparos cavitários foram realizados com alta-rotação e abrasão a ar e aqueles que receberam a aplicação do sistema adesivo Etch&Prime 3.0 (Figura 19).

Para uma compreensão global dos resultados foi preparada a Figura 20.

A Figura 20, montada com os dados das Tabelas 4 e 6, mostra um gráfico de comparações múltiplas para evidência dos grupos que apresentaram diferenças estatisticamente significantes.

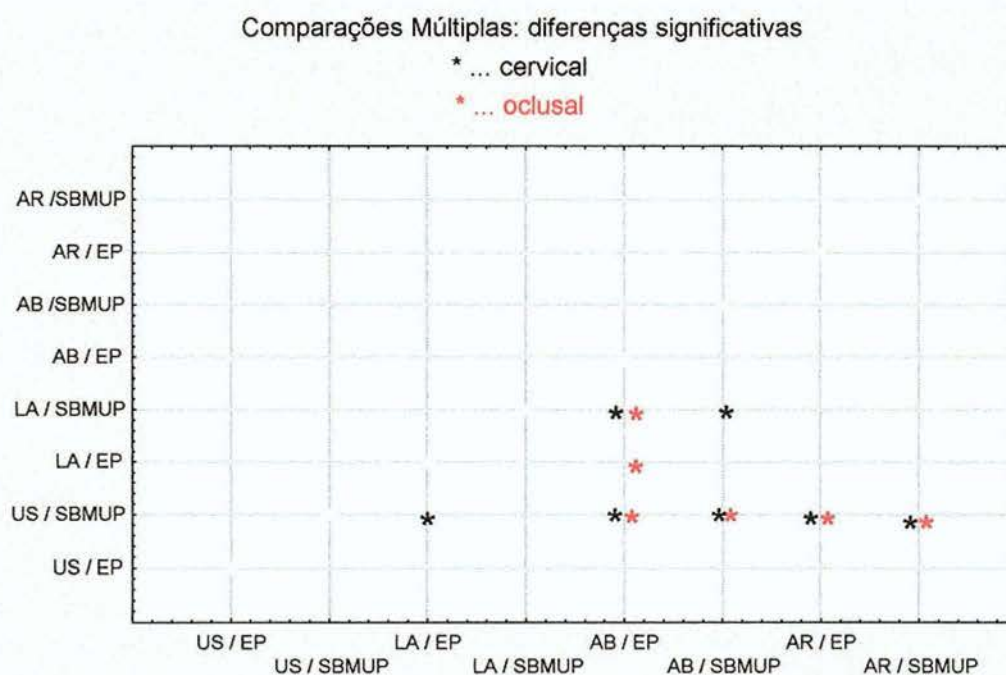


FIGURA 20 - Comparações múltiplas que apresentaram diferença estatisticamente significativa por meio do teste de Tukey (5%).

A análise da Figura 20 comprovou-nos que o grupo US/SBMUP apresentou diferenças estatisticamente significantes, tanto na margem oclusal quanto na margem cervical, dos grupos AR/SBMUP, AR/EP, AB/SBMUP e AB/EP. O grupo LA/SBMUP também apresentou diferença estatisticamente significativa do grupo AB/EP em ambas as margens.

5.2 Observação em microscopia eletrônica de varredura

Foram selecionados corpos de prova preparados de acordo com a metodologia da pesquisa, com cada um dos equipamentos estudados: alta-rotação, abrasão a ar, ultra-som e laser de Er:YAG e observados em MEV (Figura 21).

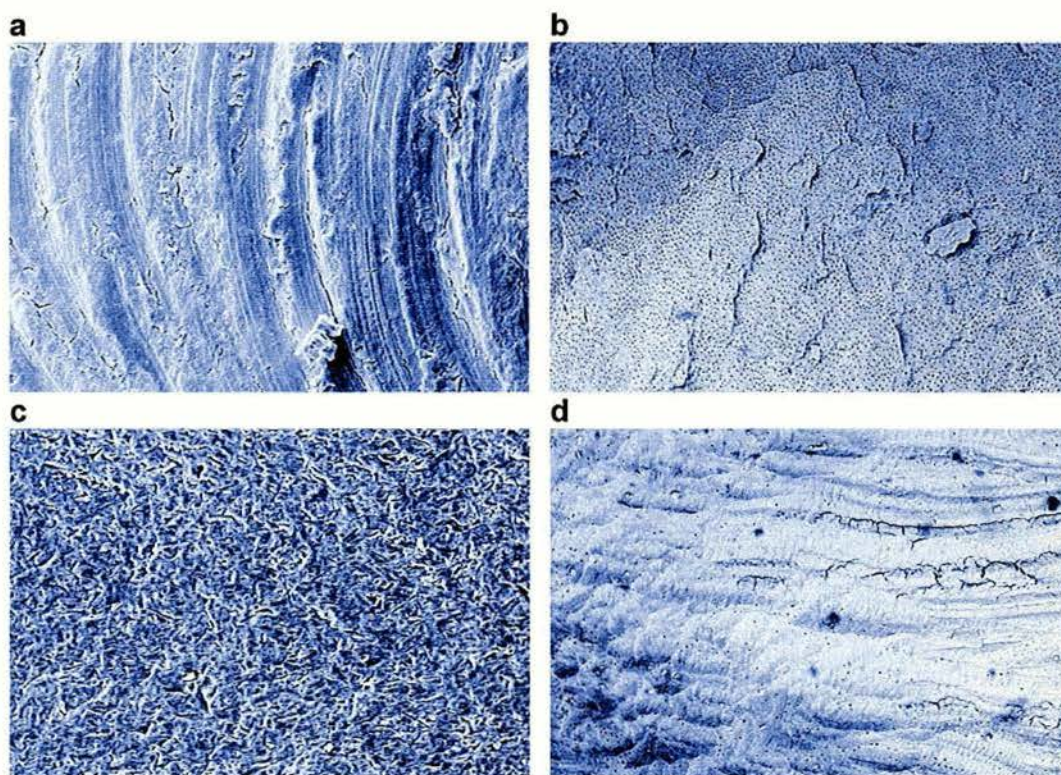


FIGURA 21 – Fotomicrografias das superfícies dentinárias dos preparos cavitários realizados com: a) alta-rotação; b) laser de Er:YAG; c) abrasão a ar ; e d) ultra-som. (aumento de 500 X)

Na Figura 21-a foi possível observar que o preparo cavitário realizado com ponta diamantada acoplada à turbina de alta rotação,

produziu uma superfície dentinária sulcada, estriada, e recoberta por uma *smear layer*, obliterando os túbulos dentinários.

A Figura 21-b corresponde a imagem de um preparo cavitário realizado com o laser de Er:YAG. A superfície dentinária, embora irregular, apresentou pouca quantidade de *smear layer* e grande quantidade de túbulos dentinários abertos.

No preparo cavitário realizado pelo jato de óxido de alumínio (Figura 21-c), a superfície dentinária não aparentou grandes desníveis, mas uma leve aspereza, recoberta por uma *smear layer* regular, diferente daquela observada em preparos realizados com alta-rotação e com túbulos dentinários aparentemente obliterados.

Na Figura 21-d foi possível observar que o preparo cavitário realizado com ponta diamantada CVD acoplada ao sistema ultra-sônico, produziu uma superfície dentinária irregular, estriada e recoberta por pouca quantidade de *smear layer*, deixando os túbulos dentinários evidentes.

6 DISCUSSÃO

6.1 Da Metodologia

A capacidade de um material restaurador selar as margens de um preparo cavitário, de tal forma que não haja penetração de fluídos bucais e microrganismos, tem sido uma das maiores metas da Odontologia.

Essa passagem de bactérias, fluídos, moléculas ou íons entre a parede cavitária e o material restaurador aplicado sobre ela ficou conhecida como microinfiltração marginal (Kidd⁹³,1976).

A microinfiltração marginal tem sido uma constante preocupação entre os pesquisadores, pois está diretamente relacionada à recidiva de cárie, descoloração dentária, sensibilidade pós-operatória, alterações pulpares e perda das restaurações (Fraser⁵³, 1929; Brannstrom & Nyborg¹⁹, 1971; Kidd⁹³,1976; Asmussen⁹, 1985; Brannstrom¹⁸, 1987; Cox³¹, 1992).

As resinas compostas são materiais de escolha para restaurações estéticas diretas, entretanto, falhas intrínsecas desses materiais, como a contração de polimerização e expansão térmica, além das características do agente de união empregado, podem influenciar no

selamento marginal das cavidades (Davidson et al.³⁸, 1984; Asmussen⁹, 1995; Carvalho et al.²⁵, 1996).

Muitos métodos para a avaliação *in vitro* do selamento marginal de restaurações em resina composta têm sido empregados, entre eles a impregnação de corantes, traçadores químicos ou soluções radioisótopas, penetração de bactérias, mensurações das fendas entre material restaurador e dente e injeção de ar comprimido (Kidd⁹³, 1976; Taylor & Lynch¹⁶⁶, 1992; Alani & Toh², 1997).

Ainda que nenhum método de avaliação da microinfiltração marginal seja ideal, a análise da penetração de corantes na interface dente-restauração parece ser o meio mais simples, de fácil execução e mais comumente encontrado na literatura, embora a metodologia empregada possa variar bastante (Taylor & Lynch¹⁶⁶, 1992; Alani & Toh², 1997).

Entretanto, previamente a imersão em corante, as restaurações podem ser submetidas a um ambiente instável, com o propósito de simular as alterações sofridas por uma restauração no interior da cavidade bucal, como por exemplo a termociclagem (Barnes et al.¹⁰, 1993). Embora a variabilidade da temperatura, período de tempo em cada temperatura e número de ciclos sejam bastante discutidos na literatura, o emprego da termociclagem em estudos de avaliação do selamento marginal parece mais efetivo em demonstrar a microinfiltração quando comparado ao método sem variação térmica (Crim et al.³⁷, 1985;

Crim & Garcia-Godoy³⁶, 1987; Sidhu¹⁶⁰, 1993; Raskin et al.¹⁴⁴, 1998; Gale & Darvell⁵⁹, 1999).

Assim, no presente estudo, selecionamos o método de inserção em corante para evidênciação da microinfiltração marginal de restaurações em resina composta, com prévio estresse térmico de 500 ciclos com temperaturas variando entre 5 e 55°C (Fortin et al.⁵¹, 1994; May Junior et al.¹¹¹, 1996; Santini & Mitchell¹⁵⁷, 1998; Gordan et al.⁶⁶, 1998).

Até agora, nenhuma resina composta foi capaz de selar perfeitamente a estrutura dental após um preparo cavitário. Vários fatores podem contribuir para o fracasso das restaurações de resina composta, entre eles a configuração do preparo cavitário, a característica do substrato dentário sobre o qual o agente adesivo irá atuar e o sistema adesivo selecionado (Asmussen⁹, 1985).

Com o intuito de minimizar as variáveis atribuídas ao substrato dentário, foram selecionados incisivos bovinos, coletados num mesmo momento, de animais adultos com idade em torno de dois anos e armazenados em *freezer* por um período inferior a 28 dias (Tonami et al.¹⁶⁹, 1996). O uso de dentes bovinos tem sido cada vez mais empregado e citado na literatura como um substituto do dente humano nos testes laboratoriais pois, além de permitirem uma menor variabilidade do tecido dentário, pode-se também controlar o tempo de estocagem (Nakamichi et

al.¹²³, 1983; Fowler et al.⁵², 1992; Fitchie et al.⁵⁰, 1995; Reeves et al.¹⁴⁷, 1995).

Quanto a configuração do preparo cavitário, sabe-se que, para materiais adesivos, a extensão do preparo deve ser a mais conservadora possível, basicamente determinada pelo tamanho, forma e localização da lesão cariosa. Sempre que possível, o ângulo cavo-superficial do preparo cavitário deve estar localizado em esmalte, pois segundo Hall et al.⁷⁰ (1993) e Owens et al.¹²⁸ (1998), o biselamento das margens em esmalte e o seu condicionamento ácido são responsáveis pela diminuição da microinfiltração nessa margem. Entretanto, nem sempre isso acontece em situações clínicas, principalmente em lesões de classe V, onde a margem cervical do preparo localiza-se na junção amelo-cementária ou além desta, envolvendo assim, o tecido dentinário. As margens localizadas em dentina, são menos efetivas no controle da microinfiltração marginal, mesmo que biseladas e/ou condicionadas por ácidos (Retief et al.¹⁴⁹, 1982; Welh & Hembre Junior, 1985; Prati et al.¹³⁹, 1991; Swift Junior & Le Valley¹⁶², 1992; Owens et al.¹²⁸, 1998). A dentina apresenta uma estrutura morfofisiológica complexa, dinâmica, com composição e permeabilidade variáveis, dependendo da profundidade e extensão do preparo, e em comunicação direta com o órgão pulpar, fazendo com que a adesão nessa área seja bastante crítica (Pashley¹³¹, 1990; Marshall Junior¹⁰⁶, 1993; Swift Junior et al.¹⁶³, 1995; Marshall Junior et al.¹⁰⁷, 1997).

Assim, nesta pesquisa, foram realizados preparos de classe V em dentes bovinos com margem oclusal localizada em esmalte e a margem cervical na junção amelo-cementária, onde o esmalte apresenta-se fino, aprismático ou mesmo ausente, e a ação do instrumento cortante pode removê-lo facilmente, para que pudéssemos avaliar o comportamento dos materiais adesivos sobre dois tecidos dentários distintos: esmalte e dentina.

Paralelamente à procura por materiais adesivos que possam promover um perfeito selamento marginal, a Odontologia têm buscado equipamentos alternativos ao instrumento rotatório convencional, equipamentos que não só sejam capazes de cortar estrutura dentária, mas também proporcionar preparos cavitários mais conservadores e com maior conforto ao paciente durante o ato operatório. Essas novas alternativas incluem os equipamentos de abrasão a ar, de irradiação a laser e, ainda em fase experimental, o ultra-som.

Se por um lado, esses novos equipamentos têm demonstrado eficiência na remoção de tecido dentário e um certo conforto ao paciente, por outro lado, o comportamento dos materiais adesivos sobre as superfícies dentárias resultantes do uso desses equipamentos ainda não foi bem estabelecido, já que essas superfícies diferem daquelas resultantes dos instrumentos rotatórios para as quais esses materiais são comumente empregados.

Segundo Mooney¹¹⁷ (1981) e Laurell & Hess⁹⁹ (1995), a característica da cavidade resultante da atuação do instrumento rotatório sobre a estrutura dentária é a presença de ângulos e paredes nítidas com estrias e sulcos, coberta por uma camada de esfregaço, a *smear layer*. Essa camada de esfregaço que se forma durante a realização do preparo cavitário, reduz a permeabilidade da dentina e diminui a força de união de agentes adesivos. As formulações dos adesivos dentinários evoluíram, sobretudo no modo de atuação sobre a *smear layer*, com o intuito de minimizar os inconvenientes causados pela sua presença e promover uma maior interação com a dentina, possibilitando um melhor desempenho clínico das restaurações adesivas, sem causar injúrias ao tecido pulpar (Pashey, 1984; Pashey et al., 1993).

Alguns estudos já foram realizados para descrever as mudanças morfológicas ocorridas nos tecidos dentários após a ação da abrasão a ar e laser de Er:YAG.

Laurell & Hess⁹⁹ (1995) relataram que, com a utilização do jato abrasivo, pode-se obter cavidades mais conservadoras, com paredes irregulares, ângulos internos e cavo-superficial arredondados, superfície com aparência rugosa, um halo abrasionado do tecido dentário ao redor do preparo cavitário e os túbulos dentinários aparentemente obliterados.

A morfologia das superfícies em esmalte e dentina dos preparos cavitários, após a aplicação do laser de Er:YAG, independentemente do parâmetro utilizado, apresenta-se em forma de

crateras com diâmetro e profundidades variáveis, com uma aparência irregular e áspera do esmalte e o tecido dentinário não apresenta um aspecto de fusão ou carbonização, estando os túbulos dentinários evidentes (Keller & Hibst⁸⁷, 1989; Kayano et al.⁸⁶, 1991; Gross et al.⁶⁸, 1992; Li et al.¹⁰², 1992; Widgor et al., 1992; Eduardo et al.⁴², 1996; Rechmann et al.¹⁴⁵, 1998; Tanji¹⁶⁴, 1998).

Já a ação do ultra-som sobre o tecido dentário tem sido citado em endodontia como capaz de realizar preparos mais conservadores dos ápices radiculares com presença de estrias e sulcos, paredes e ângulos nítidos e com uma menor quantidade de detritos sobre eles, por ativação energizante das soluções irrigadoras (Engel & Steiman⁴⁴, 1995; Leonardo & Leal¹⁰¹, 1998).

Para que pudéssemos ter uma idéia da morfologia do tecido dentário nos preparos cavitários após o emprego do jato abrasivo, laser de Er:YAG e ultra-som, foram realizadas fotomicrografias em MEV (Figura 19), que confirmaram as características supra-citadas pelos autores e ainda permitiu-nos observar que o preparo cavitário realizado com ultra-som e ponta diamantada CVD apresentou paredes escalonadas, ângulos nítidos e poucos detritos sobre a superfície (Figura 19-d).

Vale ainda salientar que a configuração do ângulo cavo-superficial realizado em esmalte diferiu entre os grupos baseando-se na literatura consultada. Nos preparos cavitários realizados com alta-rotação foi realizado bisel no cavo-superficial em esmalte, de acordo com a

metodologia empregada por Retief et al.¹⁴⁹ (1982), Welch & Hembre Junior (1985); Prati et al.¹³⁹ (1991), Swift Junior & Le Valley¹⁶² (1992), Sidhu¹⁶⁰ (1993) e Owens et al.¹²⁸ (1998). Nos grupos que os preparos foram confeccionados com a abrasão a ar, o ângulo cavo-superficial não recebeu nenhum tratamento especial porque, primeiro, procuramos seguir as especificações do fabricante do sistema de abrasão a ar que não indica nenhum parâmetro para preparo do cavo-superficial com intuito de prevenir a microinfiltração marginal; segundo que a dispersão do pó durante o preparo parece causar um halo de abrasionamento dos tecidos adjacentes ao preparo, observado pela perda de brilho do esmalte, citado por Laurell & Hess⁹⁹ (1995). Em um estudo sobre a geometria do ângulo cavo-superficial de cavidades preparadas com abrasão a ar e alta rotação, Boston et al.¹⁶ (1997) observaram que o cavo-superficial resultante do preparo com jato abrasivo era maior que 90°. Portanto, parece evidente que o preparo cavitário com o jato abrasivo, por si só, realiza um tratamento do ângulo cavo-superficial.

Para o grupo dos preparos com laser de Er:YAG, adotamos o emprego do condicionamento a laser de todo cavo-superficial em esmalte, baseado nos estudos de Niu et al.¹²⁵, 1998 e Ramos¹⁴³, 1998, que demonstraram que o condicionamento do ângulo cavo-superficial em esmalte com laser, associado ao emprego do agente condicionador pertencente ao sistema adesivo utilizado, foi mais eficiente na prevenção da microinfiltração marginal.

Os preparos realizados com ponta diamantada CVD acoplada ao sistema de ultra-som não receberam nenhum tratamento do ângulo cavo-superficial, pois além de não termos parâmetros na literatura para a indicação desse tratamento, achamos oportuno avaliar um preparo cavitário simples, sem introdução de variáveis.

As margens em dentina de todos os preparos cavitários, independentemente da técnica usada, não receberam nenhum tratamento específico.

Quanto a seleção do sistema adesivo, muito se tem evoluído na busca de materiais e técnicas capazes de promover uma verdadeira união entre material restaurador e estrutura dentária. A capacidade de prevenir a microinfiltração marginal é a característica mais importante que deve ser observada na seleção de um sistema adesivo (Wieczkowski et al.¹⁷⁶, 1992).

Os estudos sobre a efetividade do selamento marginal proporcionado pelos sistemas adesivos multi-passos, baseados nos conceitos do condicionamento ácido total e adesão úmida em comparação com os sistemas adesivos auto-condicionantes, ou seja, sem condicionamento do esmalte e da dentina com ácido fosfórico, tem despontado na literatura com resultados bastante contraditórios (Gordan et al.⁶⁶, 1998; Hara et al.⁷⁵, 1998; Hannig et al.⁷³, 1999; Fritz & Finger⁵⁵, 1999; Arias et al.⁷, 2000; Cardoso et al.²⁴, 2000; Fabianelli et al.⁴⁶, 2000).

Deste modo, o uso de novas tecnologias, como aparelhos de abrasão a ar, irradiação a laser e ultra-som, além dos novos materiais adesivos, despertou-nos o interesse de avaliar a qualidade de restaurações de resina composta realizadas sobre preparos cavitários confeccionados com esses equipamentos, que produzem uma cavidade com características diferentes daquela produzida pelo instrumento rotatório, e se isso poderia interferir no modo de ação dos sistemas adesivos.

6.2 Dos resultados

O objetivo desse experimento foi avaliar a influência do tipo de equipamento utilizado para cortar a estrutura dentária na realização de preparos cavitários de classe V (técnica) e da aplicação de dois sistemas adesivos (material), na microinfiltração marginal de restaurações em resina composta.

Com base nos resultados obtidos, pudemos observar que, de maneira geral, o selamento das restaurações na margem oclusal das cavidades foi superior ao da margem cervical (Figuras 15 e 16), com diferença estatisticamente significativa entre os grupos (Figura 17). O esmalte por ser um tecido mais estável do que a dentina, parece proporcionar um potencial de adesão superior, independentemente da técnica de preparo cavitário e material adesivo empregado,

coerentemente com os achados na literatura (Welh & Hembre Junior, 1985; Prati et al.¹³⁹, 1991; Swift Junior & Le Valley¹⁶⁴, 1992; Chan & Swift Junior²⁷, 1994; Reeves et al.¹⁴⁷, 1995; Hara et al.⁷⁵, 1998; Niu et al.¹²⁵, 1998; Ramos¹⁴³, 1998).

Entretanto, na Tabela 2, pôde-se observar que o grupo US/SBMUP foi o único que não apresentou essa discrepância de infiltração em relação as margens ($p=1$). Neste grupo não foi realizado nenhum tratamento específico no ângulo cavo-superficial em esmalte, conforme a metodologia adotada. Talvez as características do preparo cavitário, com paredes irregulares, escalonadas e pouca presença de *smear layer* (Figuras 10-c e 21-d), associado ao condicionamento ácido total do sistema adesivo SBMUP, possam ter contribuído para uma retenção micro-mecânica mais eficiente, tanto em esmalte quanto em dentina.

A partir da constatação, de forma global, da superioridade do selamento na margem oclusal em relação a cervical, foi executado o teste de Kruskal-Wallis e Tukey, para uma comparação múltipla dos oito grupos em estudo, em cada margem (Tabelas 3, 4, 5 e 6). Com finalidade didática, discutiremos os resultados obtidos nas margens oclusal e cervical (Quadros 4 e 5 e Figuras 18, 19 e 20), mas não nos esquecendo de que as margens oclusal e cervical fazem parte de um mesmo dente, e da inviabilidade de se indicar um tratamento diferente para cada margem de uma mesma cavidade.

Houve diferença estatisticamente significativa entre os graus de microinfiltração marginal nos grupos estudados: AR/SBMUP, AR/EP, AB/SBMUP, AB/EP, US/SBMUP, US/EP, LA/SBMUP e LA/EP (Tabelas 3 e 5). Entretanto a comparação múltipla par a par, destacou que na margem oclusal apenas as combinações US/SBMUP X AB/EP; US/SBMUP X AB/SBMUP; US/SBMUP X AR/EP; US/SBMUP X AR/SBMUP; LA/SBMUP X AB/EP; LA/EP X AB/EP, apresentaram diferença estatisticamente significativa e, na margem cervical: US/SBMUP X AB/EP; LA/SBMUP X AB/EP; US/SBMUP X AB/SBMUP; AB/SBMUP X LA/SBMUP; US/SBMUP X AR/SBMUP; US/SBMUP X LA/EP; US/SBMUP X AR/EP, apresentaram diferença estatisticamente significativa (Tabelas 4 e 6).

Observando os Quadros 3, 4 e 5 verificamos um melhor selamento marginal do grupo US/SBMUP, com 35% (7/20) das restaurações desse grupo livres de microinfiltração marginal; uma certa tendência de agrupamento dos resultados obtidos, quanto ao grau de microinfiltração marginal, nos grupos que empregaram o laser de Er:YAG e a alta-rotação, independentemente do sistema adesivo empregado e, o pior selamento obtido com o grupo AB/EP, com 65% (13/20) das restaurações apresentando grau máximo de microinfiltração marginal.

Nas tabelas 4 e 6 pôde-se constatar que os grupos que empregaram o mesmo equipamento para realização do preparo cavitário, mas que receberam sistemas adesivos distintos (AR/SBMUP X AR/EP;

AB/SBMUP X AB/EP; US/SBMUP X US/EP; LA/SBMUP X LA/EP), não apresentaram diferença estatisticamente significativa.

Essa semelhança de resultados obtidos com sistemas adesivos multi-passo e auto-condicionante, estão de acordo com os achados de Gordan et al.⁶⁶ (1998) e Hannig et al.⁷³ (1999), que também obtiveram resultados semelhantes quanto ao selamento marginal, de restaurações realizadas com sistemas adesivos auto-condicionantes ou multi-passos. Concluíram que os sistemas adesivos auto-condicionantes podem ser uma alternativa ao uso de adesivos multi-passos que empregam o condicionamento da superfície com ácido fosfórico, simplificando as etapas restauradoras. Entretanto Cardoso et al.²³ (1999); Arias et al.⁷ (2000); Cardoso et al.²⁴ (2000); e Fabianelli et al.⁴⁶, (2000) avaliaram a eficácia de sistemas adesivos hidrofílicos em prevenir a microinfiltração marginal e relataram que o sistema autocondicionante Etch&Prime 3.0 foi menos efetivo na prevenção da microinfiltração marginal, quando comparado aos sistemas que preconizam o condicionamento da superfície dentária com ácido fosfórico. Já Hara et al.⁷⁵(1998), avaliando a performance de sistemas adesivos multi-passos, de *primer* e adesivo em frasco único e sistema auto-condicionante, relataram que em dentina o Single Bond e o Etch&Prime 3.0 foram mais eficazes na prevenção da microinfiltração.

De acordo com esse experimento, apesar das diferenças entre os componentes de cada adesivo e o modo de atuação sobre a *smear*

layer, os resultados sugerem que o fator que influenciou diretamente o grau de microinfiltração marginal foi a característica do preparo cavitário resultante da ação de cada equipamento.

O melhor selamento marginal foi observado nas cavidades realizadas com o sistema de ultra-som associado ao sistema adesivo Scotchbond Multi-uso Plus (US/SBMUP). Entretanto, essa superioridade do selamento marginal foi estatisticamente significativa apenas quando comparado aos grupos AR/SBMUP, AR/EP, AB/SBMUP e AB/EP, em ambas as margens e ao grupo LA/EP na margem cervical (Quadros 4 e 5). O interessante é que, embora não haja diferença estatisticamente significativa entre os grupos US/SBMUP e US/EP, este último apresentou graus de microinfiltração marginal intermediários aos outros grupos, pertencendo, ao mesmo tempo, aos conjuntos A, B e C. Como já citado anteriormente, talvez as características do preparo cavitário realizado com ultra-som e ponta diamantada CVD (paredes escalonadas, ângulos nítidos com pouco detritos sobre a superfície) proporcionaram uma condição mais adequada ao selamento da superfície dentária, especialmente para o sistema adesivo SBMUP, o mesmo não acontecendo para o EP.

Quanto aos grupos, cujos preparos cavitários foram realizados com laser de Er:YAG, houve uma certa tendência de menores graus de microinfiltração marginal quando comparados aos grupos que empregaram a abrasão a ar, com diferença estatisticamente significativa

entre LA/SBMUP e AB/EP (ambas as margens); LA/EP e AB/EP (apenas na margem oclusal); e LA/SBMUP e AB/SBMUP (apenas na margem cervical). Esses resultados podem estar mais relacionados as características das cavidades (Figuras 10 e 21), pois, embora ambos equipamentos produzam preparos irregulares, o emprego do laser proporcionou uma superfície mais receptiva à retenção micromecânica dos sistemas adesivos, com os túbulos dentinários mais expostos.

A semelhança dos graus de microinfiltração marginal em preparos cavitários realizados com laser de Er:YAG e alta-rotação, verificados neste estudo, também tem sido observada por vários autores, mesmo com a utilização de protocolos diferentes (Wright et al.¹⁷⁹, 1992; Keller & Hibst⁸⁹, 1993; Hansen⁷⁴, em 1998; Araújo⁶, 2000; Blanknau et al., 1999; Kusaka et al.⁹⁷, 1998; Miserendino¹¹⁵, 1998; Niu et al.¹²⁵, 1998; Pelagalli et al.¹³⁴, 1997; Ramos¹⁴³, 1998; Yokoyama et al.¹⁸¹, 1996). Estes resultados estão diretamente relacionados aos conceitos de tratamento do ângulo cavo-superficial e do condicionamento de toda superfície irradiada, de acordo com as orientações prescritas pelo fabricante dos sistemas adesivos, pois somente o condicionamento a laser do ângulo cavo-superficial, sem o condicionamento ácido subsequente proporciona um pior selamento marginal, como já observado em alguns trabalhos (Wright et al.¹⁷⁹, 1992; Keller & Hibst⁸⁹, 1993; Hansen⁷⁴, em 1998; Blanknau et al., 1999; Kusaka et al.⁹⁷, 1998; Miserendino¹¹⁵, 1998; Niu et

al.¹²⁵, 1998; Pelagalli et al.¹³⁴, 1997; Ramos¹⁴³, 1998; Yokoyama et al.¹⁸¹, 1996).

Em nossa pesquisa, os maiores valores de microinfiltração marginal foram observados no grupo AB/EP, embora não tenha apresentado diferença estatisticamente significativa dos grupos AB/SBMUP, AR/SBMUP, AR/EP e US/EP em ambas as margens e ainda do grupo LA/EP na margem cervical, representados nos Quadros 4 e 5 pela letra C.

Das quarenta cavidades produzidas pela abrasão a ar com partículas de óxido de alumínio de 27,5µm e energia de partícula de 80psi em esmalte e 50psi em dentina, 23 (57,5%) apresentaram grau máximo de microinfiltração marginal (Quadro 3).

Para a avaliação da interface superfície jateada e material restaurador, os testes de resistência adesiva têm sido os mais empregados, com resultados bastante adversos (Los & Barkmeier¹⁰⁴, 1994; Berry III & Ward¹², 1995; Roeder et al.¹⁵¹, 1995; Nikaido et al.¹²⁴, 1996; Rinaudo et al.¹⁵⁰, 1997).

O alto grau de microinfiltração marginal observado nesse estudo pode estar relacionado com o tamanho de partículas de óxido de alumínio e a pressão empregados, uma vez que menor pressão e menores partículas determinam superfícies com menor rugosidade, desfavorecendo a retenção mecânica (Laurell & Hess⁹⁹, 1995; Fu & Hannig⁵⁶, 1999).

Embora Prati et al.¹⁴⁰ (1992) Fortin et al.⁵¹ (1994) afirmem não haver uma perfeita correspondência entre força adesiva e microinfiltração marginal, em trabalho realizado por nós*, empregando o mesmo protocolo da presente pesquisa em superfícies dentinárias submetidas a testes de resistência adesiva, verificamos baixos valores quando comparadas a superfícies não jateadas, semelhante aos estudos de Nikaido et al.¹²⁴ (1996). Talvez essa diferença de rugosidade produzida por diferentes tamanhos de partículas e/ou intensidade de pressão usados, seja responsável pela diversidade de resultados dos estudos citados na literatura. A observação ao MEV da área jateada revela, de modo geral, uma superfície irregular e rugosa, com os túbulos dentinários aparentemente selados, caracterizando uma *smear layer* de aparência morfológica diferente daquela *smear layer* criada por instrumento rotatório ou lixa d'água (Figura 21-c). Talvez, um outro fator a ser considerado, é que essa *smear layer* esteja tão aderida a superfície dentária (pois foi formada e impelida sob pressão), que o uso do condicionamento com ácido fosfórico por 15 segundos ou do sistema auto-condicionante, não tenha sido suficiente ou eficiente na remoção ou dissolução dessa camada, para que a adesão pudesse se consolidar.

Corona et al.³⁵, 2000, avaliaram a microinfiltração marginal de cavidades de classe V preparadas com turbina de alta rotação, jato de óxido de alumínio e laser de Er:YAG e observaram um melhor selamento

* em fase de redação

marginal nos grupos, por ordem decrescente de microinfiltração, da alta rotação, abrasão a ar e laser de Er:YAG, na margem de esmalte e não houve diferença estatisticamente significativa no grau de microinfiltração em dentina. Esses achados estão, parcialmente, de acordo com esse trabalho, pois também obtivemos uma igualdade estatística nos resultados obtidos, quanto ao grau de microinfiltração na margem cervical, com a utilização do jato abrasivo e da alta rotação. Entretanto a inferioridade dos resultados obtidos por Corona et al.³⁵ (2000) com o emprego do laser de Er:YAG, podem ser explicados pela não utilização do condicionamento ácido da superfície dentária nesse grupo em relação aos outros grupos.

De maneira geral, parece que as características do substrato dentário, mais especificamente da *smear layer*, influenciaram diretamente no potencial de adesão dos sistemas adesivos.

Embora o que tenha mais nos chamado a atenção seja a quantidade de *smear layer* presente na superfície dos diferentes tipos de preparos cavitários, talvez o modo como esta camada esteja depositada sobre a superfície (solta ou aderida) seja de maior relevância, possibilitando ao agente condicionador (quer ácido fosfórico, quer auto-condicionante) desempenhar seu papel eficazmente. Isso pode explicar o bom selamento nos preparos realizados com ultra-som, pois como a remoção do tecido é realizada por vibração e energização do líquido irrigador, promovendo uma limpeza químico-mecânica como descrito por

Leonardo & Leal¹⁰¹ (1998), a *smear layer* que estiver presente sobre o preparo encontra-se muito mais solta do que aquela produzida pelo jato abrasivo, que foi impulsionada ou prensada sobre a superfície, e consequentemente, dificultando a atuação dos sistemas adesivos.

Entretanto nos resta a dúvida sobre qual seria o comportamento dos adesivos após um longo período de armazenamento, uma vez que, nessa pesquisa, a avaliação foi realizada após apenas 7 dias.

Mais pesquisas fazem-se necessárias com a utilização de novas tecnologias, abrangendo outros materiais e tratamentos dentinários, na busca de um equilíbrio entre restaurações biologicamente compatíveis, com perfeito selamento e máxima longevidade com conforto durante os procedimentos operatórios para os nossos pacientes além da avaliação da relação do custo-benefício em se substituir os consagrados instrumentos rotatórios.

7 CONCLUSÕES

As condições experimentais empregadas neste estudo e a análise estatística aplicada aos resultados obtidos, permitiram concluir que:

- a) a margem cervical das restaurações apresentou maior grau de microinfiltração, independentemente dos tipos de equipamentos utilizados para confecção dos preparos cavitários e sistemas adesivos aplicados;
- b) não houve diferença estatisticamente significativa, entre os graus de microinfiltração marginal nos preparos cavitários realizados com laser de Er:YAG e alta-rotação, e alta-rotação e abrasão a ar; o melhor selamento marginal foi obtido com preparos cavitários realizados com ultra-som e aplicação do sistema adesivo Scotchbond Multi-uso Plus;
- c) o US/SBMUP apresentou os menores valores de microinfiltração marginal;
- d) o AB/EP apresentou os maiores valores de microinfiltração marginal;
- e) nenhum dos modos de preparo cavitário associados aos sistemas adesivos, empregados nesse estudo, foram

capazes de eliminar a microinfiltração, tanto na margem em dentina quanto na em esmalte.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

- 1 ABDALLA, A.I.; DAVIDSON, C.L. Shear bond strength and microleakage of new dentin bonding systems. **Am J Dent**, v.6, n.6, p. 295-8, Dec. 1993.
- 2 ALANI, A. H.; TOH, C. G. Detection of microleakage around dental restorations: a review. **Oper Dent**, v.22, n.4, p.173-85, 1997.
- 3 ALTSHULER, G.B.; BELIKOV, A.V.; EROFEEV, A.V. Comparative study of contact and noncontact operation mode of hard tooth tissues Er: laser processing. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR LASERS IN DENTISTRY, 5, 1996, Jerusalém. **Proceedings...**, Bologna: Monduzzi, 1996. p.21-6.
- 4 AOKI, A.; WATANABE, H.; ISHIKAWA, I. Er:YAG clinical experience in Japan: review of scientific investigations. In: PEATHERSTONE, J. D. B., RECHAMANN, P., FRIED, D.S. (Ed.) **Lasers in dentistry**. 4. Washington: SPIE, 1998. (Proceedings of SPIE, v. 3248).
- 5 ARAÚJO, M.A.M.; BOTTINO, M.A. Como melhor explorar os adesivos dentinários nos procedimentos restauradores. In: GONÇALVES, E.A.N., FELLER C. **Atualização na clínica odontológica**. São Paulo: Artes Médicas, 1998. cap.2, p.61-81.
- 6 ARAÚJO, R., M. **Avaliação da microinfiltração e nanoinfiltração em restaurações de resina composta. Influência do laser no preparo cavitário e no pré-tratamento dentinário**. 2000. 220f. Tese (Livre-Docência em Dentística) – Faculdade de Odontologia – Campus de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista. São José dos Campos.

* Baseado em:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. **Referências bibliográficas NBR 6023**. Rio de Janeiro, 2000. 22p.

- 7 ARIAS, V.G.; CAMPOS, I.T.; PIMENTA, L.A.F. Qualitative evaluation of microleakage in class II composite resin restorations with different adhesive systems. **J Dent Res**, v.79, sp.iss., 2000. (Abstract 145).
- 8 ARIAS, V.G. et al. Influência do tempo de secagem de um adesivo autocondicionante na microinfiltração. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PESQUISA ODONTOLÓGICA, 17, ÁGUAS DE SÃO PEDRO, 2000. **Anais...** São Paulo: SBPqO, 2000. v.14, p.56. (Resumo I354).
- 9 ASMUSSEN, E. Clinical relevance of physical, chemical, and bonding properties of composite resins. **Oper Dent**, v.10, p.61-73, 1985.
- 10 BARNES, D.M. et al. Microleakage of class 5 composite resin restorations: a comparison between in vivo and in vitro. **Oper Dent**, v.18, p.237-45, 1993.
- 11 BELING, K.L. et al. Evaluation for cracks associated with ultrasonic root-end preparation of gutta-percha filled canals. **J Endod**, v.23, n.5, p.323-6, May 1997.
- 12 BERRY III, E. A; WARD, M. Bond strength of resin composite to air-abraded enamel. **Quintessence Int**, v.26, n.8, p.559-62, 1995.
- 13 BLACK, R. B. Technic for nonmechanical preparation of cavities and prophylaxis. **J Am Dent Assoc**, v.32, p.955-65, Aug. 1945.
- 14 BLANKENAU, R. J. et al. Effects of Er:YAG laser on enamel and dentin microleakage. **J Dent Res**, v.78, sp.iss., p.393, 1999. (Abstract 2299).
- 15 BONNER, P. Air abrasion: the new "drill-less" dentistry. **Dent Today**, v.8, n.9, p.58-65, Sept. 1997.
- 16 BOSTON, D.W.; ALPERSTEIN, K.S.; BOBERICH, K. Cavosurface margin geometry in conventional and air abrasion class V cavity preparations. **Am J Dent**, v.10, p.97-101, Apr. 1997.
- 17 BRACKETT, W.W.; GILPATRICK, R.O; GUNNIN, T.D. Effect of

- finishing method on the microleakage of class V resin composite restorations. **Am J Dent**, v.10, n.4, p.189-91, Aug. 1997.
- 18 BRANNSTROM, M. Infection beneath composite resin restorations: can it be avoided? **Oper Dent**, v.12, p.158-63, 1987.
 - 19 BRANNSTROM, M.; NYBORG, H. The presence of bacteria in cavities filled with silicate cement and composite resin materials. **Swed. Dent J**, v.64, n.3, p.149-55, 1971.
 - 20 BUONOCORE M.G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. **J Dent Res**, v.34, n.6, p.849-53, Dec. 1955.
 - 21 BURKES, E. J. et al. Wet versus dry enamel by Er: YAG laser. **J Prosthet Dent**, v.67, n.6, p.847-51, June 1992.
 - 22 CAGIDIACO, M. C. et al. Mapping of tubule and intertubule surface areas available for bonding in class V and class II preparations. **J Dent**, v.25, n.5, p.379-89, 1997.
 - 23 CARDOSO, P. E. C. et al. Microleakage of class V resin-based composite restorations using five simplified adhesives. **Am J Dent**, v.12, n.6, p.291-4, Dec. 1999.
 - 24 CARDOSO, P. E. C. et al. Microinfiltração de sistemas adesivos simplificados submetidos à ciclagens térmica e mecânica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PESQUISA ODONTOLÓGICA , 17, Águas de São Pedro, 2000. **Anais ... São Paulo: SBPqO**, 2000. v.14, p.23. (Resumo I093).
 - 25 CARVALHO, R. M. et al. A review of polymerization contraction: the influence of stress development versus stress relief. **Oper Dent**, v.21, p.17-24, 1996.
 - 26 CASTELNUOVO, J.; TJAN, A. H. L.; LIU, P. Microleakage of multi step and simplified step bonding systems. **Am J Dent**, v. 9, n.6, p. 245-8, Dec. 1996.
 - 27 CHAN, K. C.; SWIFT JUNIOR, E. J. Marginal seal of new-generation dental bonding agents. **J Prosthet Dent**, v.72, n.4, p.420-3, Oct.

- 1994.
- 28 CHRISTENSEN, G. J. Cavity preparation: cutting or abrasion? **J Am Dent Assoc**, v.127, p.1651-4, Nov. 1996.
 - 29 CHRISTENSEN, G. J. Air abrasion tooth cutting: state of the art 1998. **J Am Dent Assoc**, v.129, p.484-5, Apr. 1998.
 - 30 COOPER, L. F. et al. Shear strength of composite bonded to laser-pretreated dentin. **J Prosthet Dent**, v.60, n.1, p.45-9, 1995.
 - 31 COX, C. F. Effects of adhesives resins and various dental cements on the pulp. **Oper Dent**, suppl. 5, p.165-76, 1992.
 - 32 COZEAN, C.D.; POWELL, L. Er:YAG clinical results on hard tissue: phase I. In: PEATHERSTONE, J.D.B., RECHMANN, P., FRIED, D.S. (Ed.). **Lasers in dentistry**. Washington: SPIE, 1998. (Proceedings of SPIE, v.3248, p. 14-21).
 - 33 COZEAN, C.D.; POWELL, L. Er:YAG clinical results on hard tissue: phase II. In: PEATHERSTONE, J.D.B.; RECHMANN, P.; FRIED, D.S. (Ed.). **Lasers in dentistry**. Washington: SPIE, 1998. (Proceedings of SPIE, v.3248, p.33-38).
 - 34 COZEAN, C. et al. Dentistry for the 21st century? Erbium:YAG laser for teeth. **J Am Dent Assoc**, v.128, p. 1080-7, Aug. 1997.
 - 35 CORONA, S.A.M. et al. Microfiltração em cavidades com Er:YAG e óxido de alumínio. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PESQUISA ODONTOLÓGICA, 17, Águas de São Pedro, 2000. **Anais...** São Paulo: SBPqO 2000, v.14. (Resumo B081)
 - 36 CRIM, G.A.; GARCIA-GODOY, F. Microleakage: the effect of storage and cycling duration. **J Prosthet Dent**, v.57, n.5, p.574-6, May 1987.
 - 37 CRIM, G. A.; SWARTZ, M. L.; PHILLIPS, R.W. Comparison of four thermocycling techniques. **J Prosthet Dent**, v.53, n.1, p.50-3, Jan. 1985.
 - 38 DAVIDSON, C. L.; GEE, A. G.; FEILTZER, A. The competition

- between the composite dentin bond strength and the polymerization contraction stress. **J Dent Res**, v.63, n.12, p.1396-9, Dec. 1984.
- 39 DEGUSSA. Degussa Divisão Dental. Etch & prime 3.0: auto condicionante, o adesivo self-etching para o ormocer Definite, resinas compostas e compômeros. **Documentação científica**; sp., Mar. 1998.
 - 40 DOSTÁLOVÁ, T. et al. Dentin and pulp response to Erbium:YAG laser ablation: a preliminary evaluation of human teeth. **J Clin Laser Med Surg**, v.15, n.3, 117-21, 1997.
 - 41 DOSTÁLOVÁ, T. et al. Noncontact Er:YAG laser ablation: clinical evaluation. **J Clin Laser Med Surg**, v.16, n.5, p.273-82, 1998.
 - 42 EDUARDO, C. P. et al. Micromorphological evaluation of enamel surface and the shear bond strength of a composite resin after Er:YAG irradiation, a in vitro study. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR LASERS IN DENTISTRY, 5, 1996, Jerusalém. **Proceedings...**, Bologna: Monduzzi, 1996.
 - 43 EDUARDO, P. L. P., RAMOS, A. C. B., EDUARDO, C. P. The use of the Er:YAG laser in cavity preparation: clinical cases. INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 6, 1998, Mauí. **Proceedings...** Mauí: ISDL, 1998. P. 202-5.
 - 44 ENGEL, T.K., STEIMAN, H.R. Preliminary investigation of ultrasonic root end preparation. **J Endod**, p.443-5, v.21, n.9, Sept. 1995.
 - 45 EVANS, D. J. P. et al. A clinical evaluation of an Erbium: YAG laser for cavity preparation. **J Dent Res**, v. 77, sp.iss., p. 955, 1998. (Abstract 2591).
 - 46 FABIANELLI, A. et al. Influence of self-etching-priming bonding systems on sealing ability of class II restorations: leakage and SEM evaluation. **J Dent Res**, v.79, sp. iss., 2000. (Abstract 305).
 - 47 FEATHERSTONE, J. What is the future of lasers in dentistry? **Quintessence Int**, v.27, n.4, 1996.
 - 48 FERDIANAKIS, K. Microleakage reduction from newer esthetic

- restorative materials in permanent molars. **J Clin Pediatr Dent**, v.22, n.3, p.221-9, 1998.
- 49 FERRARI, M.; DAVIDSON, C.L. Sealing capacity of a resin-modified glass-ionomer and resin composite placed in vivo in class 5 restorations. **Oper Dent**, v.21, p.69-72, 1996.
 - 50 FITCHIE, J. G. et al. Microleakage of a new dental adhesive comparing microfilled and hybrid resin composites. **Quintessence Int**, v.26, n.7, p.505-10, 1995.
 - 51 FORTIN, D. et al. Bond strenght and microleakage of current dentin adhesives. **Dent Mater**, v. 10, n.4, p. 253-8, July 1994.
 - 52 FOWLER, C.S. et al. Influence of selected variables on adhesion testing. **Dent Mater**, v.8, n.4, p.265-9, July, 1992.
 - 53 FRASER, C. J. A study of the efficacy of dental fillings. **J Dent Res**, v.9, p.507-17, 1929.
 - 54 FREEDMAN, G.; GOLDSTEP, F. Fifth generation bonding systems: state of the art in adhesive dentistry. **J Can Dent Assoc**, v.63, n.6, June 1997.
 - 55 FRITZ, U.B.; FINGER, W.J. Bonding efficiency of single-bottle enamel/dentin adhesives. **Am J Dent**, p. 277-82, v.12, 1999.
 - 56 FU, B., HANNING; M. Effects of air abrasion and acid etching on the microleakage of preventive class I resin restorations: an in vitro study. **J Esthet Dent**, vol.11, n.3, p.143-8, 1999.
 - 57 FUSAYAMA, T. Non-pressure adhesion of a new adhesive restorative resin. **J Dent Res**, v.58, n.4, p.1364-70, Apr. 1979.
 - 58 GABRIELLI, F. et al. Efeito do ataque ácido do esmalte e das paredes internas da cavidade na infiltração marginal de restaurações com resinas compostas. **Rev Odontol UNESP**, v.819, p.49-58, 1979/80.
 - 59 GALE, M.S.; DARVELL, B.W. Thermal cycling procedures for laboratory testing of dental restorations. **J Dent**, v.27, n.2, p.89-99, Feb. 1999.

- 60 GEORGIADES, K.; PARARA, E. Different types of lasers in dentistry: a comparative study. In: INTERNATIONAL LASER CONGRESS, 1996, Athens. **Proceedings...** Bolognha: Monduzzi, 1996, p.371-5.
- 61 GLOCKNER, K. et al. Intrapulpal temperature during preparation with the Er:YAG laser compared to the convencional burr: an in vitro study. **J Clin Laser Med Surg**, v.16, n.3, p.153-7, 1998.
- 62 GOING, R.E. Microleakage around dental restorations a summarizing review. **J Am Dent Assoc**, v.84, p.1349-57, 1972.
- 63 GOMES, O., M.; M., PORTO NETO, S., T.; LOFREDO, L., C. Análise *in vitro* da microinfiltração marginal em cavidades de Classe V restauradas com três sistemas adesivos. **Rev Assoc Bras Odontol Nac**, v. 7, n. 3, p. 147-51, jun./jul.,1999.
- 64 GONÇALVES, S. E. P. **Pré-tratamento dentinário- efeito do condicionamento ácido, irradiação laser e hipermineralização na resistência ao cisalhamento de sistema adesivo Multi-Uso.** 1997. 209f. Tese (Doutorado em Odontologia) Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista. São José dos Campos.
- 65 GONZALES, C. D. et al. Potential preventive and therapeutic hard-tissue applications of CO₂, Nd:YAG and argon lasers in dentistry: a review. **J Dent Child**, v.63, n.3, p.196-207, 1996.
- 66 GORDAN, V. V. et al. Evaluation of acidic primers in microleakage of class 5 composite resin restorations. **Oper Dent**, v. 23, n.5, p. 244-9, 1998.
- 67 GORMAN, M.C.; STEIMAN, H.R.; GARTNER, A.H. Scanning electron microscopic evaluation of root-end preparations. **J Endod**, v.21, n.3, p.113-7, Mar. 1995.
- 68 GROSS, D. et al. Surface morphology of dental hard tissues after Er: YAG laser treatment. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 1992, Salt Lake City. **Proceedings...**, Salt

- Lake City: International Society of Lasers in Dentistry, 1992. P.133-4.
- 69 GROTH, E. et al. The pre-treatment of enamel surface in vitro with Er:YAG laser for bonding composite resin. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR LASERS IN DENTISTRY, 5, 1996, Jerusalem. **Proceedings...** Bologna: Monduzzi, 1996. P. 53-7.
 - 70 HALL, L. H. S.; COCHRAN, M. A.; SWARTZ, M. L. Class 5 composite resin restorations: margin configurations and the distance from the CEJ. **Oper Dent**, v.18, n.6, p.246-50, 1993.
 - 71 HAN, L.; OKAMOTO, A.; IWAKU, M. The effects of various clinical factors on marginal enamel micro-cracks produced around composite restoration. **Dent Mater J**, v.11, n.1, p.26-37, 1992.
 - 72 HANNIG, M.; FEMERLING, T. Influence of air-abrasion treatment on the interfacial bond between composite and dentin. **Oper Dent**, v.23, p.258-65, 1998.
 - 73 HANNIG, M.; REINHARDT, K-T.; BOTT, B. Self-etching primer vs phosphoric acid: na alternative concept for composite-to-enamel bonding. **Oper Dent**, v.24, p.172-80, 1999.
 - 74 HANSEN, R. Er:YAG clinical results on hard tissue: phase I. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASER IN DENTISTRY, 1998, Maui, **Proceedings...** Maui: ISDL, 1998. p. 63. (Abstract 125).
 - 75 HARA, A. T et al. Avaliação 'in vitro' da microinfiltração marginal de sistemas adesivos hidrófilos. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA ODONTOLÓGICA, 15, Águas de São Pedro. 1998 **Anais...** São Paulo: SBPqO, 1998. p.23. (Resumo A054)
 - 76 HASEGAWA, T. et al. Shear bond strength and quantitative microleakage of a multipurpose dental adhesive system resin bonded to dentin. **J Prosthet Dent**, v.73, n.5, p.432-8, May 1995.
 - 77 HIBST, R.; KELLER, U. Experimental studies of the application of

- the Er:YAG laser on dental hard substances: I. Measurement of the ablation rate. **Lasers Surg Med**, v.9, n.4, p.338-44, 1989.
- 78 HIBST, R.; KELLER, U. Heat effect of pulsed Er:YAG laser radiation. **SPIE**, vol. 1200, p. 379-86, 1990.
 - 79 HIBST, R.; KELLER, U. Dental Er:YAG laser application: effect of water spray on ablation. In: **INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY**, 1992, Salt Lake City. **Proceedings...**, Salt Lake City: International Society of Lasers in Dentistry, 1992, p.229-230.
 - 80 HIBST, R.; KELLER, U. Dental Er:YAG laser application: evaluation of thermal side effects. In: **INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY**, 1992, Salt Lake City. **Proceedings...**, Salt Lake City: International Society of Lasers in Dentistry, 1992, p.231-2.
 - 81 HIBST, R.; KELLER, U. Bond strength and microleakage of composite restorations after Er:YAG laser preparation and conditioning. In: **INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY**, 4, Singapore, 1994. **Abstracts...** Singapore: ISLD., 1994.
 - 82 HORIGUCHI, S. et al. Selective caries removal with air abrasion. **Oper Dent**, v.23, p. 236-43, 1998.
 - 83 HOSSAIN, M. et al. Ablation depths and morphological changes in human enamel and dentin after Er:YAG laser irradiation with or without water mist. **J Clin Laser Med Surg**, v.17, n.3, p.105-9, 1999.
 - 84 KATAUMI, M. et al. SEM observation of Er:YAG laser irradiated dentin-resin interface. In: **CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR LASER IN DENTISTRY**, 5, 1996, Athens, **Proceedings...** Bologna: Monduzzi, 1996. p. 63-6.
 - 85 KATO, G.; NAKABAYASHI, N. The durability of adhesion to phosphoric acid etched wet dentin substrates. **Dent Mater**, v.14,

- p.347-52, Sept. 1998.
- 86 KAYANO, T. et al. Effect of Er:YAG laser irradiation on human extracted teeth. **J Clin Laser Med Surg**, v.4, p.147-50, Apr. 1991.
 - 87 KELLER, U.; HIBST, R. Experimental studies of application of the Er:YAG laser on dental hard substances: II. Light microscopic and SEM investigations. **Lasers Surg Med**, v.9, n.4, p.345-51, 1989.
 - 88 KELLER, U.; HIBST, R. Erbium: YAG laser in Therapy: Indications and first clinical results. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 1992, Salt Lake City. **Proceedings...**, Salt Lake City: ISLD, 1992, p.151-2.
 - 89 KELLER, U.; HIBST, R. Effects of Er:YAG laser on enamel bonding of composite materials. In: GAL, D., et. Al. (Eds.) **Lasers in Orthopedic, Dental and Veterinary Medicine II**. Los Angeles: SPIE 1880, 1993, p.163-8.
 - 90 KELLER, U.; HIBST, R. Marginal tightness of dental filling materials following tooth preparation with Er:YAG laser. In: ANNUAL MEETING OF AMERICAN SOCIETY LASER FOR MEDICINE AND SURGERY, New Orleans. **Abstracts...**, 1993. P.17. (Abstract 72).
 - 91 KELLER, U.; HIBST, R. Er:YAG laser effects on oral hard and soft tissues. In: MISERENDINO, L. J., PICK, R. M. **Lasers in Dentistry**. Quintessence Books, 1995. Cap. 11, p. 161-72.
 - 92 KELLER, U. et al. Erbium:YAG laser application in caries therapy: evaluation of patient perception and acceptance. **J Dent**, v.26, n.8, p.649-56, Nov. 1998.
 - 93 KIDD, E. A. M. Microleakage: a review. **J Dent**, v.4, n.5, p.199-206, Sept. 1976.
 - 94 KINNEY, J. H. et al. The Threshold effects of Nd and Ho:YAG laser-induced surface modification on demineralization of dentin surfaces. **J Dent Res**, v.75,n.6, p.1388-95, 1996.
 - 95 KREATIV Sistema de abrasão a ar: Mach 4.1. São Paulo: New Image do Brasil, 1999. (Manual do usuário).

- 96 KUMAZAKI, M. Removal of hard dental tissue (cavity preparations) with the Er:YAG laser. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 6, 1994, Singapore. **Proceedings...** Bologna: Monduzzi, 1994. p.12-16.
- 97 KUSAKA, T. et al. Microleakage of cavities prepared by Er:YAG laser. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASER IN DENTISTRY, 1998, Maui, **Proceedings...** Maui: ISDL, 1998. p. 32. (Abstract 64).
- 98 LATTA, M.A.; BLANKENAU, R.J.; ELLIS, R. W. "Híbrido zone" microstructure of Er:YAG treated dentin. **J Dent Res**, v.78, sp. iss. p.110, 1999. (Abstract 36).
- 99 LAURELL, K.A.; HESS, J.A. Scanning electron micrographic effects of air-abrasion cavity preparation on human enamel and dentin. **Quintessence Int**, v.26, n.2, p.139-44, 1995.
- 100 LAURELL, K.A. et al. Histopathologic effects of kinetic cavity preparation for the removal of enamel and dentin. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v.80, n.2, p.214-25, Aug. 1995.
- 101 LEONARDO, M.R.; LEAL, J.M. **Endodontia: tratamento de canais radiculares**. 3 ed. São Paulo: Panamericana, 1998. 902p.
- 102 LI, Z.; CODE, J. E.; VAN DE MERWE, W. Er:YAG laser ablation of enamel and dentin of human teeth: determination of ablation rates at various fluences and pulse repetition rates. **Laser Surg Med**, v.12, p.625-30, 1992.
- 103 LINDEN, J.J.; SWIFT JUNIOR, E.J. Microleakage of two new dentin adhesives. **Am J Dent**, v.7, n.1, p.31-4, Feb. 1994.
- 104 LOS, S. A.; BARKMEIER, W. W. Effects of dentin air abrasion with aluminum oxide and hydroxyapatite on adhesive bond strength. **Oper Dent**, v.19, n.5, p.169-75, 1994.
- 105 MANDRAS, R. S.; RETIEF, D. H.; RUSSEL, C. M. Quantitative microleakage of six dentin bonding systems. **Am J Dent**, v. 6, n.3,

- p.119-22, June 1993.
- 106 MARSHALL JUNIOR, G. W. Dentin: microstructure and characterization. **Quintessence Int**, v.24, n.9, p.606-17, 1993.
 - 107 MARSHALL JUNIOR, G. W., et al. The dentin substrate: struture and properties related to bonding. **J Dent**, v.25, n.6, p.441-58, 1997.
 - 108 MASON, P. N.; FERRARI, M. In vivo evaluation of glass ionomer cement adhesion in dentin. **Quintessence Int**, v.25, p.499-504, 1994.
 - 109 MATSUMOTO, K.; NAKAMURA, Y.; WAKABAYASHI, H. A morphological study on the cavity preparation by Er:YAG laser. **J Japan Soc Conserv Dent**, v.34, n.3, p.729-33, 1991.
 - 110 MATSUMOTO, K. et al. Clinical dental application of Er:YAG laser for class V cavity preparation. **J Clin Laser Med Surg**, v.14, n.3, p.123, 1996.
 - 111 MAY JUNIOR, K. N. et al. Effect of a surface sealant on microleakage of class V restorations. **Am J Dent**, v.9, p.133-6, 1996.
 - 112 MERCER, C. Laser in dentistry: a review. Part 1, **Dental Update**, v.23, n.2, p.74-80, Mar. 1996.
 - 113 MERCER, C. Laser in dentistry: a review. Part 2: diagnosis, treatment and reserch. **Dent Update**, v.23, n.3, p.120-5, Apr. 1996.
 - 114 MIN, M. M. et al. In vitro evaluation of effects of ultrasonic root-end preparation on resected root surfaces. **J Endod**, v.23, n.10, p.624-8, Oct. 1997.
 - 115 MISERENDINO, J. L. SEM and dye penetration comparison of Er:YAG laser versus traditional treatment. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASER IN DENTISTRY, 1998, Maui, **Proceedings...** Maui: ISDL, 1998. p. 34. (Abstract 068).
 - 116 MISERENDINO, J. L., COZEAN, C. D. Histologic results following in vivo cavity preparation with na Er:YAG laser. In: PEATHERSTONE, J. D. B.; RECHMANN, P.; FRIED, D. S. (Ed.). **Lasers in dentistry**. Washington: SPIE, 1998. P. 46-50. (Proceedings of SPIE, v. 3248).

- 117 MOONEY, J.B. **Operatória dental – atlas- técnica y clinica**. Buenos Aires: Médica Panamericana Buenos Aires, 1981. p. 57-120.
- 118 MORIOKA, T.; TAGOMORI, S.; OHO, T. Acid resistance of lased human enamel with Erbium:YAG laser. **J Clin Laser Med Surg**, p.215-7, June 1991.
- 119 MUNRO, G. A.; HILTON T. J.; HERMESCH, C. B. In vitro microleakage of etched and rebonded class 5 composite resin restorations. **Oper Dent**, v.21, n.5, p.203-8, 1996.
- 120 NAKABAYASHI, N.; ASHIZAWA, M.; NAKAMURA, M. Identification of a resin-dentin hybrid layer in vital human dentin created in vivo: durable bonding to vital dentin. **Quintessence Int**, v.23. n.2, p.135-41, Feb. 1992. (Sp. Report).
- 121 NAKABAYASHI, N.; KOJIMA, K.; MASUHARA, E. The promotion of adhesion by the infiltration monomers into tooth substrates. **J Biomed Mater Res**, v.16, p.265-73, 1982.
- 122 NAKABAYASHI, N.; NAKAMURA, M.; YASUDA, N. Hybrid layer as a dentin-bonding mechanism. **J Esthet Dent**, v.3, n.4, p.133-8, July/Aug. 1991.
- 123 NAKAMICHI, I.; IWAKU, M.; FUSAYAMA, T. Bovine teeth as possible substitutes in the adhesion test. **J Dent Res**, v.62, n.10, p.1076-81, Oct. 1983.
- 124 NIKAIDO, T. et al. Bond strengths of resin to enamel and dentin treated with low-pressure air abrasion. **Oper Dent**, v.21, p.218-24, 1996.
- 125 NIU, W. et al. A study on microleakage after resin filling of class V cavities prepared by Er:YAG laser. **J Clin Laser Med Surg**, v.16, n.4, p.227-31, Aug. 1998.
- 126 OUDHOF, H. A. J. et al. The comparison of adhesive dentin bonding with Er:YAG laser and conventional techniques. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR LASERS IN DENTISTRY, 5, 1996, Jerusalem. **Proceedings...** Bologna: Monduzzi, 1996. p.103-

- 5.
- 127 OWENS, B. M. Microleakage of cervical restorations etched with a weak organic acid. **J Can Dent Assoc**, v.63, n.6, p.445-7, June/July 1997.
 - 128 OWENS, B. M., HALTER, T. K., BROWN, D. M. Microleakage of tooth-colored restorations with a beveled gingival margin. **Quintessence Int**, v.29, n.6, p.356-61, June 1998.
 - 129 PAGHDIWALA, A. F.; VAIDYANATHAN, T. K.; PAGHDIWALA, M. F. Evaluation of Erbium:YAG laser radiation of hard dental tissues: analysis of temperature changes, depth of cuts and structural effects. **Scanning Microsc**, v.7, n.3, p.989-97, 1993.
 - 130 PASHLEY, D. H. Smear layer; physiological considerations. **Oper Dent**, suppl.3, p.13-29, 1984.
 - 131 PASHLEY, D. H. Clinical considerations of microleakage. **J Endod**, v.6, n.2, p.70-7, Feb. 1990.
 - 132 PASHLEY, D. H.; HORNER, J. A.; BREWER, P. D. Interactions of conditioners on the dentin surface. **Oper Dent**, suppl. 5, p.137-50, 1992.
 - 133 PASHLEY, D. H. et al. Permeability of dentin to adhesive agents. **Quintessence Int**, v.24, n.9, 1993.
 - 134 PELAGALLI, J. et al. Investigational study of the of Er:YAG laser versus dental drill for caries removal and cavity preparation – Phase I. **J Clin Laser Med Surg**, v.15,n.3, p.109-15, 1997.
 - 135 PELINO, J. E. P. et al. In vitro study of the Nd:YAG laser effect on human dental enamel: optical and scanning electron microscope analysis. **J Clin Laser Med Surg**, v.17, n.4, p.171-7, 1999.
 - 136 PILO, R. S., BEN-AMAR, A. Comparison of microleakage for three one-bottle and three multiple step dentin bonding agents. **J Prosthet Dent**, v.82, n.2, p.209-13, Aug. 1999.
 - 137 PITEL, M. L. The resurgence of air abrasion into restorative dentistry, part 1. **Dent Today**, v.17, n.6, p.62-77, June 1998.

- 138 PORTH, R. N. New concepts in air abrasion. **Dent Today**, v.17, p.66-71, Nov. 1998.
- 139 PRATI, C.; NUCCI, C.; MONTANARI, G. Shear bond strength and microleakage of dentin bonding systems. **J Prosthet Dent**, v.65, n.3, p.401-7, Mar. 1991.
- 140 PRATI, C. et al. Relationship between bond strength and microleakage measured in the same class I restorations. **Dent Mater**, v.8, p.37-41, Jan. 1992.
- 141 PRATI, C. et al. Marginal morphology of class V composite restorations. **Am J Dent**, v.10, n.5, p.231-6, Oct. 1997.
- 142 QVIST, V. Resin restorations: leakage, bacteria, pulp. **Endod Dent Traumatol**, v.9, p.127-52, 1993.
- 143 RAMOS, A. C. B. **Microinfiltração em cavidades de classe V preparadas com alta rotação e com laser de Érbio:YAG: - estudo "in vitro"**. São Paulo, 1998. 136 p. Dissertação (Mestrado em Dentística) – Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo.
- 144 RASKIN, A.; D'HOORE, W.; VREVEN, J. Effect of thermocycling on microleakage of class V restorations with two dentin bonding agents. **J Dent Res**, v.77, p.937, 1998. (Abstract 2445).
- 145 RECHMANN, R.; GOLDIN, D.S.; HENNIG, T. Changes in surface morphology of enamel after Er:YAG laser irradiation. PHEARTHERSTONE, J.D.B.; RECHMANN, P.; FRIED, D.S. (Ed.). **Lasers in dentistry 4**. Washington: SPIE, 1998. P. 62-8. (Proceedings of SPIE, v.3248).
- 146 RECHMANN, P.; GOLDIN, D. S.; HENNIG, T. Er:YAG lasers in dentistry: an overview. In: PEARTHERSTONE, J. D. B.; RECHMANN, P.; FRIED, D. S. (Ed.). **Lasers in dentistry 4**. Washington: SPIE, 1998. P. 2-13. (Proceedings of SPIE, v. 3248).
- 147 REEVES, G.W. et al. Microleakage of new dentin bonding systems using human and bovine teeth. **Oper Dent**, v.20, n.6, p.230-5, 1995.

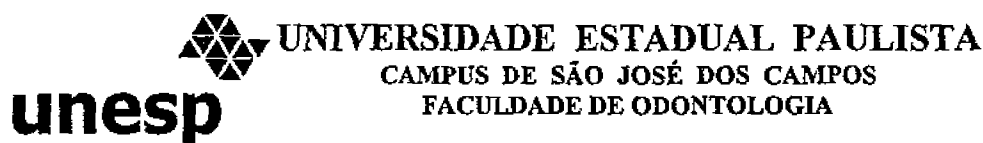
- 148 RETIEF, D. H. Are adhesive techniques sufficient to prevent microleakage? **Oper Dent**, v.12, p.140-5, 1987.
- 149 RETIEF, D.H.; WOODS, E.; JAMISON, H.C. The effect of cavosurface treatment on marginal leakage in class V composite resin restorations. **J Prosthet Dent**, v.47, p.496-501, 1982.
- 150 RINAUDO, P.J.; COCHRAN, M.A.; MOORE, B.K. The effect of air abrasion on shear bond strength to dentin with dental adhesives. **Oper Dent**, v.22, n.6, p.254-6, 1997.
- 151 ROEDER, L. B. et al. Bond strength of composite to air-abraded enamel and dentin. **Oper Dent**, v.20, n.5, p.186-90, 1995.
- 152 ROSENBERG, S. Air abrasion: the new standard of care. **Dent Today**, v.15, n.7, p.78-81, July 1996.
- 153 SAKAKIBARA, Y. et al. Morphological change of tooth surface irradiated by Er:YAG laser. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 4, 1994, Singapore. **Proceedings...** Bologna: Monduzzi, 1994. p. 163-6
- 154 SANO, H. et al. Microporous dentin zone beneath resin-impregnated layer. **Oper Dent**, v.19, n.2, p.59-64, 1994.
- 155 SANO, H. et al. Nanoleakage: leakage within the hybrid layer. **Oper Dent**, v.20, n.1, p.18-25, 1995.
- 156 SANO, H. et al. Long-term durability of dentin bonds made with a self-etching primer, in vivo. **J Dent Res**, v.78, n.4, p.906-11, Apr. 1999.
- 157 SANTINI, A.; MITCHELL, S. Microleakage of composite restorations bonded with three new dentin bonding agents. **J Esthet Dent**, v.10, n.6, p.298-304, 1998.
- 158 SCHWARTZ, J. et al. Reducing microleakage with the glass ionomer/resin sandwich technique. **Oper Dent**, v.15, p.186-192, 1990.
- 159 SEKINE, Y. et al. Erbium: YAG laser application to cavity preparation: light microscopic investigation of the tooth pulp. In:

- INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 4, 1994, Singapore. **Proceedings...** Bologna: Monduzzi, 1994.p.167-72.
- 160 SIDHU, S. K. A comparative analysis of techniques restoring cervical lesions. **Quintessence Int**, v.24, n.8, p.553-9, 1993.
 - 161 STERN, R. H.; SOGNAES, R. F. Laser beam effect on dental hard tissues. **J Dent Res**, v.43, n.5, p.873, 1964. (Abstract 307).
 - 162 SWIFT JUNIOR, E. J.; LE VALLEY, B. D. Microleakage of etched-dentin composite resin restorations. **Quintessence Int**, v.23, n.7, p.505-8, 1992.
 - 163 SWIFT JUNIOR, E.J.; PERDIGÃO, J.; HEYMANN, H.O. Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art, 1995. **Quintessence Int**, v.26, n.2, p.95-110, Feb. 1995.
 - 164 TANJI, E. Y. **Alterações morfológicas do esmalte e dentina de cavidades classe I preparadas com o laser Er:YAG. estudo in vitro.** São Paulo, 1998. 60 p. (Mestrado em Dentística) – Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo.
 - 165 TAY, F. R. et al. Variability in microleakage observed in a total – etch wet – bonding technique under different handling conditions. **J Dent Res**, v.74, n.5, p.1168-78, May 1995.
 - 166 TAYLOR, M.J., LYNCH, E. Microleakage. **J Dent**, p.3-10, v.20, 1992.
 - 167 TEIXEIRA, S. C., ARAÚJO, M. A. M., PADILHA, R. Q. Efeito do pré-tratamento da dentina bovina na resistência de união ao cisalhamento de um cimento de ionômero de vidro resina-modificado. **Ver. Odontol. UNESP (São Paulo)**, v.27, n.2, p.349-62, 1998.
 - 168 TEIXEIRA, S. C., ARAÚJO, M. A. M., SILVA, R. C. S. P. Adesivos dentinários e técnica laminada em lesões cervicais. **Rev Assoc Paul Cir Dent**, v.50, n.1, p.37-42, 1996.
 - 169 TONAMI, K. et al. Effect of storage on tensile strength of bovine

- dentin. **J Dent Res**, v.75, sp. iss., p.288, 1996. (Abstract 2161).
- 170 TRAVA-AIROLDI, V.J. et al. Development of chemical vapor deposition diamond burrs using hot filament. **Rev Sci Instrum**, v.67, n4, p.1-3, Apr. 1996.
 - 171 VALERA, M. C. et al. Pontas de diamante – CVD. **Rev Gaúcha Odontol**, v.44, n2, p.104-8, 1996.
 - 172 VICKERS, V. A. et al. Ablation of hard dental tissues with the Er:YAG laser. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 3, 1992, Salt Lake City. **Proceedings...** Salt Lake City: ISLD, 1992. p.257-8.
 - 173 VISURI, S. R. Shear strength of composite bonded to Er:YAG laser-prepared dentin. **J Dent Res**, v.75, n.1, p.599-605, Jan. 1996.
 - 174 WALTER, L. R. F.; HOKAMA, H. Um novo aparelho de perfuração destinado ao estudo dos materiais odontológicos. **Rev Assoc Paul Cir Dent**, v.30, p.77-8, 1976.
 - 175 WELSH, E. L.; HEMBREE JUNIOR., J. H. Microleakage at the gingival wall with four class V anterior restorative materials. **J Prosthet Dent**, v.54, n.3, p.370-2, Sept. 1985.
 - 176 WIECZKOWSKI JUNIOR , G. et al Microleakage in various dentin bonding agent/composite resin systems. **Oper Dent**, suppl.5, p.62-7, 1992.
 - 177 WIGDOR, H.; ASHRAFI, S.; ABT, E. SEM evaluation of CO₂, Nd:YAG and Er:YAG laser irradiation of dentin in vitro. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 3, 1992, Salt Lake City. **Proceedings...** Salt Lake City: ISLD, 1992.p.131-2.
 - 178 WIGDOR, H. et al. The effect of lasers on dental hard tissues. **J Am Dental Assoc**, v.124, p.65-70, Fev. 1993.
 - 179 WRIGHT, G. Z.; McCONNELL, R. J.; KELLER, U. Microleakage around resin restorations prepared with na Er: YAG laser. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 1992,

- Salt Lake City. **Proceedings...** Salt Lake City: International Society of Lasers in Dentistry, 1992. p.99-100.
- 180 YAP, A. U. J.; ANG. H. Q.; CHONG, K. C. Influence of finishing time on marginal sealing ability of new generation composite bonding systems. **J Oral Rehabil**, v.25, n.11, p.871, Nov. 1998.
 - 181 YOKOYAMA, K. et al. Clinical study of class V cavity preparation with Er:YAG laser. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR LASERS IN DENTISTRY, 5, 1996, Jerusalem. **Proceedings...** Bologna: Monduzzi, 1996.p.139-43.
 - 182 YOSHIYAMA, M. et al. Regional bond strengths of self-etching/self-priming adhesive systems. **J Dent**, v.26, n.7, p.609-16, Sept. 1998.
 - 183 YOUNGSON, C.C. et al. *In vitro* dentinal penetration by tracers used microleakage studies. **Int Endod J**, v.31, n.2, p.90-9, Mar. 1998.
 - 184 YU, X. Y. et al. Adhesion to dentin. **J Calif Dent Assoc**, v.21, n.6, p.23-9, June 1993.

Anexo A – Certificado do Comitê de ética em pesquisa



CERTIFICADO

CERTIFICAMOS, que o protocolo nº 023/2000-PA/CEP, sobre "Avaliação da microinfiltração marginal em restaurações de classe V em resina composta realizadas em dentes bovinos com turbina de alta velocidade, abrasão a ar, ultra-som e laser de Er:YAG", sob a responsabilidade de Symone Cristina Teixeira, está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotado pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal (COBEA) e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa.

São José dos Campos, 08 de dezembro de 2000.

Prof. Dr. Paulo Villela Santos Júnior
Presidente do Comitê de Ética em Pesquisa-Local

Anexo B – Cálculo da densidade de energia

[Energia] = Joule = J

[Potência] = Watt = Joule/segundo = J/s

[Área] = cm²

Área de um círculo de raio r → $A = \pi r^2$

$$\text{Raio} = \frac{\text{diâmetro}}{2} = \frac{\text{"spot size"}}{2} = \frac{0,063}{2} = 0,0315$$

$$\text{Área}_{Er} = \pi r^2 = 3,1416 \times (0,0315)^2 = 0,003 \text{ cm}^2$$

Densidade de energia (por pulso) = $\frac{\text{Energia}}{\text{Área}}$

Supondo que toda a energia saiu da fibra e atingiu o "alvo" ou estando encostada ou no foco, conforme o caso.

$$\text{Densidade energia}_{Er} = \frac{\text{Energia}_{Er}}{\text{Área}_{Er}} = \frac{400 \cdot 10^{-3} \text{ J}}{3 \cdot 10^{-3}} = 133,33 \text{ J/cm}^2 \text{ (em cada pulso)}$$

TEIXEIRA, S.C. **Marginal microleakage evaluation in class V composite resin restorations in bovine teeth. Effects of different equipments for cavity preparations and adhesive systems.** 2000. 223f. Tese (Doutorado em Odontologia Restauradora) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista. São José dos Campos.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate in vitro the marginal microleakage of class V prepared with high-speed (HS), air abrasion (AA), ultrasound (US) and Er:YAG laser(LA), and restored with multi-step or self-etching adhesives systems. One-hundred-sixty incisives bovine teeth were selected for the cavity preparation on the buccal surface with the gingival margin at the enamel-cement junction and occlusal margin in enamel. The materials Scotchbond Multi Purpose/3M (SBMUP) and Etch&Prime 3.0/Degussa (EP) and Z100/3M composite resin were used in this study. The teeth were divided in eight groups with 20 teeth in each froup according to the equipment and to the adhesive system used: HS + SBMUP; HS +EP; AA +SBMUP; AA + EP; US + SBMUP; US + EP; LA + SBMUP; LA + EP. The restored teeth were stored at 37°C for 6 days, thermocycled (500: 5-55°C) and kept in a 2% Rodamine B solution for 24 hours. After this they were seccioned and evaluated through stereomicroscope in order to determine the microleakage degree according to 0-4 score. The data were submitted to the Wilcoxon, Kruskal-Wallis and tukey statistical tests. There was significant statistical difference among the margins with the highest microleakage degrees in the cervical area; the best marginal sealing was with the US + SBMUP group. There was no significant statistical difference among the cavity preparations made with the Er:YAG laser and high-speed and high-speed and air abrasion. The highest microleakage values were found in the AA +EP group.

KEYWORDS: *microleakage, high-speed, Er:YAG laser, air abrasion, ultrasound, adhesive system, composite resin.*

Autorizo a reprodução xerográfica deste trabalho

São José dos Campos, 30 de novembro de 2000

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Symone', with a stylized, flowing script.

SYMONE CRISTINA TEIXEIRA