

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA  
MESTRADO EM DENTÍSTICA

PAULA CRISTINE GHIGGI

**INFLUÊNCIA DO LASER DE Nd:YAG NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE  
MATERIAIS RESINOSOS À DENTINA**

**EFEITO DO LASER DE Nd:YAG E DE Er:YAG NA INTERFACE ADESIVO-  
DENTINA: ESTUDO EM MEV**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Maria Spohr  
Orientadora

PORTO ALEGRE  
2008

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

PAULA CRISTINE GHIGGI

**INFLUÊNCIA DO LASER DE Nd:YAG NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE  
MATERIAIS RESINOSOS À DENTINA**

**EFEITO DO LASER DE Nd:YAG E DE Er:YAG NA INTERFACE ADESIVO-  
DENTINA: ESTUDO EM MEV**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Odontologia, curso de Pós-graduação em Odontologia, concentração em Dentística, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Maria Spohr

PORTO ALEGRE

2008

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G423i Ghiggi, Paula Cristine  
Influência do laser de Nd:YAG na resistência de  
união de materiais resinosos à dentina e dos lasers de  
Nd:YAG e de Er:YAG na interface adesivo-dentina /  
Paula Cristine Ghiggi. – Porto Alegre, 2008.  
68 f.

Diss. (Mestrado em Dentística) – Fac. de  
Odontologia, PUCRS.  
Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Maria Spohr

1. Odontologia. 2. Dentística. 3. Adesivos  
Dentários. 4. Laser (Odontologia). I. Spohr, Ana Maria.  
II. Título.

CDD 617.675

Bibliotecária Responsável: Salete Maria Sartori, CRB 10/1363

PAULA CRISTINE GHIGGI

**INFLUÊNCIA DO LASER DE Nd:YAG NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE  
MATERIAIS RESINOSOS À DENTINA**

**EFEITO DO LASER DE Nd:YAG E DE Er:YAG NA INTERFACE ADESIVO-  
DENTINA: ESTUDO EM MEV**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Odontologia, curso de Pós-graduação em Odontologia, concentração em Dentística, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Aprovada em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Maria Spohr- PUCRS

---

Dr<sup>a</sup>. Helena Glüer Carracho- UPF

---

Dr<sup>a</sup>. Julieta Gomes Tavares- PUCRS

## AGRADECIMENTOS

*Aos meus pais **Cesar e Marivone**, os responsáveis pela minha formação, que nunca mediram esforços para que meus sonhos se realizassem!!!*

*Às minhas irmãs que sempre estiveram prontas para ouvir minhas reclamações e viver comigo os momentos de angústias e de felicidade. À **Gisele**, obrigada por estar sempre ao meu lado e à **Luciana**, obrigada pela hospitalidade e por servir de guia turística!!!*

*Ao **Diego**, sempre com palavras doces de incentivo e apoio, nunca me deixando desistir da luta e sempre me consolando nos momentos difíceis!!!*

*Amo muito vocês!!!*

*À minha orientadora **Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Maria Spohr** pela paciência, dedicação, humildade, disposição e grande sabedoria. Você é um exemplo de orientadora, de profissional e acima de tudo de pessoa.*

*Obrigada por tudo!!!*

*Ao **Prof. Dr. Luiz Henrique Burnett Jr.** pela amizade e por estar sempre me incentivando, ressaltando minhas qualidades e fazendo críticas construtivas.*

*Obrigada pelo carinho!!!*

*Ao **CNPQ** pela bolsa de estudos concedida.*

*À **Prof<sup>a</sup>. Nilza Pereira da Costa**, Ex- Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da PUCRS, pela dedicação, simplicidade e maneira delicada em se relacionar com os alunos!!!*

*Aos Professores **Eduardo Mota e Hugo Oshima** pelo auxílio na clínica e pela amizade!!!*

Aos colegas do Mestrado: **Danny, Guilherme, Marcelo, Pati, Rosaninha e Rhuy** que dividiram comigo muitas dúvidas e angústias e sempre me incentivaram com palavras de tranquilidade.

Obrigada pela convivência, adorei conhecer cada um de vocês!!!

À **Maria Paula**, que mesmo sem me conhecer me ajudou muito para que esta caminhada tivesse início. Muito obrigada pela sua amizade e confiança!!!

À **Carol**, pela companhia no Laboratório de Materiais Dentários!!!

Aos funcionários da Secretaria de Pós-Graduação: **Ana, Carlos, Davenir e Marcos** sempre muito atenciosos e dispostos!!!

Aos funcionários da Clínica de Dentística: **Jaque e Antônio** pelo bom humor e disposição para nos ajudar!!!

Aos funcionários do Centro de Microscopia: **Eduardo, Maurício e Miriam** pela paciência e dedicação que tiveram em me auxiliar na realização das imagens deste trabalho.

A todos aqueles que de alguma maneira me ajudaram a conquistar mais esta etapa!!!

## LISTA DE FIGURAS, TABELAS E QUADROS

### Artigo 1

Quadro 1: Nome comercial, composição química, fabricante e lote dos materiais utilizados .....	19
Tabela 1: Resultado da resistência de união à microtração (MPa) dos grupos experimentais .....	25
Tabela 2: Análise dos tipos de falha ocorridos nos grupos experimentais .....	26
Figura 1: Dentina acabada com lixas de carbetto de silício .....	27
Figura 2: Dentina irradiada com laser de Nd:YAG .....	27

### Artigo 2

Figura 1: Fotomicrografia em MEV da interface entre sistema adesivo Adper Single Bond 2 e dentina .....	47
Figura 2: Fotomicrografia em MEV da interface entre sistema adesivo Clearfil SE Bond e dentina .....	48
Figura 3: Fotomicrografia em MEV da interface entre sistema adesivo Adper Single Bond 2 e dentina irradiada com laser de Nd:YAG .....	48
Figura 4: Fotomicrografia em MEV da interface entre sistema adesivo Clearfil SE Bond e dentina irradiada com laser de Nd:YAG .....	49
Figura 5: Fotomicrografia em MEV da interface entre sistema adesivo Adper Single Bond 2 e dentina irradiada com laser de Er:YAG .....	49
Figura 6: Fotomicrografia em MEV da interface entre sistema adesivo Clearfil SE Bond e dentina irradiada com laser de Er:YAG .....	50



## LISTA DE ABREVIações, SIGLAS E SIGNIFICADOS

%	Porcentagem
°C	Grau Celsius
µm	Micrometro
µs	Microsegundo
α	Nível de significância
A	Adesivo
Bis-GMA	Bisfenol glicidil metacrilato A
Bis-HEMA	Bisfenol 2- hidroxietil metacrilato
CH	Camada Híbrida
cm	Centímetro
D	Dentina
et al.	Abreviatura de et alii (e outros)
Er:YAG	Érbio Ítrio Alumínio Granada
HCl	Ácido Clorídrico
HEMA	2- hidroxietil metacrilato
Hz	Hertz
J/cm <sup>2</sup>	Joule por centímetro quadrado
M	Molar
MDP	Metacriloxietil dihidrogênio fosfato
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
mJ	Milijoule
mm	Milímetro
mm <sup>2</sup>	Milímetro quadrado
ml/min	Mililitro por minuto
mm/minuto	Milímetro por minuto
MPa	Mega Pascal
mW/cm <sup>2</sup>	Miliwatt por centímetro quadrado
N	Newton
NaOCl	Hipoclorito de Sódio
Nd:YAG	Neodímio Ítrio Alumínio Granada
nm	Nanometro
n <sup>o</sup>	Número

p	Valor de probabilidade
PUCRS	Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
RC	Resina Composta
rpm	Rotações por minuto
S	Ramificações Secundárias
T	<i>Tags</i> de resina
UDMA	Uretano dimetacrilato
W	Watt

**SUMÁRIO**

<b>Introdução Geral</b> .....	11
<b>Artigo 1</b> .....	14
Resumo .....	15
Abstract .....	16
Introdução .....	17
Materiais e Métodos .....	19
Resultados .....	25
Discussão .....	28
Conclusão .....	33
Referências Bibliográficas .....	34
<b>Artigo 2</b> .....	37
Resumo .....	38
Abstract .....	39
Introdução .....	40
Materiais e Métodos .....	42
Resultados .....	46
Discussão .....	51
Conclusões .....	55
Referências Bibliográficas .....	56
<b>Discussão Geral</b> .....	59
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	63
<b>Anexos</b> .....	66

## INTRODUÇÃO GERAL

O uso de materiais com técnicas adesivas revolucionou os procedimentos restauradores, permitindo maior preservação de estrutura dental hígida (ROULET, 2000). O princípio da odontologia adesiva é a retenção micromecânica de materiais resinosos, devido ao condicionamento ácido do esmalte e dentina, e subsequente penetração e polimerização dos monômeros nos espaços criados, formando a camada híbrida e os *tags* de resina (NAKABAYASHI; KOJIMA; MASUHARA, 1982).

O esmalte e a dentina apresentam diferenças estruturais. Pelo fato da dentina possuir umidade e permeabilidade, há uma constante preocupação em se desenvolver materiais ou métodos que sejam compatíveis com esta superfície, favorecendo o selamento das restaurações (ODA; OLIVEIRA; LIBERTI, 2001).

A interface do adesivo com o tecido dental deve apresentar selamento marginal (BERGENHOLTZ, 2000) e valores de resistência de união suficientes para resistir às tensões geradas durante a contração de polimerização e os esforços mastigatórios (DELIPERI; BARDWELL; PAPATHANASIOU, 2003), pois a qualidade da camada híbrida formada está diretamente relacionada com a durabilidade da união adesivo/dentina (HASHIMOTO *et al.*, 2000).

Os sistemas adesivos podem ser classificados em convencionais e autocondicionantes, de acordo com a estratégia empregada para condicionamento do substrato dental, e subdivididos de acordo com o número de passos clínicos. Sistemas adesivos que utilizam a técnica do condicionamento com ácido fosfórico são chamados de convencionais e podem

ser de três passos clínicos (ácido fosfórico + *primer* + adesivo) ou de dois passos clínicos (ácido fosfórico + *primer/adesivo*). Os sistemas que utilizam monômeros ácidos polimerizáveis que desmineralizam o substrato são classificados como autocondicionantes e podem ser de dois passos clínicos (*primer* ácido + adesivo) ou de um passo clínico (*primer* ácido/adesivo) (DE MUNK *et al.*, 2005). Para confeccionar restaurações em resina composta, assim como para a cimentação adesiva, faz-se necessário a aplicação prévia de um sistema adesivo. No entanto, recentemente foram desenvolvidos os cimentos resinosos auto-adesivos, os quais não necessitam de aplicação prévia do adesivo.

Os sistemas adesivos autocondicionantes e os cimentos resinosos auto-adesivos surgiram com o objetivo de simplificar os procedimentos adesivos, eliminando algumas etapas clínicas e minimizando a influência de variáveis durante a aplicação (ERNEST; HOLZMEIER; WILLERSHAUSEN, 2004; TAY; PASHLETY, 2003).

Paralelo à evolução dos materiais adesivos, novas tecnologias também têm sido empregadas. A tecnologia a laser foi introduzida na Odontologia há mais de 30 anos e, desde então, tem sido bem tolerada pelos pacientes devido à ausência de ruído e vibração (KELLER; HIBST, 1997). O efeito do laser sobre os tecidos depende basicamente das características de absorção do comprimento de onda do laser (COLUZZI, 2000).

Devido ao alto conteúdo de água, a dentina é um tecido que tem forte interação com o laser de Er:YAG, o qual emite um comprimento de onda de 2940 nm, coincidindo com o pico de absorção da água e da hidroxiapatita. Durante a irradiação, a energia incidente é prontamente absorvida pelas moléculas de

água presentes na estrutura cristalina da dentina e componentes orgânicos, causando um aquecimento súbito e vaporização da água; dessa forma, ocorre a ablação do conteúdo orgânico e inorgânico da estrutura irradiada (HIBST; KELLER, 1989; KELLER; HIBST, 1989; HOSSAIN *et al.*, 1999).

O laser de Nd:YAG caracteriza-se por apresentar um comprimento de onda de 1064 nm, sendo bem absorvido por cromóforos pigmentados; por isso, possui grande afinidade pelos tecidos orais moles e tecido cariado pigmentado. Estudos demonstram que, após irradiação com laser de Nd:YAG, a superfície dentinária apresenta-se com áreas de derretimento e ressolidificação e com obliteração dos túbulos dentinários (ARIYARATNAM; WILSON; BLINKHORN, 1999).

Existe grande interesse em investigar o padrão de interação entre os sistemas adesivos atuais e a dentina irradiada com os lasers de Nd:YAG e de Er:YAG para avaliar a qualidade e a integridade da interface adesivo/dentina, já que estudos recentes têm demonstrado que o efeito da irradiação com laser na superfície dentinária torna esta superfície resistente ao condicionamento por ácidos e, dessa forma, pode influenciar a resistência de união (RAMOS *et al.*, 2004).

**INFLUÊNCIA DO LASER DE Nd:YAG NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE  
MATERIAIS RESINOSOS À DENTINA**

**INFLUENCE OF THE Nd:YAG LASER ON THE  
BOND STRENGTH OF RESINOUS MATERIALS TO DENTIN**

**Paula Cristine Ghiggi<sup>1</sup>**

**Ana Maria Spohr, D.D.S., M.S., Ph.D<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Estudante do Mestrado em Dentística Restauradora, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Brasil.

<sup>2</sup> Professora adjunta da Disciplina de Materiais Dentários, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Brasil.

Autor para Correspondência:

Ana Maria Spohr

Endereço: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)

Faculdade de Odontologia

Prédio 6

Av. Ipiranga 6681

CEP: 90616-900

Telefone: xx51-9995-0465

Fax: xx51-3342-8569

e-mail: [anaspohr@terra.com.br](mailto:anaspohr@terra.com.br)

## RESUMO

Este estudo avaliou a resistência de união de diferentes materiais adesivos à dentina irradiada com laser de Nd:YAG. Dezoito terceiros molares humanos, extraídos por indicação terapêutica, tiveram as raízes embutidas em resina acrílica quimicamente ativada. A dentina oclusal foi exposta pela remoção do esmalte com disco diamantado, seguido de acabamento com lixas de carbo de silício 400 e 600 sob refrigeração. Os dentes foram divididos aleatoriamente em seis grupos: G1: sistema adesivo Adper Single Bond 2; G2: sistema adesivo Clearfil SE Bond; G3: cimento resinoso auto-adesivo Rely X Unicem; G4: irradiação com o laser de Nd:YAG e aplicação do sistema adesivo Adper Single Bond 2; G5: irradiação com o laser de Nd:YAG e aplicação do sistema adesivo Clearfil SE Bond; G6: irradiação com o laser de Nd:YAG e aplicação do cimento resinoso auto-adesivo Rely X Unicem. O laser foi aplicado nos parâmetros de 60 mJ, 15 Hz, 0,9 W,  $47,70 \text{ J/cm}^2$ , duração do pulso 100  $\mu\text{s}$ . Um bloco de resina composta, com aproximadamente 6 mm de altura, foi construído, de forma incremental, sobre os materiais adesivos. Os conjuntos dente/restauração foram armazenados em água destilada por 24 horas a  $37^\circ\text{C}$ , e então seccionados com disco diamantado em cortadeira de precisão para obtenção de corpos-de-prova na forma de palitos. Vinte corpos-de-prova foram selecionados para cada grupo, sendo submetidos ao teste de microtração em máquina de ensaio universal EMIC DL-2000 com velocidade de 0,5 mm/minuto. Os resultados foram submetidos à Análise de Variância e teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ). O maior valor médio de resistência de união foi obtido para o Clearfil SE Bond (41,75 MPa) sem aplicação do laser. No entanto, quando o laser foi aplicado, houve uma redução no valor de resistência de união (33,42 MPa), porém sem diferença estatisticamente significativa. A resistência de união do Adper Single Bond 2 sem laser (32,15 MPa) também não diferiu estatisticamente com a aplicação do laser (35,38 MPa). O cimento resinoso Rely X Unicem proporcionou os menores valores de resistência de união, sendo o valor da resistência de união com aplicação do laser (7,53 MPa) estatisticamente inferior quando o mesmo não foi aplicado (14,50 MPa). Concluiu-se que o laser de Nd:YAG não influenciou significativamente a resistência de união dos sistemas adesivos, mas apenas para o grupo do cimento resinoso auto-adesivo.

Palavras chaves: resistência de união, sistemas adesivos, laser de Nd:YAG



## ABSTRACT

This study evaluated the bond strength of different adhesive materials on dentin with Nd:YAG laser. Eighteen third human molars, extracted due to therapeutic recommendation, had their roots included in self-cured acrylic resin. Occlusal enamel was removed using a diamond saw and the dentin surface was exposed, followed by surface regularization with 400 and 600 grit silicon carbide sandpaper under water cooling. Teeth were randomly divided in 6 groups: Group 1 – adhesive system Adper Single Bond 2; Group 2 – adhesive system Clearfil SE Bond; Group 3 – self-adhesive resin luting cement Rely X Unicem; Group 4 – irradiation with Nd:YAG laser and application of Adper Single Bond 2; Group 5 – irradiation with Nd:YAG laser and application of Clearfil SE Bond; Group 6 – irradiation with Nd:YAG laser and application of Rely X Unicem. Nd:YAG was applied in the following parameters: 60 mJ, 15 Hz, 0.9 W, 47,77 J/cm<sup>2</sup>, 100 μs. Composite resin blocks with 6 mm height were built upon the adhesive materials. Tooth/resin sets were stored in distilled water at 37° C for 24 hours and then cut with a diamond saw using a laboratory cutting machine to obtain the beams samples. Twenty samples were selected in each group, and submitted to microtensile bond strength on a universal testing machine EMIC DL – 2000 at crosshead speed of 0,5mm/min. Results were evaluated according to Variance Analysis and Tukey test ( $\alpha=0,05$ ). The highest bond strength mean was obtained with Clearfil SE Bond (41.75 MPa) without laser application. However, when the laser was applied, the bond strength value decreased (33.42 MPa), but without statistically significant differences. The bond strength of Adper Single Bond without laser application (32.15 MPa) did not differ statistically from Group 4 (35.38 MPa). Self-adhesive resin luting cement Rely X Unicem obtained the lowest bond strength, being the value with laser application (7.53 MPa) statistically lower than the value without laser application (14.50 MPa). It was concluded that Nd:YAG laser did not decrease significantly the bond strength of the adhesive systems studied, only for the self-adhesive resin luting cement.

Key-words: bond strength, adhesive systems, Nd:YAG laser

## INTRODUÇÃO

O desenvolvimento dos sistemas adesivos permitiu a realização de procedimentos restauradores com remoção mínima de tecido dental hígido devido à união micromecânica do material restaurador ao esmalte e à dentina (ROULET, 2000).

O mecanismo de união ao esmalte foi descrito em 1955 quando Buonocore propôs o condicionamento ácido deste tecido e, em 1956, o mesmo pesquisador tentou repetir na dentina os resultados obtidos com o esmalte. Pelo fato da dentina ser um substrato mais complexo, maiores dificuldades foram encontradas na busca pela união, e muitos estudos têm sido desenvolvidos com o objetivo de compreender o mecanismo de união dos sistemas adesivos a este tecido (SWIFT; PERDIGÃO; HEYMAN, 1995).

Justamente em função da dentina, os sistemas adesivos têm evoluído quimicamente com o intuito de melhorar seu funcionamento sobre este substrato. Paralelo a isto, os fabricantes também têm investido nos adesivos simplificados, objetivando a rapidez e a facilidade de aplicação durante o uso clínico. Desta forma, a tradicional aplicação do condicionamento ácido, *primer* e adesivo em três passos tem sido substituída por três diferentes categorias: os sistemas adesivos em que o *primer* e o adesivo são aplicados simultaneamente após o condicionamento ácido; os *primers* autocondicionantes, em que a etapa de condicionamento ácido e *primer* dá-se em um único momento, seguido da aplicação do adesivo; e os adesivos autocondicionantes, que caracterizam-se pelas etapas de condicionamento ácido, *primer* e adesivo ocorrerem em um único momento. Mais recentemente, surgiram as resinas compostas auto-

adesivas que não necessitam de pré-tratamento para união ao substrato dental (CARVALHO *et al.*, 2004; HIKITA *et al.*, 2007).

Paralelo à evolução dos sistemas adesivos, novas tecnologias têm sido desenvolvidas como a utilização de irradiação a laser. O estudo do laser na Odontologia surgiu há mais de 30 anos e, desde então, vários tipos de lasers têm sido utilizados nos tecidos moles e estrutura dentária com diferentes objetivos. Dentre os diversos tipos de lasers existentes, o laser de Nd:YAG tem se mostrado efetivo para o tratamento da hipersensibilidade dentinária, na remoção de tecido cariado, no selamento de fóssulas e fissuras do esmalte, na remoção de tecidos moles (MATOS *et al.*, 2000) e na desinfecção dos tecidos dentários (GUTKNECHT *et al.*, 1996; KLINKE; KLIMM; GUTKNECHT, 1997).

No entanto, a aplicação do laser de Nd:YAG leva a modificações morfológicas no substrato dental (ANIC *et al.*, 1998), tornando a dentina mais resistente à desmineralização por um agente ácido (SCHALLER; WEIHING; STRUB, 1997; ODA; OLIVEIRA; LIBERTI, 2001) que tem o objetivo de desmineralizar a dentina para a penetração do adesivo, visando a obtenção da camada híbrida. Desta forma, a aplicação do laser pode comprometer a capacidade de união de materiais adesivos ao substrato dentinário (MORITZ *et al.*, 1998; MATOS *et al.*, 1999) e, conseqüentemente, a longevidade dos trabalhos restauradores.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência de união de diferentes materiais adesivos à dentina irradiada com o laser de Nd:YAG. A hipótese a ser analisada é que o laser de Nd:YAG não influencia na resistência de união de materiais adesivos ao substrato dentinário.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A descrição dos materiais, nome comercial, composição, fabricante e lote estão listados no Quadro 1.

Quadro 1 – Descrição dos materiais.

<b>MATERIAL</b>	<b>NOME COMERCIAL</b>	<b>COMPOSIÇÃO</b>	<b>FABRICANTE</b>	<b>LOTE</b>
Materiais adesivos	Adper Single Bond 2	Condicionador: ácido fosfórico 37% Adesivo: Bis-GMA, HEMA, dimetacrilatos, etanol, água, copolímero do ácido polialcenóico, partículas esféricas de sílica	3M/ESPE , Saint Paul, Minnessota, Estados Unidos da América	7KN
	Clearfil SE Bond	Primer: MDP, HEMA, di-canforoquinona, dimetacrilato hidrofílico, água Adesivo: MDP, Bis-GMA, HEMA, di-canforoquinona, dimetacrilato hidrofóbico, sílica coloidal silanizada	Kuraray, Kurashiki, Okayama, Japão	00760A  01094A
	Rely X Unicem	Pó: pó de vidro, sílica, hidróxido de cálcio, pirimidina substituída, composto de peróxidos, pigmento, iniciador Líquido: ester de ácido fosfórico metacrilato dimetacrilato, estabilizador, iniciador	3M/ESPE , Saint Paul, Minnessota, Estados Unidos da América	286940
Resina composta	Filtek Z250	Bis-GMA, UDMA, Bis-HEMA, partículas de zircônia, sílica	3M/ESPE , Saint Paul, Minnessota, Estados Unidos da América	7AH

### **Ensaio de resistência à microtração**

Para a realização deste estudo foram utilizados 18 terceiros molares humanos, extraídos por razões terapêuticas, sendo obtidos no Banco de Dentes da Faculdade de Odontologia da PUCRS. Os dentes tiveram as raízes limpas com auxílio de uma cureta periodontal, foram desinfetados com cloramina a 0,5% por 24 horas, e então armazenados em água destilada a 4°C, substituída semanalmente, pelo tempo máximo de 6 meses.

As raízes dos dentes foram embutidas em resina acrílica quimicamente ativada Jet (Clássico, São Paulo, São Paulo, Brasil) em um cilindro plástico com 28 mm de diâmetro interno e 20 mm de altura, mantendo a coroa do dente exposta e com a face oclusal perpendicular ao longo eixo do conformador. A superfície oclusal em esmalte foi removida com disco diamantado nº 12205 (Extec Corp., Londres, Inglaterra) montado em máquina de corte laboratorial Labcut 1010 (Extec Corp., Londres, Inglaterra), sob refrigeração, para a obtenção de uma superfície plana em dentina. A superfície dentinária recebeu acabamento com lixas de carbeto de silício umedecidas em água nas granulações de 400 e 600, respectivamente, em uma politriz DPU-10 (Panambra, São Paulo, São Paulo, Brasil).

Os dentes foram divididos aleatoriamente em seis grupos de acordo com os materiais empregados e o tratamento realizado sobre a dentina.

Grupo 1- Adper Single Bond 2 (3M/ESPE, Saint Paul, Minnessota, Estados Unidos da América): a superfície dentinária foi condicionada com ácido fosfórico a 37% por 15 segundos, seguido de lavagem com água por 30 segundos e remoção do excesso de água com algodão esterilizado. Foram aplicadas duas camadas consecutivas do adesivo, seguidas de leve jato de ar

por 5 segundos e fotoativação com o aparelho XL 3000 (3M/ESPE, Saint Paul, Minnessota, Estados Unidos) por 20 segundos;

Grupo 2- Clearfil SE Bond (Heraeus-Kulzer, Kurashiki, Okayama, Japão): o *primer* foi aplicado na dentina por 20 segundos, seguido de leve jato de ar por 5 segundos. Uma camada de adesivo foi aplicada e fotoativada com o aparelho XL 3000 por 20 segundos;

Grupo 3- Rely X Unicem (3M/ESPE, Saint Paul, Minnessota, Estados Unidos da América): a cápsula do material foi ativada e seu conteúdo interno misturado por meio de oscilador de alta frequência por 10 segundos. O material foi extraído da cápsula, sendo aplicada uma camada de aproximadamente 1 mm de espessura sobre a dentina levemente umidecida, seguido de fotoativação por 40 segundos.

Grupo 4- Laser de Nd:YAG + Adper Single Bond 2: uma camada de nanquim (Trident, Itapuí, São Paulo, Brasil) foi aplicada por toda a superfície da dentina com o objetivo de permitir uma melhor absorção do laser na superfície dentinária, sendo então o laser de Nd:YAG, modelo Pulsemaster 1000 (American Dental Technologies, Corpus Christi, Texas, Estados Unidos da América) aplicado nos parâmetros de 60 mJ, 15 Hz, 0,9 W, 47,70 J/cm<sup>2</sup>, duração do pulso 100 µs. Foi estipulado tempo de 2 minutos para fazer a aplicação do laser por toda a superfície dentinária. A fibra óptica de 400 µm de diâmetro foi utilizada em uma posição padronizada, perpendicular à superfície dentinária, a uma distância aproximada de 1 mm da superfície. Após a aplicação do laser, o restante de nanquim foi removido com o auxílio de um *microbrush* em água corrente. Em seguida foi aplicado o sistema adesivo Adper Single Bond 2 como descrito para o grupo 1;

Grupo 5- Laser de Nd:YAG + Clearfil SE Bond: aplicação do laser como descrito para o grupo 4, seguido do sistema adesivo Clearfil SE Bond como descrito no grupo 2;

Grupo 6- Laser de Nd:YAG + Rely X Unicem: aplicação do laser como descrito para o grupo 4, seguido do cimento resinoso auto-adesivo Rely X Unicem como descrito no grupo 3.

Sobre os materiais adesivos foi construído um bloco de resina composta com aproximadamente 6 mm de altura. Este bloco foi confeccionado em três incrementos de 2 mm, sendo cada incremento fotoativado por 20 segundos com o fotopolimerizador XL 3000. A intensidade de luz do aparelho fotopolimerizador foi monitorada com radiômetro (modelo 100, Demetron Inc, Saint Louis, Minnessota, Estados Unidos da América), permanecendo a intensidade no intervalo de 450 a 500 mW/cm<sup>2</sup>.

O conjunto dente/bloco em resina composta foi armazenado em água destilada por 24 horas a 37°C em estufa de cultura. Decorrido este período, o conjunto foi seccionado paralelamente ao longo eixo do dente, nos eixos x e y, em máquina de corte laboratorial Labcut 1010 (Extec Corp., Londres, Inglaterra) à velocidade de 400 rpm com disco diamantado nº 12205 (Extec Corp., Londres, Inglaterra) sob refrigeração à água. Assim, foram obtidos cerca de 20 corpos-de-prova (palitos) por conjunto, em que a metade superior era constituída de resina e, a inferior, de dentina, com aproximadamente 0,70 x 0,70 mm de secção transversal, medidos com paquímetro digital Mitutoyo (Mitutoyo Sul Americana Ltda, Suzano, São Paulo, Brasil), o qual possui erro declarado máximo de 0,01 mm para aferição de área.

Os corpos-de-prova foram examinados em microscópio óptico com aumento de 25 vezes para análise da área adesiva, sendo descartados aqueles que apresentassem defeitos, como bolhas, falta de material ou área irregular. Vinte corpos-de-prova foram selecionados para cada grupo, sendo então submetidos ao ensaio de microtração.

Os corpos-de-prova foram unidos ao dispositivo para o ensaio de microtração e fixados com um adesivo a base de cianocrilato (Superbond Gel - Loctite, São Paulo, São Paulo, Brasil) associado a um acelerador (Zip Kicker, Pacer, Rancho Cucamonga, California, Estados Unidos da América), e o dispositivo de teste adaptado à máquina de ensaio universal EMIC DL-2000 (São José dos Pinhais, Paraná, Brasil), com célula de carga de 50 N. Estes foram submetidos à força de tração a uma velocidade de 0,5 mm/minuto até ocorrer a fratura. A resistência de união foi obtida em MPa sendo a força em N dividida pela área em mm<sup>2</sup>, por meio do programa de computador MT teste 100 acoplado à máquina de ensaio.

### **Análise dos tipos de falha**

Após o teste de microtração, foram selecionadas aleatoriamente 10 porções dos corpos-de-prova correspondentes à dentina de cada grupo experimental. As porções foram fixadas lado a lado em *stubs* com a interface de fratura voltada para cima, sendo então metalizado com ouro para observação dos tipos de falha em microscópio eletrônico de varredura Phillips modelo XL30 (Philips Electronic Instruments Inc., Mahwah, New Jersey, Estados Unidos da América). Os padrões de falha foram classificados da seguinte forma: a) adesiva: ao nível da interface de união, podendo haver a presença de falha coesiva no adesivo para os grupos 1, 2, 4 e 5; b) coesiva em



dentina: ruptura deste substrato; c) coesiva em compósito: ruptura na resina composta para os grupos 1, 2, 4 e 5, e ruptura no cimento resinoso para os grupos 3 e 6; d) mista: associação de falha adesiva e coesiva na dentina e/ou resina composta para os grupos 1, 2, 4 e 5 e em cimento resinoso para os grupos 3 e 6.

### **Análise da topografia superficial**

Em um terceiro molar humano foi removida a superfície oclusal para exposição da dentina, sendo esta acabada com lixa de carbetto de silício de granulação 400 e 600. Em apenas uma das metades da superfície dentinária foi aplicado o laser de Nd:YAG como descrito anteriormente. A amostra foi fixada em *stub*, deixada em desumidificadora por 7 dias e então metalizada com ouro para observação em microscopia eletrônica de varredura para observação da superfície não irradiada e irradiada com o laser.

### **Análise estatística**

A normalidade dos dados foi verificada pelo teste Shapiro-Wilk e, com o objetivo de comparar as médias dos grupos, foi aplicado o teste estatístico Análise de Variância e teste de Tukey ao nível de significância de 5%. Foi utilizado o software estatístico SPSS versão 10.0.

## RESULTADOS

A maior média de resistência de união foi obtida para o Clearfil SE Bond (41,75 MPa) sem aplicação do laser. No entanto, quando o laser foi aplicado, houve uma redução na média de resistência de união (33,42 MPa), porém sem diferença estatisticamente significativa ( $p>0,05$ ). A resistência de união do Adper Single Bond 2 sem laser (32,15 MPa) também não diferiu estatisticamente com a aplicação do laser (35,38 MPa) ( $p>0,05$ ). O cimento resinoso Rely X Unicem proporcionou a menor média de resistência de união, sendo o valor da união com aplicação do laser (7,53 MPa) estatisticamente inferior quando o mesmo não foi aplicado (14,50 MPa) ( $p<0,05$ ) (Tabela 1).

Tabela 1. Resistência de união à microtração (MPa) dos grupos experimentais.

<i>Grupos</i>	<i>Resistência de união (MPa)</i>	<i>Desvio-padrão</i>	<i>Coefficiente de variação</i>
Grupo 2 – Clearfil SE Bond	41,75 <sup>a</sup>	14,23	34,02%
Grupo 4 – Laser + Adper Single Bond 2	35,38 <sup>ab</sup>	9,31	26,32%
Grupo 5 – Laser + Clearfil SE Bond	33,42 <sup>ab</sup>	10,26	30,71%
Grupo 1 – Adper Single Bond 2	32,15 <sup>b</sup>	12,83	39,92%
Grupo 3 – Rely X Unicem	14,50 <sup>c</sup>	6,49	43,53%
Grupo 6 – Laser + Rely X Unicem	7,53 <sup>d</sup>	2,66	35,42%

\* Valores seguidos por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

Em todos os grupos experimentais ocorreram falhas mistas (adesiva e coesiva em compósito), sendo 100% para o Rely X Unicem com e sem aplicação do laser. As falhas adesivas ocorreram para o Adper Single Bond 2 e Clearfil SE Bond com e sem laser. Não foram observadas falhas puramente coesivas em compósito ou em dentina (Tabela 2).

Tabela 2: Análise dos tipos de falha (%) ocorridos nos grupos experimentais.

Grupo / Tipo de falha	Adesiva	Coesiva em resina composta	Coesiva em dentina	Mista (adesiva e coesiva em compósito)
Grupo 1 – Adper Single Bond 2	55%	-	-	45%
Grupo 2 - Clearfil SE Bond	40%	-	-	60%
Grupo 3 – Rely X Unicem	-	-	-	100%
Grupo 4 - Laser + Adper Single Bond 2	70%	-	-	30%
Grupo 5 – Laser + Clearfil SE Bond	60%	-	-	40%
Grupo 6 – Laser + Rely X Unicem	-	-	-	100%

A figura 1 evidencia a presença da *smear layer* quando realizado o acabamento da superfície dentinária com lixas de carbetto de silício. A figura 2 mostra a superfície dentinária quando irradiada com o laser de Nd:YAG. Observa-se a formação de uma superfície irregular, com poros, elevações e crateras, caracterizando o processo de derretimento e recristalização. Pode-se observar a presença de alguns túbulos dentinários abertos.

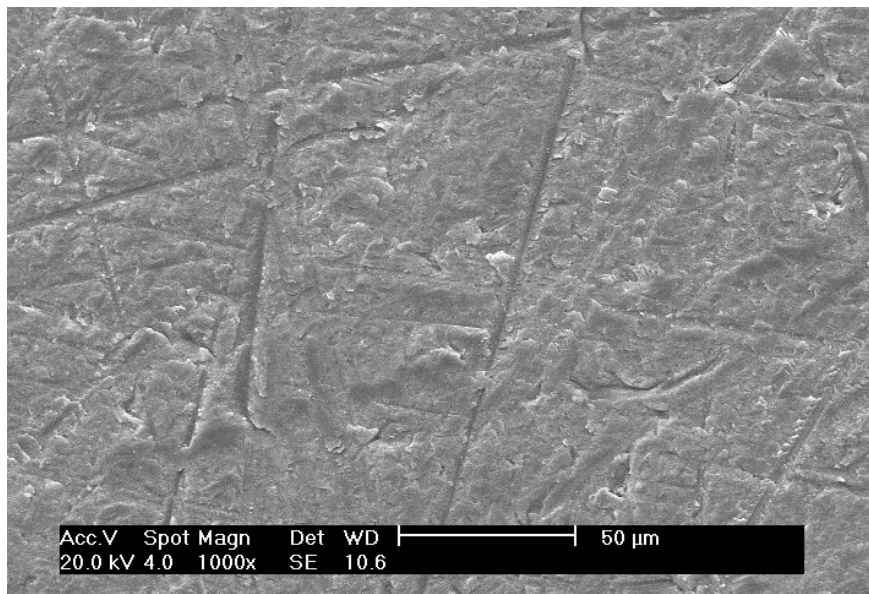


Figura 1- Dentina acabada com lixas de carbeto de silício.

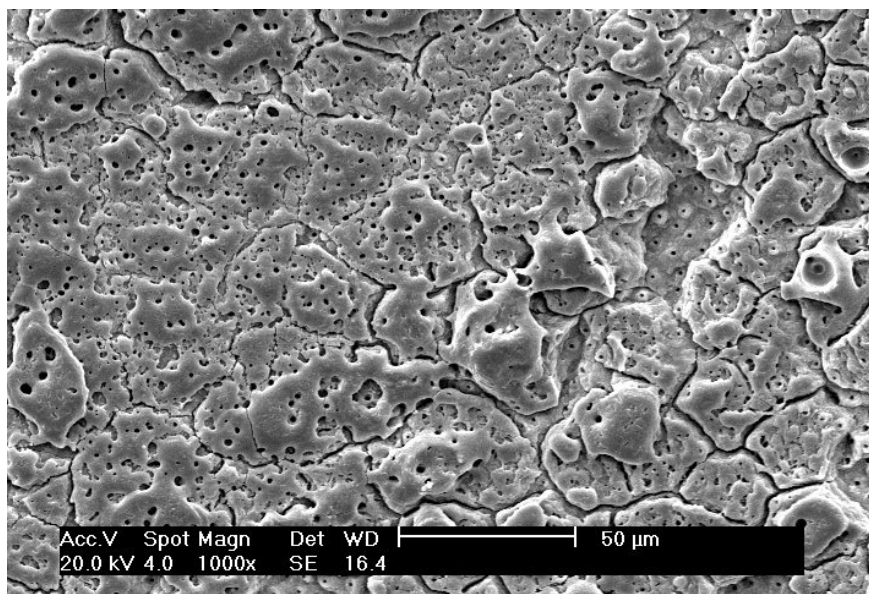


Figura 2- Dentina irradiada com laser de Nd:YAG.

## DISCUSSÃO

Os materiais adesivos têm evoluído rapidamente sempre com o objetivo de melhorar o seu desempenho clínico, possibilitando uma maior durabilidade ao trabalho realizado, paralelo a uma maior simplificação da técnica de aplicação. Os estudos clínicos demonstrando o desempenho destes materiais são de fundamental importância. Contudo, como tais estudos são mais complexos e dispendiosos, opta-se, inicialmente, pelos laboratoriais como, por exemplo, os testes de resistência de união à estrutura dental. Estes ensaios permitem uma comparação entre os materiais em termos de união aos diferentes substratos (WILSON, 1990).

Na presente pesquisa, foi testado o sistema adesivo Adper Single Bond 2 que emprega o condicionamento ácido como procedimento clínico inicial e, em uma segunda etapa, o *primer* e o adesivo são aplicados simultaneamente. Já o sistema adesivo Clearfil SE Bond caracteriza-se pela aplicação de um *primer* autocondicionante, seguido do adesivo. O Rely X Unicem é um cimento resinoso auto-adesivo que, segundo o fabricante, não necessita de aplicação prévia de nenhum sistema adesivo ao realizar um procedimento de cimentação.

De acordo com os resultados deste estudo, a hipótese não pôde ser totalmente confirmada, pois observou-se redução significativa na resistência de união para o Rely X Unicem.

Autores como Schaller, Weihing e Strub (1997) mostraram que o laser de Nd:YAG torna a dentina mais ácido resistente, pois o condicionamento com ácido fosfórico não teve a capacidade de remover as áreas recristalizadas.

Apesar do laser tornar a dentina mais ácido resistente, existe uma alteração significativa na topografia superficial da mesma com a aplicação desse laser, como evidenciado na Figura 2, o que pode ser favorável para a retenção micromecânica (ARIYARATNAM; WILSON; BLINKHORN, 1999; ROLLA *et al.*, 2006). Esta alteração da topografia superficial também foi observada por Cernavin (1995) e Kinney *et al.* (1996), que descreveram que o laser de Nd:YAG causa um derretimento superficial, seguido de recristalização, dando uma aparência vitrificada à dentina, formando uma superfície irregular que lembra a forma de crateras. Também verificaram que a região entre as áreas com este aspecto mostrou uma dentina normal com alguns túbulos dentinários abertos. Ariyaratnam, Wilson e Blinkhorn (1999) também observaram a formação de fendas, fissuras e concavidades na dentina irradiada, sem uma *smear layer* visível. Já no estudo de Türkmen *et al.* (2000) foram observadas áreas isoladas de tecido recristalizado e a presença de *smear layer* em alguns orifícios de túbulos dentinários. Sazak, Türkmen e Günday (2001) observaram uma recristalização da *smear layer*, causando aparência de esponja na superfície dentinária, além de microfraturas. Portanto, para os sistemas adesivos Adper Single Bond 2 e Clearfil SE Bond, acredita-se que a dificuldade de condicionamento possa ter sido compensada por uma retenção micromecânica causada pelas alterações topográficas da dentina quando o laser de Nd:YAG foi aplicado.

Além desta alteração topográfica, estudos mostraram que o laser de Nd:YAG causa uma alteração na composição química da dentina (PARANHOS *et al.*, 2009). Kobayashi *et al.* (2003) verificaram a união entre o cimento de ionômero de vidro e a dentina irradiada pelo laser, e provaram que o laser

causou aumento no conteúdo de cálcio e fósforo da dentina, e redução da quantidade de oxigênio. Para os autores, estas alterações poderiam ser favoráveis para um aumento nas ligações moleculares, tanto polares como iônicas, do grupo carboxílico do ácido polialcenóico, presente no cimento de ionômero de vidro, com o cálcio da dentina, favorecendo o aumento da resistência de união observado no estudo. Baseado nestes achados, acredita-se que uma das possíveis explicações para não haver redução significativa da resistência de união dos sistemas adesivos Adper Single Bond 2 e Clearfil SE Bond seria o fato de ter sido empregada uma energia favorável para o aumento da quantidade de cálcio. Isto proporcionaria maior união química entre o grupamento carboxílico do copolímero do ácido polialcenóico, presente no adesivo Adper Single Bond 2, com o cálcio da dentina, assim como a união do monômero funcional 10-MDP, presente no Clearfil SE Bond, com o cálcio da dentina (YOSHIDA *et al.*, 2004). Matos *et al.* (2000), testando um adesivo autocondicionante com MDP sobre a dentina irradiada com o laser de Nd:YAG, também verificaram o não comprometimento da resistência de união.

O cimento resinoso auto-adesivo Rely X Unicem apresentou a menor média de resistência de união em relação aos outros dois materiais adesivos. Provavelmente isto tenha ocorrido pelo fato deste cimento resinoso ter uma interação mais superficial com a dentina por não empregar um condicionamento ácido prévio como o Adper Single Bond 2 (ácido fosfórico) e Clearfil SE Bond (*primer* autocondicionamente). Segundo De Munck *et al.* (2004) e Gerth *et al.* (2006), o Rely X Unicem apresenta uma reação química de quelação entre os monômeros do ácido fosfórico com os íons cálcio derivados da hidroxiapatita do tecido dental. De acordo com Tay *et al.* (2001),

os mecanismos adesivos são similares ao do ionômero de vidro com uma camada intermediária interfacial que incorpora parcialmente partículas da *smear layer* dissolvida.

Os baixos valores de resistência de união encontrados nos grupos do cimento auto-adesivo também podem estar relacionados à falta de pressão exercida sobre o cimento. A pressão é importante durante o processo de cimentação para prevenir bolhas e espaços vazios na interface, que poderiam comprometer a longevidade adesiva e, também, para que uma íntima adaptação com as paredes cavitárias seja alcançada devido às propriedades tixotrópicas deste cimento (DE MUNK *et al.*, 2004).

Quando o cimento resinoso Rely X Unicem foi aplicado sobre a dentina irradiada, houve redução significativa na resistência à microtração. Possivelmente um dos fatores que contribuiu para este achado é o fato deste cimento resinoso ser mais viscoso que os adesivos e, desta forma, não teve a mesma capacidade de umedecimento sobre a dentina irradiada para poder penetrar de forma adequada nas retenções micromecânicas provocadas pelo laser na dentina.

O Rely X Unicem apresenta duas reações de presa: reação redox para polimerização da fase resinosa e uma reação ácido-base, resultando na formação de fosfato de cálcio. A adesão com a dentina é estabelecida através da ionização do ácido fosfórico metacrilato durante a mistura dos monômeros. Esta ionização ocorre tanto com a água proveniente da dentina quanto com a água produzida durante a reação de neutralização dos monômeros de fosfato com as partículas básicas (3M/ESPE). Pelo fato da presença da água ser importante para que ocorra a reação de ionização, a superfície da dentina foi



deixada levemente umedecida previamente a aplicação do cimento resinoso, como recomendado pelo fabricante.

A análise dos tipos de falha permite verificar se a metodologia empregada está fornecendo valores de resistência de união correspondente à interface adesivo-dentina, que é justamente a união que se deseja estudar. Em segundo lugar, também permite determinar qual a região mais fraca e susceptível às falhas (AMSTRONG; KELLER; BOYER, 2001). Para o Adper Single Bond 2 e Clearfil SE Bond houve uma maior tendência para falhas adesivas com a aplicação do laser. Isto sugere que a irradiação pelo laser de Nd:YAG tornou a interface adesivo-dentina mais fraca em relação aos grupos em que o laser não foi aplicado. No caso do cimento resinoso Rely X Unicem, independente da aplicação ou não do laser, as falhas foram 100% mistas, havendo sempre a ruptura ao nível da interface de união e a permanência de cimento resinoso em parte da superfície dentinária.

Materiais de cimentação adesivos, como o Rely X Unicem, são indicados para a fixação de *inlays*, *onlays*, *overlays* e coroas totais. Transferindo os resultados deste estudo para a clínica, pode-se sugerir a indicação deste cimento resinoso para restaurações em que os princípios de retenção e estabilidade mecânica do preparo são respeitados. No caso de preparos expulsivos, em que a união da restauração ao dente dependerá mais do material adesivo, recomenda-se o emprego de sistemas adesivos associados a cimentos resinosos.

## CONCLUSÃO

- A aplicação do laser de Nd:YAG sobre a dentina não comprometeu de forma significativa a resistência de união para os sistemas adesivos Adper Single Bond 2 e Clearfil SE Bond, havendo somente redução significativa da união para o Rely X Unicem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANIC, I. *et al.* Scanning electron microscopic study of dentin lased with Argon, CO<sub>2</sub> and Nd:YAG laser. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 24, n. 2, p. 77-81, Feb., 1998.

ARIYARATNAM, M.T.; WILSON, M.A.; BLINKHORN, A.S. An analysis of surface roughness, surface morphology and composite/dentin bond strength of human dentin following the application of the Nd:YAG laser. **Dental Materials**, Washington, v. 15, n. 4, p. 22-28, July, 1999.

ARMSTRONG, S.R.; KELLER, J.C.; BOYER, D.B. Mode of failure in the dentin-adhesive resin-resin composite bonded joint as determined by strength-based ( $\mu$ TBS) and fracture-based (CNSB) mechanical testing. **Dental Materials**, Washington, v. 17, n. 3, p. 201-210, May, 2001a.

BUONOCORE, M.G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. **Journal of Dental Research**, Washington, v. 34, n. 6, p. 849-853. Dec., 1955.

BUONOCORE, M.G.; WILEMAN, N.; BRUDEVOLD, F.A. A report on a resin composition capable of bonding to human dentin surfaces. **Journal of Dental Research**, Washington, v. 35, n.6, p. 846-851, Dec., 1956.

CARVALHO, R.M. *et al.* Adhesive permeability affects coupling of resin cements that utilise self-etching primers to dentin. **Journal of Dentistry**, Guildford, v. 32, n. 1, p. 55-65, Jan., 2004.

CERNAVIN I. A comparison of the effects of Nd:YAG and Ho:YAG laser irradiation on dentin and enamel. **Australian Dental Journal**, St. Leonards, v. 40, n. 2, p. 79-84, Apr., 1995.

DE MUNK, J. *et al.* Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin. **Dental Materials**, Washington, v. 20, n. 10, p. 963-971, Dec., 2004.

GERTH, H.U.V. *et al.* Chemical analysis and bonding reaction of RelyX Unicem and Bifix composites- A comparative study. **Dental Materials**, Washington, v. 22, n. 10, p. 934-941, Oct., 2006.

GUTKNECHT, N. *et al.* Bactericidal effect of the Nd:YAG laser in *in vivo* root canals. **Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery**, New York, v. 14, n. 2, p. 77-80, Apr., 1996.

HIKITA, K. *et al.* Bonding effectiveness of adhesive luting agents to enamel and dentin. **Dental Materials**, Washington, v. 23, n. 1, p. 71-81, Jan., 2007.

KLINKE, T.; KLIMM, W.; GUTKNECHT, N. Antibacterial effects of Nd:YAG laser irradiation within root canal dentin. **Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery**, New York, v. 15, n. 1, p. 29-31, Feb., 1997.

KINNEY, J.H. *et al.* The threshold effects of Nd and Ho:YAG laser- induced surface modification on demineralization of dentin surfaces. **Journal of Dental Research**, Washington, v. 75, n. 6, p. 1388-1395, June, 1996.

KOBAYASHI, C.A. *et al.* Effect of Nd:YAG laser irradiation on shear bond strength of glass-ionomer luting cement to dentin surface. **International Journal of Prosthodontics**, Lombard, v. 16, n. 5, p. 493-498, Sept./Oct., 2003.

MATOS, A.B. *et al.* Nd-YAG Laser influence on sound dentin bond strength. **Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery**, New York, v. 17, n. 4, p. 165-169, 1999.

MATOS, A.B. *et al.* Nd:YAG laser influence on tensile bond strength of self-etching adhesive systems. **Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery**, New York, v. 18, n. 5, p. 253-257, Oct., 2000.

MORITZ, A. *et al.* Procedures for enamel and dentin conditioning: a comparison of conventional and innovative methods. **Journal of Esthetic Dentistry**, Philadelphia, v. 10, n. 2, p. 84-93, 1998.

ODA, M.; OLIVEIRA, D.C.; LIBERTI, E.A. Avaliação morfológica da união entre adesivo/resina composta e dentina irradiada com laser de Er:YAG e Nd:YAG: estudo comparativo por microscopia de varredura. **Pesquisa Odontológica Brasileira**, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 283-289, Oct./Dec., 2001.

PARANHOS, M. P. G. *et al.* Influence of Nd:YAG laser irradiation on microtensile bond strength of adhesive systems to sound or carious dentin. *Quintessence International* (no prelo).

ROLLA, J.N. *et al.* Nd:YAG laser influence on microtensile bond strength of different adhesive systems to human dentin. **Photomedicine and Laser Surgery**, New York, v. 24, n. 6, p. 730-734, Dec., 2006.

ROULET, J.F. Adhesive Dentistry in the 21<sup>st</sup> Century. **Operative Dentistry**, Indianapolis, v. 25, n. 5, p. 355-366, Sept./Oct., 2000.

SAZAK, H.; TÜRKMEN, C.; GÜNDAY, M. Effects of Nd:YAG laser, air- abrasion and acid- etching on human enamel and dentin. **Operative Dentistry**, Indianapolis, v. 26, n. 6, p. 476-481, Nov./Dec. 2001.

SCHALLER, H.G., WEIHING, T., STRUB, J.R. Permeability of dentine after Nd:YAG laser treatment: an *in vitro* study. **Journal of Oral Rehabilitation**, Michigan, v. 24, n. 4, p. 274-281, Apr., 1997.

SWIFT, E.Jr.; PERDIGÃO, J.; HEYMANN, H.O. Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art. **Quintessence International**, Berlin, v. 26, n. 2, p. 95-110, Feb., 1995.

TAY, F. *et al.* Effect of different conditioning protocols on adhesion of a GIC to dentin. **Journal of Adhesive Dentistry**, New Malden, v. 3, n. 2, p. 153-167, Summer, 2001.

Technical data sheet: expertise Rely X Unicem. Seefeld, Germany: 3M Espe AG; 2002.

TÜRKMEN, C. *et al.* Effect of CO<sub>2</sub>, Nd:YAG and ArF Excimer lasers on dentin morphology and pulp chamber temperature: An *in vitro* study. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 26, n. 11, p. 644-648, Nov., 2000.

YOSHIDA, Y. *et al.* Comparative study on adhesive performance of functional monomers. **Journal of Dental Research**, New York, v. 83, n. 6, p. 454-458, June, 2004.

WILSON, N.H. The evaluation of materials: relationships between laboratory investigations and clinical studies. **Operative Dentistry**, Indianapolis, v. 15, n. 4, p. 149-155, July/Aug., 1990.

**EFEITO DO LASER DE Nd:YAG E DE Er:YAG NA INTERFACE  
ADESIVO-DENTINA: ESTUDO EM MEV**

**EFFECT OF THE Nd:YAG LASER AND THE Er:YAG ON THE ADHESIVE-  
DENTIN INTERFACE: MEV**

**Paula Cristine Ghiggi<sup>1</sup>**

**Ana Maria Spohr, D.D.S., M.S., Ph.D<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Estudante do Mestrado em Dentística Restauradora, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Brasil.

<sup>2</sup> Professora adjunta da Disciplina de Materiais Dentários, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Brasil.

Autor para Correspondência:

Ana Maria Spohr

Endereço: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS)

Faculdade de Odontologia

Prédio 6

Av. Ipiranga 6681

CEP: 90616-900

Telefone: xx51-9995-0465

Fax: xx51-3342-8569

e-mail: [anaspohr@terra.com.br](mailto:anaspohr@terra.com.br)

## RESUMO

Este estudo analisou microscopicamente a interface adesivo-dentina quando o laser de Nd:YAG e de Er:YAG foram aplicados na superfície dentinária. Doze terceiros molares humanos, extraídos por indicação terapêutica, tiveram as raízes embutidas em resina acrílica quimicamente ativada. A dentina oclusal foi exposta pela remoção do esmalte com disco diamantado, seguido de acabamento com lixas de carbetto de silício 400 e 600 sob refrigeração. Os dentes foram divididos aleatoriamente em seis grupos com dois dentes cada: G1 – sistema adesivo Adper Single Bond 2; G2 – sistema adesivo Clearfil SE Bond; G3 – irradiação com laser de Nd:YAG (60mJ, 15Hz, 0,9W) e sistema adesivo Adper Single Bond 2; G4 – irradiação com laser Nd:YAG (60mJ, 15Hz, 0,9W) e sistema adesivo Clearfil SE Bond; G5 – irradiação com laser de Er:YAG (200mJ, 4Hz, 0,8W) e sistema adesivo Adper Single Bond 2; G6 – irradiação com laser de Er:YAG (200mJ, 4Hz, 0,8W) e sistema adesivo Clearfil SE Bond. Sobre os sistemas adesivos foi construído um bloco de resina composta Z250 com, aproximadamente, 4 mm de altura. O conjunto dente/bloco de resina composta foi seccionado no sentido méso-distal, no centro de suas coroas, com um disco diamantado de dupla face obtendo-se quatro amostras para cada grupo. As superfícies foram polidas com lixas de carbetto de silício 400, 600, 1000 e 1200, seguido de polimento com pastas dimantadas de granulação 6, 3, 1 e  $\frac{1}{4}$   $\mu\text{m}$ . As amostras foram desmineralizadas, desproteinizadas, secas, metalizadas e observadas em microscópio eletrônico de varredura em aumento de 3000 vezes. Por meio de uma análise qualitativa, o sistema adesivo Adper Single Bond 2 formou uma camada híbrida mais espessa e com *tags* de resina mais longos em comparação ao sistema adesivo Clearfil SE Bond. A aplicação do laser de Nd:YAG na superfície dentinária, previamente aos procedimentos adesivos, causou a formação de uma camada híbrida mais fina e com menos *tags* de resina. A aplicação do laser de Er:YAG na superfície dentinária, previamente aos procedimentos adesivos, não permitiu a formação da camada híbrida, havendo somente formação de *tags* de resina.

Palavras-chave: sistemas adesivos, laser, camada híbrida, morfologia interfacial, dentina

## ABSTRACT

This study analyzed microscopically the interface adhesive-dentin when Nd:YAG laser and Er:YAG laser were applied on dentin surface. Twelve third human molars, extracted due to therapeutic recommendation, had their roots included in self-cured acrylic resin. Occlusal enamel was removed using a diamond saw and the dentin surface was exposed, followed by surface regularization with 400 and 600 grit silicon carbide sandpaper under water cooling. Teeth were randomly divided in six groups with two tooth each: Group 1 – adhesive system Adper Single Bond 2; Group 2 – adhesive system Clearfil SE Bond; Group 3 – Nd:YAG laser application (60mJ, 15Hz, 0.9W) and adhesive system Adper Single Bond 2; Group 4 – Nd:YAG laser application (60mJ, 15Hz, 0.9W) and adhesive system Clearfil SE Bond; Group 5 – Er:YAG application (200mJ, 4Hz, 0.8W) and adhesive system Adper Single Bond 2; Group 6 – Er:YAG application (200mJ, 4Hz, 0.8W) and adhesive system Clearfil SE Bond. Z250 composite resin blocks with 4 mm height were built upon the adhesive system. Tooth/resin sets were cut in a parallel way along the tooth axis in mesio-distal direction, on the center of their crowns, with a diamond saw resulting four sample for each group. Surfaces were polished with 400, 600, 1000 and 1200 grit silicon carbide sandpaper, followed by 6, 3, 1 e  $\frac{1}{4}$   $\mu\text{m}$  grit diamond pastes. Samples were demineralized, deproteinized, dried, metalized and evaluated in a scanning electron microscope with a 3000 X magnification. Adper Single Bond 2 formed a thicker hybrid layer, with resin tags longer than Clearfil SE Bond. Nd:YAG laser application on the dentin surface, previously to the adhesive procedures, formed thinner hybrid layer with less resin tags. Er:YAG laser application on the dentin surface, previously to the adhesive procedures, did not allow the formation of a hybrid layer but formed resin tags.

Key words: adhesive system, laser, hybrid layer, interfacial morphology, dentin



## INTRODUÇÃO

A interface entre sistema adesivo e estrutura dentária, especialmente a dentina, continua sendo o principal foco que implica na longevidade das restaurações (PERDIGÃO *et al.*, 2000). Desde que Nakabayashi *et al.*, 1982, descreveram a formação da camada híbrida, esta tem sido enfocada como a principal forma de união do sistema adesivo à dentina.

A união micromecânica ao esmalte através da técnica do condicionamento ácido estabelecida por Buonocore, em 1955, tem se mostrado eficaz; entretanto, a união à dentina continua sendo o ponto crítico, resultando no desenvolvimento de diferentes agentes de união (SWIFT; PERDIGÃO; HEYMANN, 1995).

Paralelo a evolução dos sistemas adesivos, novas tecnologias têm sido desenvolvidas, como a utilização da irradiação a laser. Dentre os diversos tipos de lasers, o de Nd:YAG, com comprimento de onda de 1064 nm, foi o segundo laser a ser desenvolvido, apenas um ano após a descoberta do laser de rubi. O laser de Nd:YAG passou a substituir o laser de rubi na aplicação aos tecidos duros, inicialmente sendo utilizado para a remoção de tecido cariado (YAMADA; WATARI, 2003; LEVY; KOUBE; MISERENDINO, 1998) e, atualmente, no tratamento da hipersensibilidade dentinária, na prevenção de cárie dental, na desinfecção de canais radiculares e procedimentos em tecidos moles (WHITE; GOODIS; ROSE, 1991; MISERENDINO; LEVY; RIZOIU, 1995; LAN, 1999).

O laser de Er:YAG, com comprimento de onda de 2940 nm, tem sido proposto para as aplicações dentais. Este laser é altamente absorvido pela

água (comprimento de onda de 3000 nm) e pela hidroxiapatita do substrato dental (comprimento de onda de 2900 nm), sendo utilizado na confecção de preparos cavitários (DEDERICH; ZAKARIASEN; YULIP, 1984). Este método tem sido aceito pelos pacientes por ser mais confortável que o uso de instrumentos rotatórios para preparos cavitários e menos doloroso, reduzindo a necessidade de anestesia (KELLER *et al.*, 1998) e sem causar efeitos deletérios para o tecido pulpar (TANABE *et al.*, 2002).

Em relação aos tecidos duros dentais, as modificações causadas pelo laser têm impacto direto nas propriedades destes tecidos, como permeabilidade, microdureza e resistência ao ataque ácido (FRANKE *et al.*, 2006). Alterações morfológicas e químicas causadas pela aplicação do laser às estruturas dentais têm sido amplamente pesquisadas, sendo importante analisar a formação da camada híbrida por se tratar de um fator decisivo na durabilidade dos trabalhos restauradores que empregam a técnica adesiva (PERDIGÃO; LOPES, 1999; NAKABAYASHI; PASHLEY, 2000).

O presente estudo teve o objetivo de analisar microscopicamente a interface dentina/adesivo quando o laser de Nd:YAG e de Er:YAG foram aplicados na superfície dentinária.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para o presente estudo foram utilizados 12 terceiros molares humanos hígidos inclusos, extraídos por razões terapêuticas, e obtidos no Banco de Dentes da Faculdade de Odontologia da PUCRS. Os dentes foram limpos com curetas periodontais, desinfetados com cloramina a 0,5% por 24 horas, e então armazenados em água destilada a 4°C por um período de, no máximo, 6 meses, sendo a água trocada semanalmente.

Durante o tempo de armazenamento, os dentes foram incluídos em resina acrílica quimicamente ativada Jet (Clássico, São Paulo, São Paulo, Brasil) com auxílio de uma matriz cilíndrica de tal forma que a coroa do dente ficasse exposta e a superfície oclusal paralela à base da resina acrílica. A superfície oclusal de esmalte foi removida com disco diamantado dupla face nº 12205 (Extec Corp., Londres, Inglaterra) montado em uma máquina de corte (Labcut 1010 – Extec, Londres, Inglaterra), sob refrigeração à água, expondo uma superfície plana em dentina. Após, as áreas de dentina foram regularizadas em uma politriz (Panambra, São Paulo, São Paulo, Brasil) com lixas de carbetto de silício de granulação 600.

Os dentes foram divididos aleatoriamente em 6 grupos:

Grupo 1 - Sistema adesivo Adper Single Bond 2 (3M/ESPE, Saint Paul, Minnessota, Estados Unidos da América): foi realizado o condicionamento da superfície dentinária com ácido fosfórico 37% por 15 segundos, seguido de lavagem com *spray* de água por 30 segundos e remoção do excesso de água com algodão esterilizado. Foram aplicadas duas camadas consecutivas do adesivo, seguidas de leve jato de ar por 5 segundos e fotoativação por 20

segundos com o aparelho XL 3000 (3M/ESPE, Saint Louis, Minnessota, Estados Unidos da América).

Grupo 2 – Sistema adesivo Clearfil SE Bond (Heraeus-Kulzer, Kurashiki, Okayama, Japão): uma camada do *primer* foi aplicada sobre a dentina por 20 segundos, seguida de leve jato de ar por 5 segundos. Em seguida o adesivo foi aplicado e fotoativado por 20 segundos.

Grupo 3 – Laser de Nd:YAG e sistema adesivo Adper Single Bond 2: foi aplicada uma camada de nanquim (Trident, Itapuí, São Paulo, Brasil) sobre toda a superfície da dentina com a finalidade de permitir uma melhor absorção do laser nessa superfície. O laser de Nd:YAG, com um comprimento de onda de 1064 nm, modelo Pulsemaster 1000 (American Dental Technologies, Corpus Christi, Texas, Estados Unidos da América), foi aplicado nos parâmetros de 60 mJ, 15 Hz, 0,9 W, 47,70 J/cm<sup>2</sup>, duração do pulso 100 µs. Foi estipulado tempo de 2 minutos para fazer a aplicação do laser por toda a superfície dentinária. A fibra óptica de 400 µm de diâmetro foi utilizada em uma posição padronizada, perpendicular à superfície dentinária, a uma distância aproximada de 1 mm da superfície. Após a aplicação do laser, o restante de nanquim foi removido com o auxílio de um *microbrush* em água corrente. Em seguida foi aplicado o sistema adesivo Adper Single Bond 2 como descrito para o grupo 1.

Grupo 4 – Laser de Nd:YAG e sistema adesivo Clearfil SE Bond: aplicação do laser conforme descrito para o grupo 3 e aplicação do sistema adesivo Clearfil SE Bond conforme descrito para o grupo 2.

Grupo 5 – Laser de Er:YAG e sistema adesivo Adper Single Bond 2: o laser de Er:YAG, com um comprimento de onda de 2940 nm, modelo KaVo KEY Laser (KaVo, Biberach, Alemanha), foi aplicado nos parâmetros de 200 mJ,

4Hz, 0,8W, com a ponteira 2051 em uma posição padronizada, perpendicular à superfície dentinária, no modo focado, a uma distância de aproximadamente 2,5 cm da superfície e irrigação com 5 ml/min de água. Em seguida, foi aplicado o sistema adesivo como descrito para o grupo 1.

Grupo 6 – Laser de Er:YAG e sistema adesivo Clearfil SE Bond: o laser de Er:YAG foi aplicado como descrito para o grupo 5, seguido do sistema adesivo como descrito para o grupo 2.

Sobre os sistemas adesivos foi construído um bloco de resina composta Z250 (3M/ESPE, Saint Paul, Minnessota, Estados Unidos da América) com, aproximadamente, 4 mm de altura. Esse bloco foi confeccionado em dois incrementos de aproximadamente 2 mm cada, sendo cada incremento fotoativado por 20 segundos. A intensidade de luz do aparelho fotopolimerizador foi monitorada com radiômetro (modelo 100, Demetron Inc, Saint Louis, Minnessota, Estados Unidos da América), permanecendo a intensidade no intervalo de 450 a 500 mW/cm<sup>2</sup>.

Os conjuntos dente/bloco de resina composta foram armazenados em água destilada por 24 horas a 37°C em estufa de cultura FANEM Modelo 002 CB (Fanem Ltda, São Paulo, São Paulo, Brasil). Passado esse período, o conjunto foi seccionado no sentido méso-distal, no centro de suas coroas, com um disco de diamante de dupla face na cortadora de precisão Labcut 1010 (Extec, Londres, Inglaterra) com refrigeração a água.

Em seguida, as interfaces dente/material adesivo foram polidas com lixas de carbetto de silício, umedecidas com água, de abrasividade decrescente (400, 600, 1000, 1200), por meio de pressão manual e movimentos rotatórios. Após, as interfaces foram polidas com pastas de diamante com granulações de

6 $\mu$ m, 3 $\mu$ m, 1 $\mu$ m e 1/4 $\mu$ m sobre um disco de feltro, também com pressão manual. Logo após, todos os cortes foram limpos em água destilada no ultrassom por 10 minutos, a fim de remover os resíduos provenientes do polimento.

Os espécimes foram então imersos em uma solução de ácido clorídrico (HCl) 6M por 2 minutos e, em seguida, lavados abundantemente com água destilada. Logo após, eles foram desproteinizados em uma solução de hipoclorito de sódio (NaOCl) a 1% por 10 minutos e lavados em água destilada novamente.

Os espécimes foram colocados sobre papel filtro dentro de um recipiente fechado com sílica gel e deixados secar por 15 dias em um exaustor. Foram então montados em cilindros de alumínio e recobertos com ouro (Bal-Tec, Balzers, Liechtenstein) para a observação no microscópio eletrônico de varredura Philips XL 30 (Philips Electronic Instruments Inc., Mahwah, New Jersey, Estados Unidos da América). A interface dentina/adesivo de todos os espécimes foi observada em aumento de 3000 vezes. Imagens representativas de cada grupo foram gravadas e utilizadas para descrever qualitativamente a topografia da interface dentina/adesivo.

## RESULTADOS

O sistema adesivo Adper Single Bond 2 promoveu a formação de uma camada híbrida regular e uniforme. Houve infiltração do adesivo para dentro dos túbulos dentinários, formando vários *tags* de resina com formato triangular, assim como infiltração de adesivo nas ramificações secundárias dos túbulos (Figura 1).

A aplicação do sistema adesivo Clearfil SE Bond promoveu a formação de uma camada híbrida mais fina em comparação ao Adper Single Bond 2. Houve formação de *tags* de resina mais curtos e em menor quantidade, com formato triangular, sem ramificações secundárias (Figura 2).

No grupo em que o sistema adesivo Adper Single Bond 2 foi aplicado sobre a dentina irradiada com laser de Nd:YAG, ocorreu a formação de uma camada híbrida mais fina quando comparado ao grupo sem aplicação do laser. Houve infiltração de adesivo nos túbulos dentinários abertos, porém em menor quantidade e mais curtos (Figura 3).

No grupo em que o sistema adesivo Clearfil Se Bond foi aplicado sobre a dentina irradiada com laser de Nd:YAG, ocorreu a formação de uma camada híbrida mais fina quando comparado com o grupo sem aplicação de laser, assim como a presença de *tags* de resina em menor quantidade e mais curtos (Figura 4).

Quando o sistema adesivo Adper Single Bond 2 foi associado à irradiação com laser de Er:YAG, não ocorreu a formação de uma camada híbrida, havendo ausência da típica zona de interdifusão ao longo da interface

adesiva. Presença de *tags* de resina em grande quantidade, sem o formato triangular, e presença de ramificações secundárias (Figura 5).

Para o sistema adesivo Clearfil SE Bond, aplicado sobre a dentina irradiada com laser de Er:YAG, também não houve a formação típica da camada híbrida. Ocorreu a presença de *tags* de resina e presença de ramificações secundárias (Figura 6).

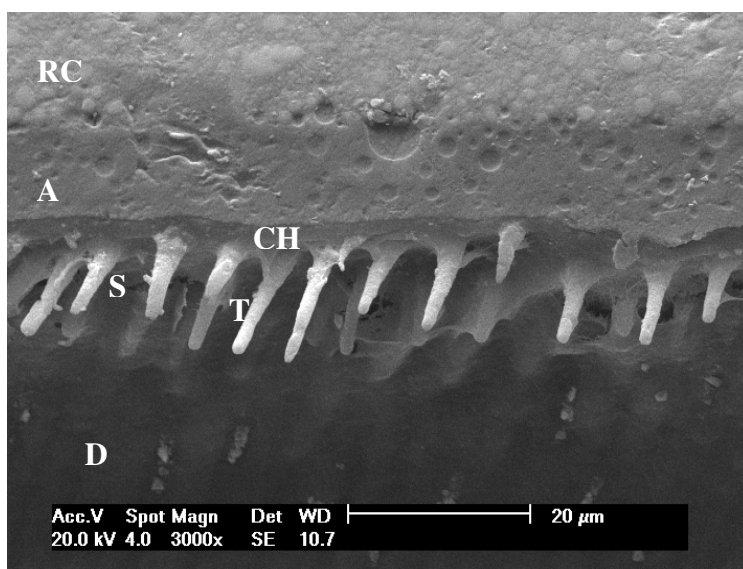


Figura 1- Fotomicrografia em MEV da interface entre sistema adesivo Adper Single Bond 2 e dentina. **RC**: resina composta, **A**: adesivo, **CH**: camada híbrida, **T**: *tags* de resina, **S**: ramificações secundárias, **D**: dentina.



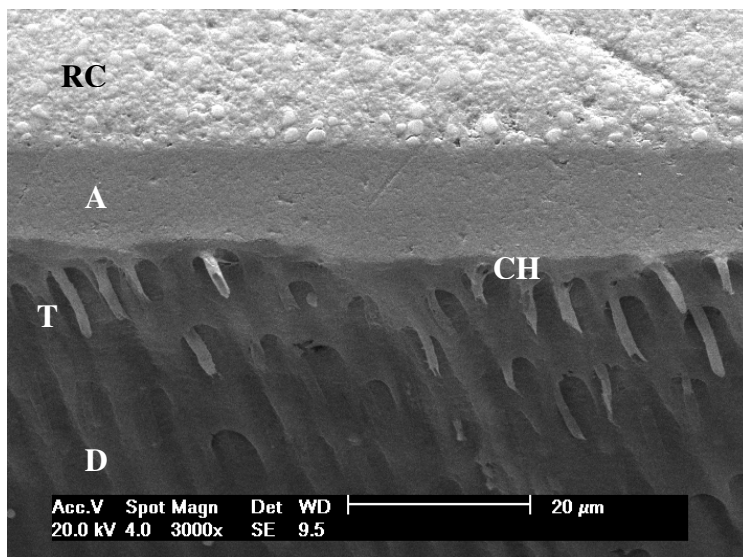


Figura 2- Fotomicrografia em MEV da interface entre sistema adesivo Clearfil SE Bond e dentina. **RC**: resina composta, **A**: adesivo, **CH**: camada híbrida, **T**: tags de resina, **D**: dentina.

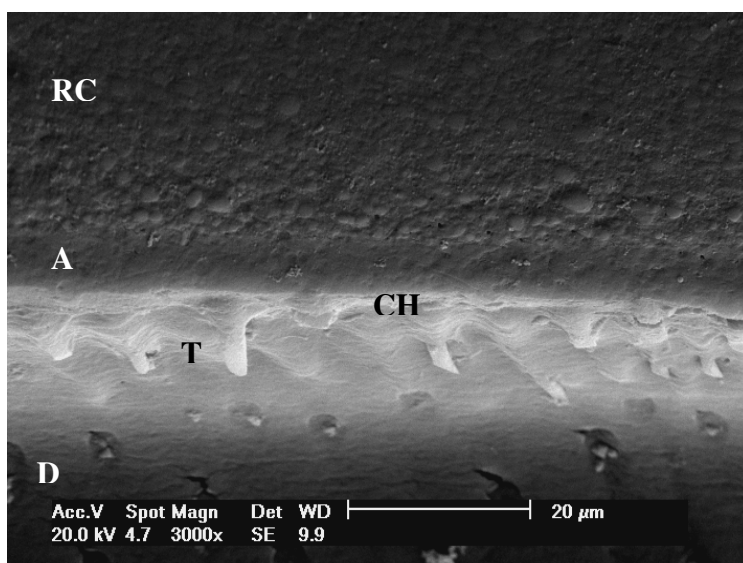


Figura 3- Fotomicrografia em MEV da interface entre sistema adesivo Adper Single Bond 2 e dentina irradiada com laser de Nd:YAG. **RC**: resina composta, **A**: adesivo, **CH**: camada híbrida, **T**: tags de resina, **D**: dentina.

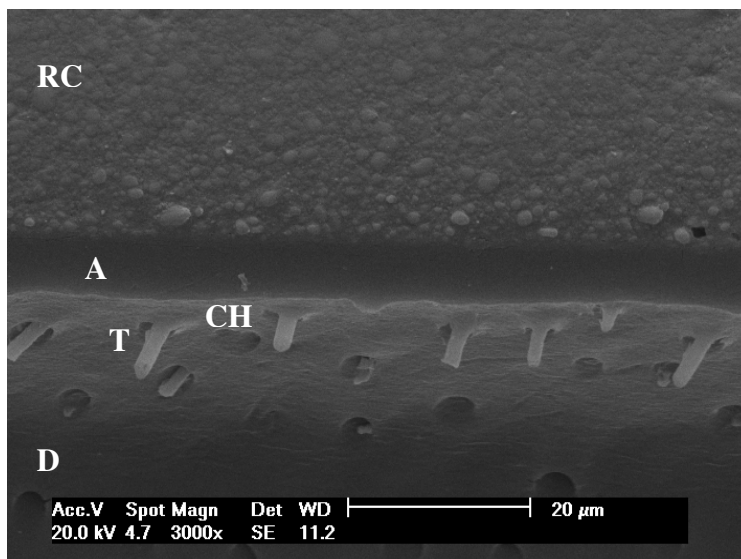


Figura 4- Fotomicrografia em MEV da interface entre sistema adesivo Clearfil SE Bond e dentina irradiada com laser de Nd:YAG. **RC**: resina composta, **A**: adesivo, **CH**: camada híbrida, **T**: *tags* de resina, **D**: dentina.

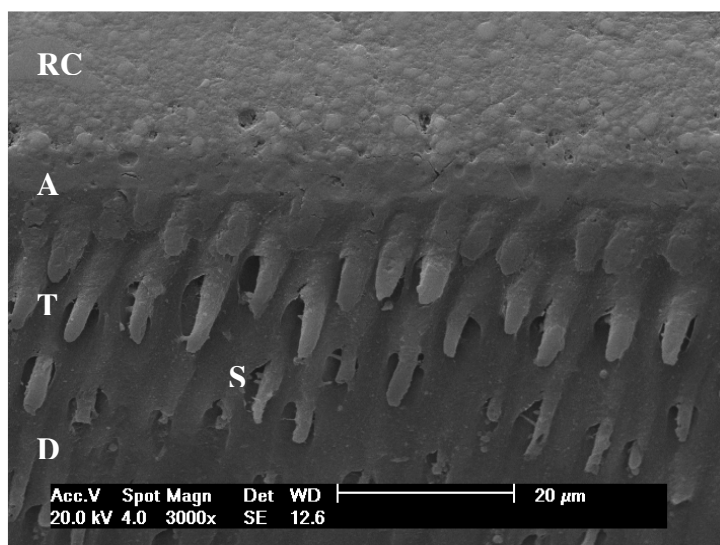


Figura 5- Fotomicrografia em MEV da interface entre sistema adesivo Adper Single Bond 2 e dentina irradiada com laser de Er:YAG. **RC**: resina composta, **A**: adesivo, **T**: *tags* de resina, **S**: ramificações secundárias, **D**: dentina.

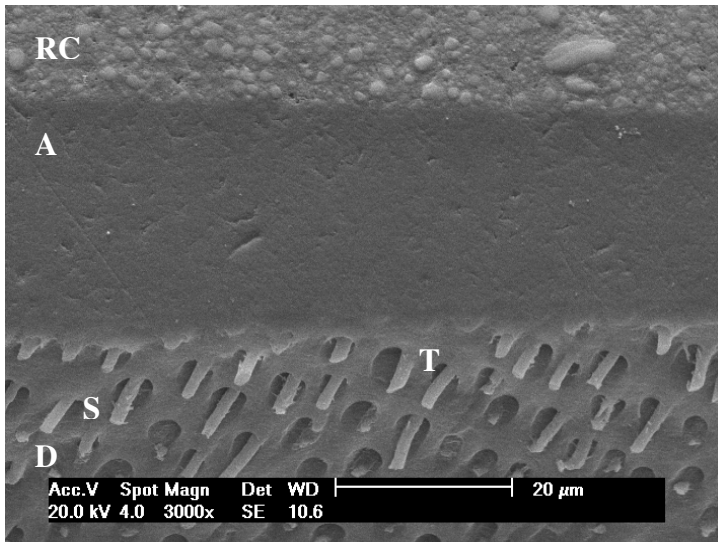


Figura 6- Fotomicrografia em MEV da interface entre sistema adesivo Clearfil SE Bond e dentina irradiada com laser de Er:YAG. **RC**: resina composta, **A**: adesivo, **T**: tags de resina, **S**: ramificações secundárias, **D**: dentina.

## DISCUSSÃO

Neste estudo foram utilizados dois sistemas adesivos distintos para avaliar morfologicamente a formação da camada híbrida: o Adper Single Bond 2, que utiliza a técnica do condicionamento com ácido fosfórico 37% como etapa inicial, seguido da aplicação do *primer* e adesivo simultaneamente; e o Clearfil SE Bond, que apresenta um *primer* autocondicionante, seguido da aplicação de um adesivo. Estes materiais foram aplicados em dentina humana irradiada e não irradiada com os lasers de Nd:YAG e de Er:YAG.

Para o Adper Single Bond 2, sobre a dentina não irradiada, houve a formação de uma camada híbrida contínua e homogênea, com formação de *tags* de resina principais e secundários. Este achado se dá pelo fato deste sistema adesivo utilizar o condicionamento da dentina com ácido fosfórico 37%, o que resultou na remoção total da *smear layer*, *smear plugs* e a abertura dos túbulos dentinários, além da desmineralização da dentina peritubular e intertubular (ELIADES; PALAGHIAS; VOUGIOUKLAKIS, 1997; ARAÚJO *et al.*, 1998). Desta forma, os monômeros hidrofílicos e hidrofóbicos contidos no frasco único do Adper Single Bond 2 penetraram na dentina desmineralizada, formando a camada híbrida e *tags* de resina com formato triangular (HILTON, 2002; PERDIGÃO; LOPES, 1999).

Estudos como os de Perdigão e Lopes (1999) e Tay *et al.* (2000) relataram que a técnica do condicionamento com ácido fosfórico 37% pode ser desvantajosa, pelo fato de causar o aumento da permeabilidade, que pode levar a uma maior irritabilidade pulpar. Além disso, os monômeros resinosos podem não penetrar na dentina na mesma profundidade que esta foi desmineralizada, deixando fibras colágenas expostas e sujeitas à degradação,

sendo este considerado o ponto fraco da união adesivo-dentina (PASHLEY *et al.*, 2004).

Para o sistema adesivo Clearfil SE Bond observou-se a formação de uma camada híbrida menos espessa e com *tags* de resina mais curtos em comparação ao Adper Single Bond 2. Isto ocorreu pelo fato do Clearfil SE Bond utilizar um *primer* autocondicionante que contém o monômero ácido MDP, que causa a dissolução parcial da *smear layer*, *smear plugs* e descalcificação mais superficial da dentina. Paralelo ao procedimento de desmineralização, ocorre a infiltração dos monômeros neste tecido desmineralizado, sendo observada a formação de uma camada híbrida contendo a *smear layer* original (BARKMEIER; LOS; TRIOLO, 1995; TAY; PASHLEY, 2001). Yoshiyama *et al.* (1998), Itou *et al.* (2001) também observaram uma fina camada híbrida para os sistemas adesivos com *primers* autocondicionantes, sendo em torno de 1  $\mu\text{m}$  para os sistemas adesivos Clearfil Liner Bond 2V (Kuraray) e Fluoro Bond (Shofu). No entanto, Tay e Pashley (2001) enfatizaram que os sistemas adesivos autocondicionantes atuais podem ser classificados em leves, moderados ou agressivos, baseado na sua capacidade de solubilizar a *smear layer* e desmineralizar a superfície dentinária. Portanto, dependendo da composição química de cada material, mais especificamente do tipo de monômero ácido e da porcentagem destes, alguns *primers* autocondicionantes podem solubilizar completamente a *smear layer* e os *smear plugs*, formando uma camada híbrida com espessura entre 2,5 a 5  $\mu\text{m}$ , espessura esta aproximada àquela obtida pelo condicionamento da dentina com ácido fosfórico.

A formação da camada híbrida depende da capacidade dos monômeros resinosos impregnarem a região desmineralizada. O fato do Adper Single Bond 2 formar uma camada híbrida mais espessa do que o Clearfil SE Bond não significa que seja melhor clinicamente, pois mesmo uma camada híbrida pouco espessa, e com *tags* de resina curtos, é suficiente para promover uma forte resistência de união entre adesivo e dentina (KENSHIMA *et al.*, 2005). Além disso, no caso do *primer* autocondicionante, a profundidade de desmineralização é a profundidade de infiltração dos monômeros resinosos, evitando fibras colágenas não envoltas por monômeros e, desta forma, degradação hidrolítica das mesmas (DUARTE; PERDIGÃO; LOPES, 2006; TAKAHASHI *et al.*, 2002; INOUE *et al.*, 2001).

Com a aplicação do laser de Nd:YAG na superfície dentinária, previamente aos procedimentos adesivos, ocorreu a formação de uma camada híbrida mais fina e com *tags* de resina mais curtos e em menor quantidade para ambos os sistemas adesivos. Estes achados devem-se ao fato do laser de Nd:YAG causar alterações morfológicas na superfície dentinária.

O laser causa um derretimento superficial, seguido de recristalização, dando uma aparência vitrificada à dentina, formando uma superfície irregular que lembra a forma de crateras (CERNAVIN, 1995; KINNEY *et al.*, 1996). Também verificaram que a região entre as áreas com este aspecto mostrou uma dentina normal com alguns túbulos dentinários abertos e outros túbulos selados. A vitrificação, ou seja, a recristalização da apatita dentinária e a formação de fases adicionais de fosfato de cálcio, aumenta a resistência dos tecidos duros à desmineralização ácida, reduzindo assim a permeabilidade dentinária (ROHANIZADEH *et al.*, 1999; KWON *et al.*, 2003). Possivelmente,

tanto o ácido fosfórico a 37%, como o monômero ácido MDP, não tiveram a mesma capacidade de desmineralizar a dentina irradiada com o laser em comparação aos grupos em que o mesmo não foi aplicado. Além disto, pelo fato de alguns túbulos estarem selados, houve menor formação de *tags* de resina. Frank *et al.* (2006) também verificaram uma menor infiltração dos adesivos sobre a dentina irradiada com o laser de Nd:YAG.

Quando o laser de Er:YAG foi aplicado previamente aos procedimentos adesivos, não houve a formação de uma camada híbrida, mas a presença de *tags* de resina, concordando com os estudos de Schein *et al.* (2003) e Ramos *et al.* (2004). Provavelmente em função do laser tornar a dentina mais ácido resistente (ROHANIZADEH *et al.*, 1999; KWON *et al.*, 2003), o ácido fosfórico e o MDP também não produziram modificações morfológicas significativas na superfície dentinária, ou seja, desmineralização para impregnação dos adesivos. No entanto, o laser de Er:YAG proporciona uma superfície dentinária sem *smear layer* e sem *smear plugs*, ficando os túbulos dentinários abertos (LEE *et al.*, 2004; HARASHIMA *et al.*, 2005). Pelo fato dos túbulos estarem abertos, observou-se a presença de grande quantidade de *tags* de resina. Estes *tags* de resina não tiveram o formato triangular característico como nos grupos em que o laser não foi aplicado, evidenciando que tanto a dentina intertubular como peritubular tornaram-se mais ácido resistentes.

Portanto, os lasers de Nd:YAG e de Er:YAG causam alterações na interface adesivo-dentina, sendo importante estudos *in vitro* avaliando a longevidade desta união, assim como estudos clínicos para determinar o efeito dessas modificações estruturais na durabilidade dos procedimentos restauradores.

## CONCLUSÕES

De acordo com a metodologia empregada, foi possível obter as seguintes conclusões:

- O sistema adesivo Adper Single Bond 2 formou uma camada híbrida mais espessa e com *tags* de resina mais longos em comparação ao sistema adesivo Clearfil SE Bond;
- A aplicação do laser de Nd:YAG na superfície dentinária, previamente aos procedimentos adesivos, causou a formação de uma camada híbrida mais fina e com menos *tags* de resina;
- A aplicação do laser de Er:YAG na superfície dentinária, previamente aos procedimentos adesivos, não permitiu a formação da camada híbrida, havendo formação de *tags* de resina.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, M.A.J. *et al.* Avaliação qualitativa do efeito de agentes de limpeza na camada de lama dentinária: Estudo ultra-estrutural em microscopia eletrônica de varredura. **Revista Odontológica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 99-104, Apr./June, 1998.

BARKMEIER, W.W.; LOS, S.A.; TRIOLO, P.T.Jr. **American Journal of Dentistry**, San Antonio, v. 8, n. 6, p. 289-293, Dec., 1995.

BUONOCORE, M.G. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. **Journal of Dental Research**, Washington, v. 34, n. 6, p. 849-853, Dec., 1955.

CERNAVIN I. A comparison of the effects of Nd:YAG and Ho:YAG laser irradiation on dentin and enamel. **Australian Dental Journal**, St. Leonards, v. 40, n. 2, p. 79-84, Apr., 1995.

DEDERICH, D.N.; ZAKARIASEN, K.L.; TULIP, J. Scanning electron microscopy analysis of canal wall dentin following Nd:YAG laser irradiation. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 10, n. 9, p. 428-431, Sept., 1984.

DUARTE, S.J.; PERDIGÃO, J.; LOPES, M.M. Effect of dentin conditioning time on nanoleakage. **Operative Dentistry**, Indianapolis, v. 31, n. 4, p. 500-511, July/Aug., 2006.

ELIADES, G.; PALAGHIAS, G.; VOUGIOUKLAKIS, G. Effect of acidic conditioners on dentin morphology, molecular composition and collagen conformation *in situ*. **Dental Materials**, Washington, v. 13, n. 1, p. 24-33, Jan., 1997.

FRANKE, M. *et al.* Influence of Nd:YAG laser irradiation on an adhesive restorative procedure. **Operative Dentistry**, Indianapolis, v. 31, n. 5, p. 604-609, Sept./Oct., 2006.

HARASHIMA, T. *et al.* Morphological comparative study on ablation of dental hard tissues at cavity preparation by Er:YAG and Er, Cr:YSGG lasers. **Photomedicine and Laser Surgery**, New York, v. 23, n. 1, p. 52-55, Feb., 2005.

HILTON, T.J. Can modern restorative procedures and materials reliably seal cavities? *In vitro* investigations. Part 2. **American Journal of Dentistry**, San Antonio, v. 15, n. 4, p. 279-289, Aug., 2002.

INOUE, S. *et al.* Microtensile bond strength of eleven contemporary adhesives to dentin. **Journal of Adhesive Dentistry**, New Malden, v. 3, n. 3, p. 237-245, 2001.

ITOU, K. *et al.* Effect of priming time on tensile bond strength to bovine teeth and morphologic structure of interfaces created by self-etching primers. **International Journal of Prosthodontic**, Lombard, v. 14, n. 3, p. 225-230, May/June, 2001.

KELLER, U. *et al.* Erbium:YAG laser application in caries therapy. Evaluation of patient perception and acceptance. **Journal of Dentistry**, Guildford, v. 26, n. 8, p. 649-656, Nov., 1998.

KENSHIMA, S. *et al.* Effect of smear layer thickness and pH of self-etching adhesive systems on the bond strength and gap formation to dentin. **Journal of Adhesive Dentistry**, New Malden, v. 7, n. 2, p. 117-126, Summer. 2005.

KINNEY, J.H. *et al.* The threshold effects of Nd and Ho:YAG laser- induced surface modification on demineralization of dentin surfaces. **Journal of Dental Research**, Washington, v. 75, n. 6, p. 1388-1395, June, 1996.

KWON, Y.H. *et al.* Nd:YAG laser ablation and acid resistance of enamel. **Dental Materials Journal**, Washington, v. 22, n. 3, p. 404-411, Sept., 2003.

LAN, W.H. Temperature elevation on the root surface during Nd:YAG laser irradiation in the root canal. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 25, n. 3, p. 155-156, Mar., 1999.

LEE, B.S. *et al.* Structural changes of Er:YAG laser-irradiated human dentin. **Photomedicine and Laser Surgery**, New York, v. 22, n. 4, p. 330-334, Aug., 2004.

LEVY, G.; KOUBI, G.F.; MISERENDINO, L.J. Cutting efficiency of a mid-infrared laser on human enamel. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 24, n. 2, p. 97-101, Feb., 1998.

MISERENDINO, L.J.; LEVY, G.C.; RIZOIU, L.M. Effects of Nd:YAG laser on the permeability of root canal wall dentin. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 21, n. 2, p. 83-87, Feb., 1995.

NAKABAYASHI, N.; KOJIMA, K.; MASUHARA, E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrate. **Journal of Biomedical Materials Research**, New York, v. 16, n. 3, p. 265- 273, May, 1982.

NAKABAYASHI, N.; PASHLEY, D.H. Hybridization of dental hard tissues. **Quintessence**, 129p, 2000.

PASHLEY, D.H. *et al.* Collagen degradation by host-derived enzymes during aging. **Journal of Dental Research**, Washington, v. 83, n. 3, p. 216-221, Mar., 2004.

PERDIGÃO, J.; LOPES, M. Dentin bonding- state of the art. **Compendium of Continued Education in Dentistry**, v. 20, n. 12, p. 1151-1163, Dec., 1999.

PERDIGÃO, J. *et al.* The effect of depth of dentin demineralization on bond strengths and morphology of the hybrid layer. **Operative Dentistry**, Indianapolis, v. 25, n. 3, p. 186-194, May/June., 2000.

SWIFT, E.Jr.; PERDIGÃO, J.; HEYMANN, H.O. Bonding to enamel and dentin: a brief history and state of the art. **Quintessence International**, Berlin, v. 26, n. 2, p. 95-110, Feb., 1995.

RAMOS, R.P. *et al.* Bonding of self-etching and total-etch systems to Er:YAG laser-irradiated dentin. Tensile bond strength an scanning electron microscopy. **Brazilian Dental Journal**, São Paulo, v. 15, p. 9-20, 2004.

ROHANIZADEH, R. *et al.* Ultrastructural properties of laser- irradiated and heat-treated dentin. **Journal of Dental Research**, Washington, v. 78, n. 12, p. 1829-1835, Dec., 1999.

SCHEIN, M.T. *et al.* SEM evaluation of the interaction pattern between dentin and resin after cavity preparation using Er:YAG laser. **Journal of Dentistry**, Guildford, v. 31, n. 2, p. 127-135, Feb., 2003.

TAKAHASHI, A. *et al.* Effects of mechanical properties of adhesive resins on bond strength to dentin. **Dental Materials**, Washington, v. 18, n. 3, p. 263-268, May, 2002.

TANABE, K. *et al.* Immunohistochemical study on pulpal response in rat molars after cavity preparation by Er:YAG laser. **European Journal of Oral Science**, Copenhagen, v. 110, n. 3, p. 237-245, June, 2002.

TAY, F.R. *et al.* Effect of smear layers on the bonding of a self-etching primer to dentin. **Journal of Adhesive Dentistry**, New Malden, v. 2, n. 2, p. 99-116, Summer, 2000.

TAY, F.R.; PASHLEY, D.H. Aggressiveness of contemporary self-etching systems.I. Depth of penetration beyond dentin smear layers. **Dental Materials**, Washington, v. 17, n. 4, p. 296-308, Sept. 2001.

YAMADA, M.K.; WATARI, F. Imaging and non- contact profile analysis of Nd: YAG laser- irradiated teeth by scanning electron microscopy and confocal laser scanning microscopy. **Dental Materials Journal**, Washington, v. 22, n. 4, p. 556-568, Dec., 2003.

YOSHIYAMA, M. *et al.* Regional bond strength of self-etching/self-priming adhesive systems. **Journal of Dentistry**, Guildford, v. 26, n. 7, p. 609-616, Sept., 1998.

WHITE, J.M.; GOODIS, H.E.; ROSE, C.L. Use of the pulsed Nd:YAG laser for intraoral soft tissue surgery. **Lasers in Surgery and Medicine**, New York, v. 11, n. 5, p. 455-461, 1991.

## DISCUSSÃO GERAL

Para avaliar a resistência de união à dentina, foram utilizados os sistemas adesivos Adper Single Bond 2, que utiliza a técnica do condicionamento com ácido fosfórico 37%, e o Clearfil SE Bond, que é autocondicionante, e o cimento resinoso auto-adesivo Rely X Unicem, que não necessita de procedimentos adesivos prévio à sua aplicação. Estes materiais foram aplicados em dentina humana irradiada e não irradiada com o laser de Nd:YAG.

Na análise microscópica da formação da camada híbrida, os mesmos sistemas adesivos foram utilizados, porém, foram aplicados em dentina humana irradiada e não irradiada com os lasers de Nd:YAG e de Er:YAG.

A maior resistência de união foi obtida para o Clearfil SE Bond (41,75 MPa), sendo estatisticamente superior ao Adper Single Bond 2 (32,15 MPa). De acordo com a análise da interface de união, o Clearfil SE Bond promoveu uma camada híbrida menos espessa que o Adper Single Bond 2, corroborando com estudos prévios de que a espessura da camada híbrida não tem influência nos valores de resistência de união, sendo importante a qualidade desta camada híbrida (PERDIGÃO; LOPES, 1999).

O Adper Single Bond 2 promoveu a formação de uma camada híbrida regular e uniforme, com infiltração do adesivo para dentro dos túbulos dentinários, formando vários *tags* de resina e infiltração nas ramificações secundárias. Foi possível obter este padrão de camada híbrida pelo fato deste sistema adesivo utilizar o condicionamento prévio com ácido fosfórico 37% que causa a remoção total da *smear layer*, *smear plugs* e abertura dos túbulos

dentinários (ARAÚJO *et al.*, 1998), permitindo que os monômeros resinosos infiltrem na superfície desmineralizada (HILTON , 2002).

A camada híbrida formada com a aplicação do sistema adesivo autocondicionante Clearfil SE Bond mostrou-se menos espessa e com *tags* de resina mais curtos em comparação com o Adper Single Bond 2. Isto ocorreu devido ao sistema autocondicionante utilizar um monômero ácido que causa dissolução parcial da *smear layer* e *smear plugs* e, simultaneamente ao processo de desmineralização, ocorre a impregnação dos monômeros resinosos, formando uma camada híbrida com incorporação da *smear layer*, impedindo que haja uma incompleta infiltração da resina no interior das fibras colágenas desmineralizadas (NAKABAYASHI; SAIMI, 1996; DUARTE; PERDIGÃO; LOPES, 2006; KENSHIMA *et al.*, 2005).

Alguns monômeros funcionais específicos presentes nos sistemas adesivos autocondicionantes, como o 10-MDP do Clearfil SE Bond , promovem uma união química ao tecido dentário (YOSHIDA *et al.*, 2004). Estes monômeros desmineralizam parcialmente a dentina deixando hidroxiapatita disponível para a interação química com este monômero (DUARTE; PERDIGÃO; LOPES, 2006). Sendo assim, a união micromecânica associada à união química do Clearfil SE Bond podem ter influenciado na resistência de união deste sistema adesivo à dentina quando comparado ao Adper Single Bond 2.

A irradiação com laser de Nd:YAG causa alterações morfológicas significativas na superfície dentinária como fusão e recristalização da estrutura (CERNAVIN, 1995; KINNEY *et al.*, 1996) que provoca oclusão dos túbulos dentinários (TÜRKMEN *et al.*, 2000; LAN *et al.*, 2004) e aumenta a resistência

à dissolução por ácidos (SCHALLER; WEIHING; STRUB, 1997). Desta forma, o condicionamento com ácido fosfórico 37% e o *primer* ácido do sistema autocondicionante não conseguiram desmineralizar a superfície dentinária para criar uma camada híbrida consistente, visto que as imagens de microscopia eletrônica de varredura mostraram uma camada híbrida mais fina, com menor quantidade de *tags* de resina e mais curtos, para ambos os sistemas adesivos, quando comparado aos grupos sem aplicação do laser.

A resistência de união não foi estatisticamente diferente quando aplicado o laser de Nd:YAG para ambos os sistemas adesivos. Acredita-se que a dificuldade de condicionamento da dentina peritubular e intertubular, para abertura dos túbulos dentinários e infiltração dos monômeros resinosos, tenha sido compensada pelas alterações topográficas da dentina como irregularidades, pequenas crateras e fissuras, que proporcionaram uma retenção micromecânica (ARIYARATNAM; WILSON; BLINKHORN, 1999; ROLLA *et al.*, 2006).

As fotomicrografias dos grupos em que houve irradiação prévia com laser de Er:YAG revelou que este laser influenciou no padrão de interação dos sistemas adesivos com a dentina, pois não ocorreu a formação da camada híbrida. A superfície dentinária irradiada com laser de Er:YAG apresentou-se receptiva para a infiltração dos monômeros devido à ausência de *smear layer* e *smear plugs*, boa definição dos túbulos dentinários e preservação da estrutura tubular (LIN *et al.*, 1999; TRAJTENBERG; PEREIRA; POWERS, 2004). Isto proporcionou a infiltração dos monômeros resinosos para dentro dos túbulos dentinários abertos, formando os *tags* de resina, porém, sem a zona de

interdifusão entre os monômeros resinosos com a dentina intertubular (SCHEIN *et al.*, 2003; RAMOS *et al.*, 2004).

A média de resistência de união para o cimento resinoso auto-adesivo Rely X Unicem, com aplicação do laser (7,54 MPa), foi estatisticamente inferior quando o mesmo não foi aplicado (14,50 MPa), apresentando as menores médias de resistência de união em relação aos outros dois materiais adesivos. Provavelmente isto tenha ocorrido pelo fato deste cimento não utilizar nenhum tipo de condicionamento ácido prévio, resultando em uma interação mais superficial com a dentina. Além disso, o cimento auto-adesivo Rely X Unicem apresenta alta viscosidade, o que provavelmente diminui o seu umedecimento sobre a dentina, resultando em maior dificuldade de penetrar na superfície irregular deixada pela irradiação com laser. Outro fator que pode ter levado aos baixos valores de resistência de união do cimento auto-adesivo foi a falta de pressão exercida sobre ele, o que pode ter prejudicado sua adaptação e favorecido a ocorrência de bolhas na interface com a dentina (DE MUNK *et al.*, 2004).

É importante enfatizar que materiais adesivos são originalmente desenvolvidos para serem aplicados em superfície dental preparada por instrumentos rotatórios e técnicas convencionais. Assim, em vista da irradiação com laser estar sendo muito difundida na Odontologia, é relevante continuar investigando o efeito do laser nos procedimentos adesivos, antes de extrapolar os resultados de estudos *in vitro* para a clínica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, M.A.J. *et al.* Avaliação qualitativa do efeito de agentes de limpeza na camada de lama dentinária: Estudo ultra-estrutural em microscopia eletrônica de varredura. **Revista Odontológica da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 12, n. 2, p.99-104, Apr./June, 1998.

ARIYARATNAM, M.T.; WILSON, M.A.; BLINKHORN, A.S. An analysis of surface roughness, surface morphology and composite/dentin bond strength of human dentin following the application of the Nd:YAG laser. **Dental Materials**, Washington, v. 15, n. 4, p. 22-28, July, 1999.

BERGENHOLTZ, G. Evidence for bacterial causation of adverse pulpal responses in resin- based dental restorations. **Critical Reviews in Oral Biology Medicine**, United States, v. 11, n. 4, p. 467-480, 2000.

CERNAVIN I. A comparison of the effects of Nd:YAG and Ho:YAG laser irradiation on dentin and enamel. **Australian Dental Journal**, St. Leonards, v. 40, n. 2, p. 79-84, Apr., 1995.

COLUZZI, D.J. An overview of laser wavelengths used in dentistry. **Dental Clinics of North America**, United States, v. 44, n. 4, p. 753-765, Oct., 2000.

DE MUNK, J. *et al.* Bonding of an auto-adhesive luting material to enamel and dentin. **Dental Materials**, Washington, v. 20, n. 10, p. 963-971, Dec., 2004.

DE MUNK, J. *et al.* A critical review of the durability of adhesion to tooth tissue: methods and results. **Journal of Dental Research**, New York, v. 84, n. 2, p. 118-132, Feb., 2005.

DELIPERI, N.; BARDWELL, D. N.; PAPATHANASIOU, A. Effect of different polymerization methods on composite microleakage. **American Journal of Dentistry**, San Antonio, v. 16, Spec N<sup>o</sup>, p. 73A-76A, Sept., 2003.

DUARTE, S.J.; PERDIGÃO, J.; LOPES, M.M. Effect of dentin conditioning time on nanoleakage. **Operative Dentistry**, Indianapolis, v. 31, n. 4, p. 500-511, July/Aug., 2006.

ERNEST, C. P.; HOLZMEIER, M.; WILLERSHAUSEN, B. *In vitro* shear bond strength of self-etching adhesives in comparison to 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> generation adhesives. **Journal of Adhesive Dentistry**, New Malden, v. 6, n. 4, p. 293-299, Winter, 2004.

HASHIMOTO, M. *et al.* *In vivo* degradation of resin-dentin bonds in human over 1 to 3 years. **Journal of Dental Research**, New York, v. 79, n. 6, p. 1385-1391, June, 2000.



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 in Surgery and Medicine**, New York, v. 9, n. 4, p. 338-344, 1989.

HILTON, T.J. Can modern restorative procedures and materials reliably seal cavities? *In vitro* investigations. Part 2. **American Journal of Dentistry**, San Antonio, v. 15, n. 4, p. 279-289, Aug., 2002.

HOSSAIN, M. *et al.* Ablation depths and morphological changes in human enamel and dentin after Er:YAG laser irradiation with or without water mist. **Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery**, New York, v. 17, n. 3, p. 105-109, June, 1999.

KELLER, U.; HIBST, R. Experimental studies of the application of the Er:YAG laser on dental hard substances. II. Light microscopic and SEM investigations. **Lasers in Surgery and Medicine**, New York, v. 9, n. 4, p. 345-351, 1989.

KELLER, U.; HIBST, R. Effects of Er:YAG laser in caries treatment: A clinical pilot study. **Lasers in Surgery and Medicine**, New York, v. 20, n. 1, p. 32-38, 1997.

KENSHIMA, S. *et al.* Effect of smear layer thickness and pH of self-etching adhesive systems on the bond strength and gap formation to dentin. **Journal of Adhesive Dentistry**, New Malden, v. 7, n. 2, p. 117-126, Summer, 2005.

KINNEY, J.H. *et al.* The threshold effects of Nd and Ho:YAG laser- induced surface modification on demineralization of dentin surfaces. **Journal of Dental Research**, Washington, v. 75, n. 6, p. 1388-1395, June, 1996.

LAN, W. H. *et al.* Morphologic study of Nd:YAG laser usage in treatment of dentinal hypersensitivity. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 30, n. 3, p. 131-134, Mar., 2004.

LIN, S. *et al.* Topographical characteristics and shear bond strength of tooth surfaces cut with a laser-powered hydrokinetic system. **Journal of Prosthetic Dentistry**, Saint Louis, v. 82, n. 4, p. 451-455, Oct., 1999.

NAKABAYASHI, N.; KOJIMA, K.; MASUHARA, E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrate. **Journal of Biomedical Materials Research**, New York, v. 16, n. 3, p. 265- 273, May, 1982.

NAKABAYASHI, N.; SAIMI, Y. Bonding to intact dentin. **Journal of Dental Research**, Washington, v. 75, n. 9, p. 1706-1715, Sept., 1996.

ODA, M.; OLIVEIRA, D.C.; LIBERTI, E.A. Avaliação morfológica da união entre adesivo/resina composta e dentina irradiada com laser de Er:YAG e Nd:YAG: estudo comparativo por microscopia de varredura. **Pesquisa Odontológica Brasileira**, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 283-289, Oct./Dec., 2001.

PERDIGÃO, J.; LOPES, M. Dentin bonding – state of the art. **Compendium of Continued Education in Dentistry**, v. 20, n. 12, p. 1151-1162, 1999.

RAMOS, R.P. *et al.* Bonding of self-etching and total-etch systems to Er:YAG laser-irradiated dentin. Tensile bond strength an scanning electron microscopy. **Brazilian Dental Journal**, São Paulo, v. 15, p. 9-20, 2004.

ROLLA, J.N. *et al.* Nd:YAG laser influence on microtensile bond strength of different adhesive systems to human dentin. **Photomedicine and Laser Surgery**, New York, v. 24, n. 6, p. 730-734, Dec., 2006.

ROULET, J.F. Adhesive Dentistry in the 21<sup>st</sup> Century. **Operative Dentistry**, Indianapolis, v. 25, n. 5, p. 355-366, Sept./Oct., 2000.

SCHALLER, H.G., WEIHING, T., STRUB, J.R. Permeability of dentine after Nd:YAG laser treatment: an *in vitro* study. **Journal of Oral Rehabilitation**, Michigan, v. 24, n. 4, p. 274-281, Apr., 1997.

SCHEIN, M.T. *et al.* SEM evaluation of the interaction pattern between dentin and resin after cavity preparation using Er:YAG laser. **Journal of Dentistry**, Guildford, v. 31, n. 2, p. 127-135, Feb., 2003.

TAY, F.R.; PASHLEY, D.H. Have dentin adhesives become too hydrophilic? **Journal of the Canadian Dental Association**, Ottawa, v. 69, n. 11, p. 726-731, Dec., 2003.

TRAJTENBERG, C.P.; PEREIRA, P. N. R.; POWERS, J. M. Resin Bond strength and micromorphology of human teeth prepared with an Erbium: YAG laser. **American Journal of Dentistry**, San Antonio, v. 17, n. 5, p. 331-336, Oct., 2004.

TÜRKMEN, C. *et al.* Effect of CO<sub>2</sub>, Nd:YAG and ArF Excimer lasers on dentin morphology and pulp chamber temperature: An *in vitro* study. **Journal of Endodontics**, Baltimore, v. 26, n. 11, p. 644-648, Nov., 2000.

YOSHIDA, Y. *et al.* Comparative study on adhesive performance of functional monomers. **Journal of Dental Research**, New York, v. 83, n. 6, p. 454-458, June, 2004.

**ANEXOS**



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Ofício 0652/07-CEP

Porto Alegre, 18 de junho de 2007.

Senhor(a) Pesquisador(a):

O Comitê de Ética em Pesquisa da PUCRS apreciou e aprovou seu protocolo de pesquisa, registro CEP 07/03610, intitulado: **"Aplicação do laser de Nd: YAG sobre a dentina humana: estudo in vitro da morfologia e da resistência de união"**.

Sua investigação está autorizada a partir da presente data.

Relatórios parciais e final da pesquisa devem ser entregues a este CEP.

Atenciosamente,

  
Prof. Dr. José Roberto Goldim  
COORDENADOR DO CEP-PUCRS

Ilmo(a) Sr(a)  
Profa Ana Maria Spohr  
N/Universidade

**PUCRS**

**Campus Central**  
Av. Ipiranga, 6690 - 3º andar - CEP: 90610-000  
Sala 314 - Fone Fax: (51) 3320-3345  
E-mail: [cep@pucrs.br](mailto:cep@pucrs.br)  
[www.pucrs.br/prppg/cep](http://www.pucrs.br/prppg/cep)



Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Ofício 1553/07-CEP

Porto Alegre, 27 de dezembro de 2007.

Senhor(a) Pesquisador(a)

O Comitê de Ética em Pesquisa da PUCRS apreciou e aprovou seu protocolo de pesquisa registro CEP 07/04047, intitulado: **"Efeito do laser de Nd: YAG e de Er: YAG na interface adesivo-dentina humana"**.

Sua investigação está autorizada a partir da presente data.

Relatórios parciais e final da pesquisa devem ser entregues a este CEP.

Atenciosamente,

  
Prof. Dr. José Roberto Goldim  
COORDENADOR DO CEP-PUCRS

Ilmo(a) Sr(a)  
Profa Ana Maria Spohr  
N/Universidade

**PUCRS**

Campus Central  
Av. Ipiranga, 6690 - 3º andar - CEP: 90610-000  
Sala 314 - Fone Fax: (51) 3320-3345  
E-mail: [cep@pucrs.br](mailto:cep@pucrs.br)  
[www.pucrs.br/prppg/cep](http://www.pucrs.br/prppg/cep)

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)