

**GRAZIELA ÁVILA PRADO GALHANO**

**PROFUNDIDADE DE POLIMERIZAÇÃO DE CIMENTOS RESINOSOS  
UTILIZADOS NA CIMENTAÇÃO DE PINOS TRANSLÚCIDOS E SUA  
INFLUÊNCIA SOBRE A RESISTÊNCIA ADESIVA ANTES E APÓS  
CICLAGEM MECÂNICA.**

Tese apresentada à Faculdade Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para a obtenção do título de DOUTOR, pelo Programa de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA RESTAURADORA, Especialidade Prótese Dentária.

.

**GRAZIELA ÁVILA PRADO GALHANO**

**PROFUNDIDADE DE POLIMERIZAÇÃO DE CIMENTOS RESINOSOS  
UTILIZADOS NA CIMENTAÇÃO DE PINOS TRANSLÚCIDOS E SUA  
INFLUÊNCIA SOBRE A RESISTÊNCIA ADESIVA ANTES E APÓS  
CICLAGEM MECÂNICA.**

Tese apresentada à Faculdade Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para a obtenção do título de DOUTOR, pelo Programa de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA RESTAURADORA, Especialidade Prótese Dentária.

Orientador: Prof. Tit. Marco Antônio Bottino

São José dos Campos  
2008

Apresentação gráfica e normalização de acordo com:  
Bellini AB. Manual de elaboração de monografias: estrutura do trabalho científico. São José dos Campos: FOSJC/UNESP;2006.

G132p Galhano, Graziela Ávila Prado

Profundidade de polimerização de cimentos resinosos utilizados na cimentação de pinos translúcidos e sua influência sobre a resistência adesiva antes e após ciclagem mecânica./ Graziela Ávila Prado.\_ São José dos Campos:[s.n.];2008.

120f. :il

Tese (Doutorado em Prótese Dentária) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, 2008.

Orientador: Prof. Marco Antônio Bottino.

1. Cimento de resina. 2. Pinos dentários. 3. resistência de união. 4. Grau de conversão. I. Bottino, Marco Antônio. II. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Odontologia de São José dos Campos. III. Título.

tD15

## AUTORIZAÇÃO

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, desde que citada a fonte.

São José dos Campos, 14 de Julho de 2008

Assinatura:

e-mail:grazielagalhano@yahoo.com.br

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Galhano, GAP. Profundidade de polimerização de cimentos resinosos utilizados na cimentação de pinos translúcidos e sua influência sobre a resistência adesiva antes e após ciclagem mecânica [tese]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, UNESP; 2008.

São José dos Campos, 16 de maio de 2008.

### **Banca examinadora**

1. Prof. Titular Marco Antonio Bottino  
Faculdade de Odontologia de São José dos campos  
Universidade Estadual Paulista – UNESP
2. Prof. Titular Mário Alexandre Coelho Sinhoreti  
Faculdade de Odontologia de Piracicaba  
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP
3. Prof. Adj Roberto Ruggiero Braga  
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo – USP
4. Prof. Dr. Claudio Antonio Talge  
Faculdade de Odontologia de São José dos campos  
Universidade Estadual Paulista – UNESP
5. Prof. Dr. Luiz Felipe Valandro  
Universidade Federal de Santa Maria

## DEDICO ESTE TRABALHO

*À Deus, pelo dom da vida, e por me proporcionar as oportunidades vividas. Agradeço por toda e proteção, saúde, inteligência, por minha família e por sempre guiar os meus passos.*

*À meus Pais, Angela e Galhano, pelo exemplo de honestidade, força, otimismo e fé. Pelo apoio que sempre me deram e por acreditarem em minhas decisões. Obrigada pela família maravilhosa na qual me formaram.*

*À meus irmãos Érica e Sandro que me ensinaram a dividir, conviver, e que me dão a certeza de que sempre terei alguém do meu lado com quem contar.*

*À minha sobrinha Maria Victoria que alegrou nossos dias e desde pequena nos deu uma lição de vida.*

*Agradecimento especial*

*Ao meu orientador Marco Antonio Bottino por ter sempre acreditado no meu potencial, me impulsionando em atividades que me fizeram crescer cientificamente. Obrigada pela liberdade, paciência, carinho e amizade.*

*Agradeço eternamente as oportunidades que me proporcionou de crescimento profissional e pessoal.*

*Ao Professor Roberto Scotti, que me recebeu na Itália de forma alegre e acolhedora e me deu toda a liberdade necessária para o desenvolvimento deste trabalho.*

*Ao amigo Luiz Felipe Valandro, que sempre esteve ao meu lado no desenvolvimento de diversos trabalhos e foi imprescindível na minha formação científica.*

## *Agradecimentos*

*Aos meus amigos e colegas de mestrado e doutorado: Nori, Alfredinho, Renata Faria, Fernanda e Renata Melo que fizeram esta caminhada mais feliz. Obrigada pelo companheirismo e amizade. Aprendi muito com todos vocês!!*

*À todos os colegas da pós graduação com quem tive a felicidade de viver momentos inesquecíveis. Obrigada pelo carinho e atenção que sempre tiveram comigo.*

*Aos amigos Regina Amaral, Carolina Porto, Lawrence, Rachel, Kleber, Marcelo, Sílvia, Benê e Maiara, que sempre me ajudaram e fizeram os meus dias em São José mais felizes.*

*Agradeço à pessoas maravilhosas que Deus colocou em minha vida na Itália: Cristiane Aronne, Michely, Carol, Paolo, Roberto, Bianca, Anne e Camila . Amigos que dividiram comigo uma experiência única. Saudade de vocês!!*

*À meus grandes amigos de toda a vida que sempre me apoiaram e entenderam as ausências: Michelle Bueno, Tatiane Fernandes, Paulo, Fabio Laraia, Lucas Guimarães, Daniela Yano, Marcela Alves e Henrique Melo.*

*À Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, em nome dos funcionários e professores, minha segunda casa por cinco anos.*

*Aos funcionários do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese.*

*Aos Professores do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, me auxiliando no entendimento da Odontologia.*

*Ao Professor Ivan Balducci, pelo auxílio na interpretação estatística de diversos trabalhos.*

*Aos Professores da Pós-Graduação, que com o convívio e ensinamentos nos tornou melhores pesquisadores.*

*Às funcionárias da Pós-Graduação, por toda dedicação aos alunos.*

*À CAPES, pela Bolsa Doutorado Sanduíche, uma experiência ímpar de conhecimento.*

*À FAPESP pelas Bolsas de doutorado e auxílio pesquisa concedidos*

*Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, nas pessoas do Prof. Corah e do Prof. Luiz que estiveram sempre com as portas abertas para a execução da análise Raman*

*À Universidade De Bologna, pelo apoio para desenvolver parte de minha tese.*

*À Paolo Baldissara que esteve sempre disposto a me ajudar no desenvolvimento dos trabalhos realizados na Itália.*

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS.....	11
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	13
RESUMO.....	16
1 INTRODUÇÃO.....	17
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	20
2.1 Pinos Translúcidos.....	20
2.2 Polimerização de cimentos resinosos.....	27
2.3 Testes de fadiga.....	34
2.4 Adesão.....	43
2.5 Características do substrato e distribuição de tensões.....	49
3 PROPOSIÇÃO.....	53
4 MATERIAL E MÉTODO.....	54
4.1 Seleção dos dentes.....	54
4.2 Preparo dos dentes – calibragem dos condutos.....	54
4.3 Cimentação dos pinos.....	55
4.4 Ciclagem mecânica.....	58
4.5 Análise Raman.....	59
4.5.1 Obtenção dos corpos-de-prova (cp).....	59
4.5.2 Duplas ligações residuais (C=C).....	60
4.6 Ensaio de <i>push-out</i> .....	63
4.6.1 Cálculo da área adesiva (A) dos cp.....	65
5 RESULTADOS.....	67

5.1	Avaliação da resistência de união segundo o teste de <i>push-out</i> ...	67
5.1.1	Comparação dos cimentos.....	67
5.1.2	Análise do efeito da ciclagem mecânica.....	70
5.1.3	Análise do efeito região.....	74
5.2	Avaliação do grau de conversão dos cimentos analisados segundo espectrometria.....	79
5.3	Correlação entre o grau de conversão e <i>push-out</i> .....	84
6	DISCUSSÃO.....	86
6.1	Dos Resultados.....	86
6.2	Da metodologia.....	90
6.2.1	Seleção dos dentes.....	90
6.2.2	Tratamento dos dentes e cimentação.....	91
6.2.3	Ciclagem mecânica.....	92
6.2.4	Análise Raman.....	93
6.2.5	Ensaio de <i>push-out</i> .....	93
7	CONCLUSÕES.....	95
8	REFERÊNCIAS.....	96
	Apêndice.....	104
	<i>Abstract</i> .....	105

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	Procedimentos para inclusão dos Sp em resina epóxica: a)Suporte com pino posicionado perpendicularmente ao plano horizontal; b)cilindro usinado para preenchimento com resina epóxica; c)Espécime embutido em resina epóxica.....	57
FIGURA 2 -	Maquina de ciclagem mecânica.....	59
FIGURA 3 -	Obtenção dos sp: a)Corte dos sp com disco diamantado; b) Vista oclusal do sp obtido.....	60
FIGURA 4 -	Gráfico com os picos interessantes a analise Raman: Em 1610 pico de referencia que não se altera durante a polimerização e em 1638 o pico dos monômeros residuais.....	62
FIGURA 5 -	Desenho esquemático da base metálica adaptada para o ensaio de push-out.....	63
FIGURA 6 -	Ensaio de push-out.....	64
FIGURA 7 -	Desenho esquemático da aplicação de carga sobre o cp.....	64
FIGURA 8 -	(A) Desenho esquemático correspondente à secção interna do cp (paredes radiculares) – figura geométrica de um tronco de cone circular reto de bases paralelas; (B) Figura geométrica para cálculo da geratriz do tronco de cone.....	65
FIGURA 9 -	Comparação da resistência adesiva dos cimentos.....	69

FIGURA 10 - Efeito da ciclagem sobre a resistência adesiva nos diferentes cimentos.....	71
FIGURA 11 - Efeito da ciclagem na RA de Duolink fotopolimerizado.....	72
FIGURA 12 - Comparação do efeito da ciclagem sobre a resistência adesiva nas diferentes regiões no grupo Duolink com polimerização química.....	73
FIGURA 13 - Efeito da ciclagem sobre RA para C&B.....	74
FIGURA 14 - Comparação das diferentes regiões para Duolink foto-ativado.....	76
FIGURA 15 - Comparação nas diferentes regiões do Duolink sem foto-ativação.....	77
FIGURA 16 - Comparação da RA nas diferentes regiões para o cimento C&B.....	78
FIGURA 17 - Comparação das medidas em Raman.....	80
FIGURA 18 - Comparação do grau de conversão dos cimentos.....	82
FIGURA 19 - Comparação do grau de conversão nas diferentes regiões.....	84

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

QUADRO1 -	Protocolo de cimentação.....	56
TABELA 1 -	Grupos do estudo.....	56
TABELA 2 -	Compara a resistência adesiva (RA) dos cimentos.....	68
TABELA 3 -	P-valores da comparação de cimentos em Push-Out.....	68
TABELA 4 -	Efeito da ciclagem na RA por cimento.....	70
TABELA 5-	Compara ciclagem em <i>push-out</i> nas diferentes regiões de Duolink Fotopolimerizado.....	71
TABELA 6 -	Efeito da ciclagem na RA nas diferentes regiões de Duolink quimicamente polimerizado.....	72
TABELA 7 -	Efeito da ciclagem sobre a RA nas diferentes regiões do cimento C&B.....	73
TABELA 8 -	Comparação da RA nas diferentes regiões para cimento Duolink foto-ativado.....	75
TABELA 9 -	P-valores das comparações das regiões de Duolink foto-ativado.....	75
TABELA 10 -	Comparação da RA nas regiões no Duolink sem foto-ativação.....	76
TABELA 11 -	:P-valores das comparações das regiões de Duolink químico.....	77
TABELA 12 -	Comparação nas regiões para o cimento C&B.....	78

TABELA 13 -	Comparação da resistência adesiva nas diferentes regiões para o cimento fotoplomerizável Illusion.....	79
TABELA 14 -	P-valores das comparações entre as regiões no cimento fotoplomerizável.....	79
TABELA 15 -	Comparação das medições em Raman.....	80
TABELA 16 -	Comparação do grau de conversão dos cimentos.....	81
TABELA 17 -	P-valores das comparações do grau de conversão dos cimentos.....	81
TABELA 18 -	Comparação do grau de conversão nas regiões.....	83
TABELA 19 -	: P-valores das comparações entres as regiões.....	83
TABELA 20 -	Correlação entre Push-Out e Raman.....	84

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$\pi = 3,14$

°C = grau Celsius

$\mu\text{m}$  = micrometro

A = área adesiva

Bis-GMA= bisfenol A glicidil metacrilato

cp = corpo de prova

CT = Comprimento de trabalho

E = módulo de elasticidade

Fator C = fator de configuração cavitária

FEA = Análise de elementos finitos

g = geratriz do tronco de cone

g = grama

GPa = Giga Pascal

h = altura da secção

Hz = hertz

JEC = junção esmalte-cimento

Kg = kilograma

$\text{Kgf/mm}^2$  = kilograma por milímetro quadrado

MEV = microscopia eletrônica de varredura

min = minuto

mm = milímetro

mm/min = milímetro por minuto

$\text{mm}^2$  = milímetro quadrado

Mpa = mega Pascal

N = Newton

$\text{N/mm}^2$  = Newton por milímetro quadrado

NaOCl = Hipoclorito de sódio

$R_1$  = raio da base menor

$R_2$  = raio da base maior

RA = resistência adesiva

RAAQ = Resina acrílica ativada quimicamente

RC = Resina composta

s = segundo

sp = espécime

TEGDMA= trietileno glicol dimetacrilato

UEDMA= dimetacrilato uretano

Galhano GAP. Profundidade de polimerização de cimentos resinosos utilizados na cimentação de pinos translúcidos e sua influencia sobre a resistência adesiva antes e após ciclagem mecânica [tese]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista; 2008.

## RESUMO

Este estudo teve com objetivo analisar a capacidade de um pino translúcido transmitir luz para o interior do canal radicular, bem como analisar o efeito desta polimerização na resistência mecânica e adesiva do conjunto pino, cimento, dente. Além disso, foi avaliada a resistência adesiva de diferentes tipos de cimentos resinosos. Foram utilizados 70 dentes humanos unirradiculares. O canal foi preparado com as fresas nº3 dos sistemas de pinos Light-Post (Bisco Inc, EUA). As raízes foram pintadas com esmalte preto para evitar a passagem de luz pela lateral do dente. Todos os dentes foram tratados com o sistema adesivo All Bond 2 (Bisco) e cimentados com três tipos de cimento formando os seguintes grupos: G1) Cimento Dual Duolink (Bisco) não fotopolimerizado, G2) Cimento Dual duolink fotopolimerizado, G3) Cimento Químico (C&B - Bisco) e G4) cimento fotopolimerizável (Illusion, Bisco). Cada grupo foi subdividido segundo a execução ou não de ciclagem mecânica. Em seguida, os dentes foram cortados perpendicular ao longo eixo do dente obtendo espécimes de 2mm de espessura. Cada secção era correspondente a uma região do dente (cervical, média, apical), possibilitando observar a polimerização do cimento nas diferentes profundidades da raiz realizando a análise Raman em três dentes de cada grupo. Em seguida, foi realizado o teste de *push-out*. Como resultado foi observado menor grau de conversão em direção apical para os cimentos foto-ativados, enquanto o cimento dual sem foto-ativação apresentou maiores valores. Para a resistência adesiva foi observada semelhança estatística inicial entre o cimento Duolink foto-ativado ou não, sendo que a ciclagem mecânica diminuiu consideravelmente a RA do Duolink quimicamente polimerizado. O cimento fotopolimerizável apresentou valores muito baixos de resistência adesiva e o cimento químico C&B apresentou os maiores valores antes e após ciclagem mecânica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cimentos de Resina, Pinos Dentários, Resistência de união, grau de conversão.

## 1 INTRODUÇÃO

Os pinos de fibra tem sido alvo de grande quantidade de estudos nos últimos anos. Foram desenvolvidos a partir de 1990 e apresentam módulo de elasticidade (E) mais próximo ao da dentina que os retentores fundidos e os pinos pré-fabricados metálicos e cerâmicos, o que permite melhor distribuição de tensões ao remanescente radicular<sup>21, 33, 46, 48</sup>. Tem sido sugerido que quando o retentor e o dente formam um bloco único, pela adesão entre diferentes substratos (dente, sistema adesivo, pino), a carga mastigatória é absorvida pelos componentes com módulo de elasticidade semelhante, sendo desta forma, transmitida de maneira mais uniforme à estrutura radicular e diminuindo o risco de fraturas<sup>21, 33, 48</sup>. Desta forma, além da utilização de um pino com módulo de elasticidade semelhante ao da dentina, torna se essencial a obtenção de uma boa adesão entre o cimento e o substrato dentinário.

Com a evolução das técnicas adesivas e a introdução de cimentos resinosos no mercado, os pinos passaram a ser cimentados com estes materiais devido à sua capacidade de adesão à dentina e ao pino<sup>10</sup>. O uso de cimentos resinosos para a cimentação de pinos de fibra torna as raízes menos susceptíveis à fratura sob carga estática e também preservam a estrutura dental pois os pinos podem apresentar menor diâmetro<sup>57</sup>.

Existem diversos tipos de pinos de fibra no mercado. Inicialmente, desenvolveu se um pino de fibra de carbono - Composipost, (RTD, St. Egreve, France)<sup>26</sup> e em seguida foram confeccionados pinos de fibra de quartzo e de fibra de vidro. A evolução destes pinos ocorreu para

suprir certas limitações estéticas apresentadas pelos pinos de fibra de carbono, pois do ponto de vista mecânico, estes pinos apresentam características semelhantes. Apesar da evolução estética, os pinos de fibra ainda apresentavam uma limitação: a impossibilidade de transmissão de luz até a região apical para completa polimerização do cimento resinoso. Assim, foram criados os pinos translúcidos que, de acordo o fabricante, permitem a passagem de luz halógena pelo seu interior, possibilitando que materiais fotoativados sejam polimerizados no interior do canal radicular<sup>47, 34</sup>.

Alguns estudos avaliaram a capacidade de transmissão de luz destes pinos e observaram que há uma melhor transmissão luz dos pinos translúcidos quando comparados aos pinos opacos, contudo, há uma diminuição na quantidade de luz na direção apical<sup>9, 34, 42</sup>, o que pode levar a uma diminuição no grau de conversão do cimento nesta região. A redução do grau de conversão pode afetar a biocompatibilidade devido ao excesso de monômeros não convertidos e está diretamente relacionado ao comprometimento das propriedades mecânicas dos materiais resinosos<sup>6, 14</sup>.

De acordo com o modo de polimerização, existem três tipos de cimentos resinosos: químico, fotopolimerizável ou de polimerização dual. O cimento químico garante a polimerização independente da profundidade do canal radicular, uma vez que independe da luz, contudo, apresenta piores características de manipulação devido à ausência de controle do tempo de polimerização, que pode ser prejudicial no caso de cimentação de pinos. O cimento fotopolimerizável não apresenta esta desvantagem, porém, necessita da luz para sua completa polimerização. Com isso, foram desenvolvidos os cimentos duais, no intuito de obter um material com maior tempo de trabalho e capacidade de obtenção de alto grau de conversão mesmo na ausência de luz, conciliando assim, as vantagens de ambos os cimentos<sup>17</sup>.

Alguns métodos têm sido utilizados para avaliar o grau de conversão em resinas: análise indireta por meio das propriedades mecânicas de dureza e flexão, calorimetria diferencial de varredura e métodos diretos como a espectroscopia no infravermelho (FTIR) e a espectroscopia Raman.

Para as resinas à base de metacrilato, a espectroscopia Raman permite a avaliação do grau de conversão (isto é, a porcentagem de grupos vinil convertidos em alifáticos), comparando-se as bandas de vibração do metacrilato não-polimerizado (C=C) em  $1640\text{ cm}^{-1}$  com a do aromático ( $1610\text{ cm}^{-1}$ ), que é usado como referência porque não se altera com a polimerização<sup>56, 62</sup>.

Alguns estudos avaliaram a polimerização de cimentos resinosos duais sob diferentes tipos de ativação<sup>14, 16, 17, 27, 31</sup> e, na maior parte dos materiais, observaram efetiva redução no grau de conversão quando utilizada apenas polimerização química. O mesmo resultado foi obtido por Braga et al<sup>14</sup>. (2002) que avaliaram cimentos duais fotopolimerizados ou não, e observaram significativa redução da microdureza dos cimentos sem fotoativação, contudo, estes autores não observaram correlação entre o grau de conversão e a resistência flexural destes cimentos, que se apresentou semelhante para todos os grupos. Assim, é importante observar, além da polimerização do cimento, suas propriedades mecânicas.

Diante do exposto, torna se importante avaliar a polimerização de diferentes tipos de cimentos através de um pino translúcido, observando o grau de conversão destes, assim como correlacionar este grau de polimerização com a resistência à fadiga e resistência adesiva do conjunto pino translúcido, cimento resinoso e dentina radicular.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Pinos Translúcidos e adesão**

MalFerrari et al.<sup>46</sup> (2003) realizaram um estudo clínico com o objetivo de avaliar, por um período de trinta meses, o comportamento de pinos de fibra de quartzo cimentados a dentes tratados endodonticamente. Em 132 pacientes, 180 dentes tratados endodonticamente foram restaurados com usando pinos de fibra de quartzo (Aestheti-Post). Os dentes foram tratados com sistema adesivo All-Bond 2 e os pinos cimentados com cimento resinoso C&B, seguindo as orientações do fabricante. A reconstrução coronária foi realizada com Core-Flow ou Bis-Core, e os dentes receberam coroas cerâmicas ou metalo-cerâmicas. Os parâmetros considerados como falha clínica foram deslocamento, fratura dos pinos, da coroa ou da raiz, e decementação da prótese. Os pacientes foram avaliados após seis, doze, vinte e quatro e trinta meses após o término da restauração. Uma falha coesiva envolvendo a margem do core foi observada após duas semanas, e duas falhas adesivas após dois meses. Estas falhas ocorreram entre o cimento e dentina radicular. As três falhas ocorreram durante a remoção das restaurações provisórias. A porcentagem de falhas foi 1,7% após um período de trinta meses. Não houve falha nas próteses e não foram observadas fraturas de pino ou de raiz.

Monticelli et al.<sup>52</sup> (2003) avaliaram clinicamente o comportamento de três tipos de pinos translúcidos após um período de acompanhamento entre dois e três anos. Foram selecionados 225 pacientes com um pré-molar

necessitando de tratamento endodôntico e restauração com pino intraradicular e coroa. A amostra foi aleatoriamente dividida em três grupos de 75 pacientes. O mesmo tipo de pino foi utilizado em todos os pacientes de cada grupo: G1) Aestheti Plus (RTD); G2) DT light Post (RTD) e; G3) FRC Postec (Ivoclar). Para a cimentação dos pinos, nos grupos 1 e 2 os dentes foram tratados com sistema adesivo fotopolimerizável One-step (Bisco) e os pinos cimentados com cimento resinoso Duolink (Bisco), enquanto no grupo três os pinos foram cimentados com Excite DSC (Ivoclar) como adesivo e Multilink (Ivoclar) como cimento resinoso. Após seis, doze e vinte e quatro meses, os pacientes retornavam para uma análise clínica e radiográfica. Como resultado os autores observaram uma decementação dos pinos em oito casos (3,5%), em outros seis casos houve recorrência de lesão periapical. A análise estatística não revelou diferenças significativas entre a taxa de sobrevivência dos três tipos de pinos testados, sugerindo que todos são confiáveis para uso clínico.

O objetivo do estudo realizado por Roberts et al.<sup>60</sup> (2004) foi avaliar o efeito de um pino translúcido na profundidade de polimerização de uma resina composta usando o teste de dureza Knoop. Foram utilizados cinco moldes de acetato com dimensões de 30mm de altura e 12mm de diâmetro. Foi utilizada uma resina química para preencher 15mm de cada molde e outros 15mm foram preenchidos com resina composta (Z-100/ 3M), onde foi inserido o pino translúcido Luscent Anchor, no centro do molde. A resina foi então fotopolimerizada por 2 min de modo que a fonte de luz estivesse em íntimo contato com a superfície superior do pino. Em seguida os espécimes foram armazenados por 24 h, e, após este período, foram realizadas seções paralelas ao longo eixo do pino, gerando fatias de 1mm de espessura. Estas foram levadas para leitura da dureza Knoop da superfície do cimento. O grupo controle consistiu na mesma resina fotopolimerizada diretamente, sem a presença do pino. Como resultado os autores

observaram uma polimerização satisfatória nos 3mm superiores quando se utiliza o pino, havendo uma redução progressiva e estatisticamente significativa nos valores de dureza em direção apical. Quando comparado ao grupo controle, foi possível observar que quando se utiliza o pino os valores de dureza são significativamente maiores nas profundidades de 5 e 6mm, enquanto na porção mais cervical os valores são próximos. Este fato indica que há transmissão de luz através do pino, e que esta é diminuída em direção apical.

Grandini et al.<sup>38</sup> (2004) avaliaram a possibilidade de polimerização simultânea de cimento resinoso e sistema adesivo através de um pino translúcido. Foram utilizados quarenta dentes (incisivos e caninos) humanos, cuja coroa dental foi removida, os canais obturados e preparados com brocas do sistema D.T Light Post (RTD) com comprimento de trabalho de 9mm. Quarenta pinos (D.T Light Post, RTD) foram cimentados com o cimento resinoso Duolink (Bisco) e os dentes tratados com o sistema adesivo One step (Bisco), sob quatro diferentes condições de polimerização: G1) Polimerização do sistema adesivo por 20s seguido da inserção do cimento e do pino e polimerização do cimento através do pino por 20s; G2) Polimerização simultânea do sistema adesivo e cimento através do pino por 30s; G3) idem 2 com polimerização por 60s; G4) idem 2 com polimerização por 90s. Após 24 h os dentes foram seccionados paralelamente ao longo eixo do dente, em duas partes iguais. Metade de cada dente foi condicionada com ácido fosfórico por 30s para ligeira descalcificação, seguida de desproteinização com hipoclorito de sódio a 2% aplicado por 120. Estes procedimentos permitiram a verificação da camada híbrida ao MEV. A outra metade de cada dente foi armazenada em ácido clorídrico a 30% por 24hs, seguido de hipoclorito de sódio a 2% por 10 min. Este procedimento foi realizado para completa dissolução do dente e permitir a análise ao MEV da morfologia dos tags formados pelo sistema adesivo. Como resultado, foi

possível observar que no grupo 1, houve uma formação homogênea da camada híbrida, enquanto nos outros grupos foi observada uma menor formação, principalmente na região apical. A presença de tags e ramificações laterais foi mais homogênea no grupo 1 que nos demais grupos, não havendo diferenças significativas entre as regiões cervical, média e apical. Nos grupos 2,3 e 4 foi observada a presença de tags de maior comprimento na região cervical que nas demais regiões. Assim, os autores concluíram que a polimerização simultânea do cimento resinoso e sistema adesivo apresenta menor efetividade que a técnica tradicional.

Yoldas et al.<sup>69</sup> (2005) avaliaram a microdureza de uma resina composta polimerizada através de um pino de plástico fotocondutor (Luminex, Dentatus) e através de um pino de fibra translúcido ( FRC Postec, Ivoclar). Foram utilizados trinta cilindros pretos com dimensões de 15mm de altura e 4mm de diâmetro que foram divididos em três grupos (n=10). Estes foram preenchidos com resina composta (Tetric Ceram, Ivoclar) e no centro de dez cilindros foi inserido o pino Luminex e em outros dez, foi inserido o pino de fibra FRC Postec. Foi então realizada a polimerização do conjunto por 90s, com unidade foto-ativadora a uma potência de 460 mW/cm<sup>2</sup>. O grupo controle consistiu na polimerização da resina sem a utilização de pinos. Após a polimerização, os cilindros plásticos foram removidos e o teste de microdureza realizado após 24hs. No grupo controle não pôde ser realizada análise após 4mm de profundidade pela falta de polimerização. Nos grupos em que se utilizaram os pinos, a 10mm de profundidade a microdureza da resina polimerizada através do pino plástico apresentou-se significativamente maior que a polimerizada através do pino de fibra. Para todos os grupos foi observada uma redução progressiva na microdureza da resina na direção apical.

Boff et al.<sup>9</sup> (2005) avaliaram o efeito do modo de ativação, sobre a resistência adesiva do conjunto sistema adesivo, cimento resinoso e pino

de fibra. Foram utilizados quarenta pré-molares que foram Divididos em 4 grupos. Nos grupos 1, 2 e 3, o sistema adesivo Single Bond (3M ESPE) foi aplicado e polimerizado por 20s; no grupo 4 foi utilizado um sistema adesivo auto polimerizável ( Scotchbond Multi Purpose Plus, 3M ESPE). O cimento resinoso dual RelyX ARC foi polimerizado em G2 e G3, mas nos grupos 1 e 4 não foi realizada a polimerização. No grupo 3 foi utilizado um pino translúcido (Ligth Post, Bisco) enquanto nos demais grupos foi cimentado um pino opaco (Aestheti Plus, Bisco). As raízes foram seccionadas em três partes (apical, media e cervical) e cada secção foi submetida ao teste de *push-out*. Como resultado foi observado que a fotopolimerização tanto do adesivo quanto do cimento resinoso no grupo 2 (media; desvio padrão- 5.43;5.21) permitiu maior resistência adesiva que no grupo 1 (3.05; 4.63) onde apenas o adesivo foi polimerizado. Não foram observadas diferenças entre G2 e G3 (5.45; 4.34), indicando que a utilização do pino translúcido não aprimora a resistência adesiva do conjunto. O sistema adesivo auto-polimerizante usado no G4 (10,17; 3,89) demonstrou a maior resistência adesiva. Quando comparadas as regiões foram observadas diferenças estatisticamente significativas, sendo que a região cervical apresentou maiores resultados, enquanto as regiões media e apical foram estatisticamente semelhantes.

Dallari et al.<sup>20</sup> (2006) observaram a interface adesiva de dois incisivos centrais restaurados com pinos de fibra de quartzo (FRC Postec, Ivoclar) e coroas totalmente cerâmicas. Os pinos foram cimentados com sistema adesivo All- Bond 2 (Bisco) e cimento resinoso quimicamente polimerizável C&B (Bisco). Dois anos após a confecção das coroas, foi indicada a extração dos dentes devido à doença periodontal. Os dentes foram então seccionado perpendicularmente ao seu longo eixo gerando fatias de 1,5mm de espessura (3 da parte coronária e & da porção radicular). Estas foram inicialmente analisadas ao microscópio ótico (Axioscop 2 Plus) para identificação de defeitos nas interfaces e em seguida levados ao MEV e

analisados em quatro graus de amplificação (250x, 500x, 1000x e 2000x). Como resultado não foi observada desadaptação importante em nenhum dos espécimes analisados demonstrando assim, apesar do número pequeno de amostras, uma tendência importante da efetividade da cimentação destes pinos durante um período de observação de dois anos.

Mallmann et al.<sup>47</sup> (2007) analisaram a resistência adesiva de dois tipos de sistemas adesivos (autopolimerizável e fotopolimerizável) e dois pinos de fibra (opaco e translúcido). Todos os dentes foram cimentados com cimento resinoso dual (RelyX, 3M ESPE) e seccionados para realização do teste de microtração, com o qual foi possível avaliar a resistência adesiva nas diferentes regiões do canal radicular (cervical, média e apical). Os autores observaram diferenças estatísticas somente entre as regiões, sendo que a região cervical apresentou maiores resultados que as demais para todos os materiais testados. Assim, foi concluído que: 1) O sistema adesivo fotopolimerizável apresenta resistência adesiva similar ao sistema autopolimerizável; 2) O pino de fibra translúcido não influenciou na resistência adesiva do conjunto; 3) a Região cervical apresenta melhor resistência adesiva que as demais regiões.

Morgan et al.<sup>24</sup> (2008) realizaram uma análise quantitativa da energia luminosa transmitida através de diversos tipos de pinos de fibra. Após imersão dos pinos em uma resina preta, para impedir a passagem de luz, os blocos foram submetidos a cortes com profundidade de 16mm, 12mm, 8mm e 4mm. Os cps foram então posicionados sobre um fotômetro digital (Nova, ophir) onde foi captada a quantidade de luz transmitida por cada pino. Os autores observaram que a quantidade de luz transmitida é dependente do tipo de pino, sendo que para todos os pinos testados houve uma redução significativa em direção apical. No grupo controle, onde não foi utilizado nenhum tipo de pino, foi possível observar uma importante redução da

energia luminosa na região apical, insuficiente para a polimerização de cimentos e adesivos.

Galhano et al.<sup>34</sup> (2008) realizaram um estudo no intuito de avaliar a transmissão de luz através de pinos translúcidos avaliando em diferentes profundidades a microdureza de um cimento fotopolimerizável utilizado na cimentação destes pinos. Foram utilizados 10 dentes bovinos unirradiculares com tamanho padronizado em 16mm. O canal radicular foi preparado com as fresas de calibragem nº3 dos sistemas de pinos Light-Post e Aestheti Post (Bisco Inc, EUA) com comprimento de trabalho de 12mm. Em cinco dentes foram cimentados pinos translúcidos (PL) (Light Post #2,Bisco) e cinco dentes receberam pinos opacos (PO) (Aesthet post nº2,Bisco). As raízes foram pintadas com esmalte preto para evitar a passagem de luz pela lateral do dente. Todos os dentes foram tratados com o sistema adesivo All Bond 2 (Bisco) e cimentados com cimento fotopolimerizável (Enforce, Dentsply). Os dentes foram cortados perpendicularmente ao seu longo eixo, obtendo fatias de aproximadamente 1,5mm de espessura. Cada secção era correspondente a uma região do dente (cervical, média, apical), possibilitando observar a microdureza do cimento nas diferentes profundidades da raiz. Assim foram definidos os seguintes grupos (n=10): G1: pino translúcido (PT) região cervical; G2:PT região média; G3: PT região apical; G4: Pino opaco (PO) região cervical; G5: PO região média; G6:PO região apical.Foram confeccionadas 5 amostras (diâmetro-5mm e altura-4mm) apenas em cimento para controle (G7). Em seguida foi executada análise de microdureza Vickers. Nos grupos 3,5 e 6 não foi possível a realização da análise ao microdurômetro pois não houve a polimerização do cimento, havendo a remoção do pino durante o corte. Os grupos 1(35,07), 2 (24,28), 4(28,64) e 7 não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre

si. Foi possível concluir que o pino translúcido permite maior transmissão de luz apenas até o terço médio da raiz.

## 2.2 Polimerização de cimentos resinosos

El-Badrawy e El-Mowafy<sup>27</sup> (1995) avaliaram a microdureza de diferentes tipos de cimento resinoso dual submetidos ou não à foto-ativação. Para cada cimento resinoso estudado (Dicor MGC cement/ Dentsply; Dual Cement/ Ivoclar; Duo Cement/ Coltene; Dentist Bonding Kit/ 3M; Sono-cem/ Espe; Porcelite Dual Cure/ Kerr; Twilook/ Heraeus Kulzer) foram confeccionados oito discos de cimento com 2,5mm de altura e 6mm de diâmetro. Quatro espécimes de cada material receberam foto-ativação por 60s, enquanto os outros quatro foram armazenados em ambiente escuro para que a polimerização ocorresse apenas quimicamente. Os espécimes foram levados para leitura de microdureza Knoop após um dia e após uma semana. Como resultado, foi possível observar que, para todos os cimentos, os valores de microdureza apresentaram-se inferiores quando realizada apenas a polimerização química. O teste estatístico ANOVA ( $p > 0,05$ ) apresentou diferença significativa entre os cimentos fotopolimerizados e com ativação apenas química, com exceção do grupo Twilook avaliado após um dia.

Em uma revisão da Literatura sobre contração de polimerização Carvalho et al.<sup>18</sup> (1996) citam que as resinas fotopolimerizadas apresentam maior stress de contração que as resinas químicas, devido ao fato de sua polimerização ocorrer de forma imediata, o que não permite a manutenção de um estágio gel por longo tempo, reduzindo os stresses como ocorre na polimerização química. No entanto, as resinas químicas apresentam maior número de porosidades devido à incorporação de bolhas durante a

manipulação, a presença destas aumenta a superfície interna livre, não aderida, permitindo redução nos stresses de polimerização.

Asmussen e Peutzfeldt<sup>5</sup> (1998) determinaram o efeito da concentração de UEDMA, Bis-GMA e TEGDMA nas propriedades mecânicas de resinas compostas experimentais. Foram produzidas trinta associações destes componentes. Cinco misturas base apresentavam as seguintes concentrações de TEGDMA e Bis GMA respectivamente: 30:70, 40:60, 50:50, 60:40, 70:30. A partir destes, foram produzidas misturas em que o Bis-GMA foi substituído progressivamente por UEDMA, 10mol% por vez. Foi então analisada a resistência à flexão, tração diametral e modulo de elasticidade destes materiais. As análises estatísticas mostraram que a substituição de Bis-GMA ou TEGDMA por UEDMA promoveram um aumento na resistência à tração e flexão, e que a substituição de Bis-GMA por TEGDMA aumentou a resistência à tração, mas diminuiu a resistência à flexão. Os autores concluem que a concentração destes componentes apresenta grande importância nas propriedades mecânicas do material e que é possível, através de combinações entre estes monômeros, confeccionar resinas com propriedades específicas para determinadas aplicações.

Caughman et al.<sup>16</sup> (2001) se propuseram a avaliar o grau de conversão de diferentes tipos de cimentos resinosos quando submetidos à cinco condições de polimerização: A) fotopolimerização através de matriz de poliéster; B) fotopolimerização através de 3mm de porcelana, simulando uma restauração cerâmica; C) Polimerização dual através de matriz de poliéster; D) Polimerização dual através de 3mm de porcelana e; E) apenas polimerização química do cimento dual. Os cimentos testados foram: Calibra (dentsply), Choice (Bisco), Insure (Cosmedent), Lute-It! (Jeneric-Pentron), Nexus (Kerr), VariolinkII (Ivoclar). Para todos os produtos testados, a polimerização através de matriz de poliéster (controle) apresentou os maiores resultados e a polimerização dual através de 3mm de porcelana

apresentou 97% do grau de conversão do controle, com exceção do cimento Lute-It!. A conversão do grupo dual não fotopolimerizado foi menor que a do controle em até 86%, com exceção do Variolink II (62% do controle). Apenas um produto (Variolink II) não apresentou aumento no grau de conversão do grupo dual fotopolimerizado quando comparado com o grupo que foi apenas fotopolimerizado. Para os cimentos Calibra, Insure e Lute-It! o grau de conversão quando apenas fotopolimerizado foi menor quando a polimerização ocorreu através de 3mm de porcelana, enquanto para os demais cimentos não houve diferença estatística. Os autores concluíram que não há um cimento capaz de apresentar as mesmas características diante de situações clínicas diversas, sendo necessário conhecer qual se adapta melhor a cada situação.

Segundo Braga et al.<sup>14</sup> (2002), os cimentos resinosos duais tem sido estudados em termos de microdureza e grau de conversão, contudo, poucos estudos avaliam a influência desta polimerização sobre outras propriedades mecânicas. Assim, foi realizado um trabalho no intuito de correlacionar a microdureza de cimentos duais, polimerizados de diferentes formas, com sua resistência flexural. Os cimentos testados foram: Enforce (Dentsply) e Variolink II (Vivadent) nas formas fotopolimerizável, dual e com polimerização química apenas; Rely X ARC (3M) nas formas de polimerização dual e química e; um cimento autopolimerizável C&B (Bisco). Os materiais foram manipulados conforme indicação do fabricante, com exceção dos grupos de polimerização química que não sofreram fototivação. Foram então confeccionados espécimes retangulares com dimensões de 10x2x1mm. Estes foram armazenados por 24hs e em seguida levados em máquina de ensaio universal (Kratos) para realização de teste de resistência flexural de três pontos. Durante o teste, os valores de resistência correspondentes ao deslocamento de 0,03, 0,05 e 0,07 foram registrados para determinação do módulo de flexão. Após o ensaio, os espécimes

fraturados foram inseridos em resina acrílica, polidos e levados para avaliação da microdureza Knoop. Como resultado os autores observaram que, para a microdureza, o cimento Enforce apresentou semelhança estatística entre os grupos duais foto-ativados e com polimerização apenas química, enquanto os espécimes que sofreram apenas fotopolimerização apresentaram menores valores. Para o cimento Rely X ARC, no grupo que sofreu polimerização dual os valores de microdureza apresentaram se estatisticamente maiores que no grupo com polimerização química. Variolink II com cura dual também apresentou maiores valores de microdureza que quando realizada apenas polimerização química ou foto. Com relação à resistência à flexão, o cimento resinoso Rely X ARC, com polimerização dual, apresentou valores significativamente maiores que os demais grupos experimentais. Assim, os autores não observaram correlação entre microdureza do cimento e resistência flexural, indicando que outros fatores além do grau de conversão afetam esta propriedade dos materiais estudados.

Os cimentos resinosos são os materiais de escolha para a cimentação de restaurações à estrutura dental. Esta é uma das considerações que Blatz et al.<sup>8</sup> (2003) ponderam em uma revisão de literatura a respeito da adesão entre materiais resinosos e cerâmicos. A respeito dos cimentos resinosos, os autores citam que há uma diminuição da dureza quando a fotopolimerização é omitida em cimentos duais. Além disso, ponderam que a ciclagem mecânica (fadiga) é capaz de provocar uma redução significativa na resistência adesiva.

Foxton et al.<sup>32</sup> (2003) observaram o efeito da fotopolimerização sobre um sistema adesivo e um cimento dual utilizado no interior do canal radicular. Através do ensaio de microtração os autores analisaram a resistência adesiva entre uma resina dual (Clearfil DC Core, Kuraray) e a dentina intra-radicular tratada com o sistema adesivo dual (Clearfil Liner

Bond 2 V, Kuraray). A resistência adesiva do cimento fotopolimerizado e não fotopolimerizado foi avaliada em diferentes regiões da raiz (apical, média e cervical). Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre as diferentes regiões de um mesmo dente. O grupo cujo cimento e adesivo foram fotopolimerizados apresentou RA significativamente maior que o grupo onde a polimerização foi apenas química.

A porcentagem de duplas ligações residuais de sistemas adesivos na interface resina-dentina foi analisada por Miyzaki et al.<sup>51</sup> (2003) utilizando a espectroscopia Raman. A dentina bovina foi tratada com três tipos de sistemas adesivos auto-condicionantes com as respectivas resinas (Mac Bond II/ Pacfique Estelite; Clearfil Mega Bond/ Clearfil AP-X; e Imperva Fluoro Bond / Llife-Fil II A) e um sistema de condicionamento total (Single Bond/ Z250). Os mesmos adesivos sem os fotoiniciadores foram cedidos pelas empresas para o grupo controle. Em seguida, os dentes foram seccionados paralelamente ao sentido dos túbulos e levados ao microscópio de laser Raman (System 2000, Renishaw, UK) para análise da interface resina-dentina. O microscópio foi inicialmente calibrado e as amostras posicionadas sob o feixe de luz. O espectro da região de interesse (1500-1800  $\text{cm}^{-1}$ ) foi analisado e a quantidade de duplas ligações residuais (DLR) foi medida pela razão entre a área da banda em 1638  $\text{cm}^{-1}$  sobre a área da banda de referência em 1719  $\text{cm}^{-1}$ . A porcentagem de duplas ligações residuais foi calculada pela razão entre os dados obtidos pelo sistema adesivo não polimerizado e os dados do sistema adesivo polimerizado. Como resultado os autores observaram uma maior porcentagem de DLR nos sistemas adesivos Fluoro Bond (12,3-23,6%) e Single Bond (9,5-21,8%) e uma menor porcentagem nos sistemas Mac Bond II (10,6-18%) e Mega Bond (10,7-16,3%).

Fonseca et al.<sup>31</sup> (2005) avaliaram a influência de métodos de ativação na resistência à tração diametral (RTD) de cimentos resinosos

duais. As pastas base e catalisadora do Panavia F, Variolink II, Scotchbond Resin Cement, Rely X e Enforce foram espatuladas e inseridas em matrizes metálicas cilíndricas (4 x 2mm). Os cimentos foram submetidos à diferentes tipos de ativação, formando os grupos (n = 10): G1) não foto-ativados (ativação química = grupos quimicamente ativados) e G2) foto-ativados através de tira de poliéster (ativação química e foto = grupos duais). Após armazenamento por 24 horas, os espécimes foram submetidos a forças de compressão. Um cimento resinoso de ativação química (Cement-It) e um de fosfato de zinco serviram como grupos controle. Foram feitas as seguintes comparações: 1) entre os métodos de ativação (grupos quimicamente ativados e grupos duais), para cada cimento resinoso dual, por meio do teste *t* de Student; 2) entre os grupos quimicamente ativados dos cimentos resinosos duais e os grupos controle, empregando-se ANOVA e teste de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ). Os grupos duais do Scotchbond Resin Cement (53,3 MPa), Variolink II (48,4 MPa) e Rely X (51,6 MPa) tiveram maior RTD do que os seus grupos quimicamente ativados (44,6; 40,4 e 44,5 MPa, respectivamente) ( $p < 0,05$ ). Para o Enforce (48,5 e 47,8 MPa) e para o Panavia F (44,0 e 43,3 MPa), não houve diferença significativa entre os métodos de ativação ( $p > 0,05$ ). Os grupos quimicamente ativados dos cimentos duais apresentaram RTD estatisticamente semelhante à do Cement-It (44,1 MPa) ( $p > 0,05$ ), e maior que a do fosfato de zinco (4,2 MPa). Scotchbond Resin Cement, Variolink II e Rely X dependeram da foto-ativação para alcançar valores máximos de RTD. Na ausência de luz, todos os cimentos duais apresentaram maior RTD que a do fosfato de zinco, e RTD estatisticamente semelhante à do Cement-It ( $p > 0,05$ ).

Ceballos et al.<sup>17</sup> (2006) estudaram o comportamento mecânico de diferentes tipos de cimentos resinosos utilizados na cimentação de pinos de fibra. Foi analisada a influencia do tipo de polimerização. Foram utilizados dentes unirradiculares, cuja porção coronária foi removida 1mm acima da

JEC. Os dentes foram tratados endodonticamente e preparados com brocas #1 do sistema FRC Postec. Em seguida os pinos foram cimentados com diferentes sistemas adesivos/cimentos: G1) Multilink primer A/B e cimento auto-condicionante e auto-polimerizável Multilink; G2) Adesivo dual Excite DSC e base fotopolimerizável do cimento resinoso Variolink II e; G3) Adesivo dual Excite DSC e cimento resinoso dual Variolink II. Como controle, foram confeccionados espécimes em formato de disco para todos os cimentos estudados. Após 24 h os dentes foram seccionados perpendicularmente ao seu longo eixo, as superfícies foram polidas e levadas para análise de dureza e módulo de Young's. Comparando os três tipos de cimento quando realizada a polimerização direta (controle), o cimento químico apresentou os menores valores de rigidez e dureza, contudo sua capacidade de deformação elástica é superior à dos demais cimentos. O cimento fotopolimerizável é o mais rígido e com maior dureza, porém apresentou e menor capacidade de deformação elástica, que pode levar a fratura do cimento. O cimento dual apresentou as melhores propriedades, apresenta rigidez e dureza próximas à do cimento foto, com uma grande capacidade de ser deformado de forma reversível. Na simulação clínica, os autores observaram que a dureza e rigidez aumentaram em quase 100%, enquanto a capacidade de deformação elástica permaneceu constante. No cimento fotopolimerizável, as propriedades não foram alteradas, contudo, não foi possível realizar a análise no terço apical devido à não polimerização do material nesta região. Finalmente, o cimento dual apresentou resultados similares aos obtidos no grupo controle, não havendo diferença significativa entre as regiões cervical, média e apical.

O estudo de Moraes et al.<sup>53</sup> (2008) avaliou a relação entre a irradiação transmitida através de uma cerâmica e a resistência adesiva entre um cimento resinoso e dentina bovina. Após a aplicação de um sistema adesivo sobre a dentina, foi posicionado um molde de elastômero e este foi

preenchido com cimento resinoso fotopolimerizável. A foto-ativação foi realizada através de um disco cerâmico de 6mm de espessura com diferentes intensidades : 250, 400, 550, 700 e 850 mW/cm<sup>2</sup>. O grupo controle foi polimerizado diretamente sobre o cimento. Para avaliação da resistência adesiva foi realizado o teste de micro-cisalhamento. Os autores observaram que os grupos polimerizados com 250 e 400 mW/cm<sup>2</sup> apresentaram menores valores de resistência adesiva que o grupo controle e o grupo ativado com 850 mW/cm<sup>2</sup>.

Reges et al.<sup>19</sup> (2008) analisaram, através do teste de microdureza, o grau de conversão de diferentes tonalidades do cimento resinoso dual Enforce (Dentsply): A2, B1 e opaco. A análise foi realizada em diferentes profundidades (100, 300, 500 e 700µm) e como resultado foi observado que o cimento nas cores A2 e B1 apresentaram maior dureza que a resina opaca. Além disso, quanto maior a profundidade, menor o grau de conversão do cimento.

### **2.3 Testes de fadiga**

Evidências clínicas indicam que a maior parte das fraturas que ocorrem em restaurações protéticas, ocorrem após muitos anos. Wiskott et al.<sup>67</sup> (1995) em uma revisão de literatura sobre fadiga mecânica pondera que as falhas normalmente não estão relacionadas a um impacto, mas são resultados de longos períodos de fadiga mecânica. Os autores citam que a fadiga é um modo de fatura onde a estrutura eventualmente falha depois de repetidas cargas que são menores que a carga estática necessária para provocar uma fratura catastrófica. Pode ser explicada pelo desenvolvimento de pequenas trincas em áreas de concentração de tensões, normalmente em áreas de defeitos moleculares microscópicos. Quando um material sem

defeitos estruturais é submetido à tração, são formadas linhas de tensão paralelas à carga aplicada, contudo, quando há um defeito estrutural do material, as tensões se concentram ao redor desse defeito, sendo ponto crítico para início e propagação da fratura catastrófica. Os autores também citam que considerando o número médio de ciclos mastigatórios que um indivíduo realiza diariamente que é ao redor de 2.700, o número de ciclos realmente ativos e o tempo médio de vida clínica das restaurações, é recomendável que se utilize pelo menos um milhão de ciclos em ciclagem mecânica *In Vitro*. Além disso, é recomendável que sejam aplicadas cargas abaixo do limite elástico do material com aproximadamente 10.000 a 1.000.000 ciclos. Assim, os testes dinâmicos de fadiga, são métodos válidos para avaliação *In Vitro* do comportamento de materiais dentários.

Dietschi et al.<sup>23</sup> (1997) analisaram sob microscopia eletrônica de varredura, as interfaces entre pino, cimento, dentina e reconstrução coronária após testes de fadiga mecânica. Foram utilizados dentes unirradiculares humanos restaurados com diferentes retentores intraradiculares: a) pino experimental de óxido de zircônio; b) pino de titânio recoberto com RC na parte coronária; c) pino de titânio recoberto com cerâmica na parte coronária; d) pino de fibra de carbono recoberto com RC; e e) pino de fibra experimental com RC. Todos os pinos foram cimentados adesivamente. Em seguida foram submetidos ao teste de fadiga mecânica sob o protocolo: 250.000 ciclos, carga de 70N aplicada a 45° em relação ao longo eixo da raiz a uma frequência de 1,5HZ. Os espécimes permaneceram em solução salina durante toda a ciclagem. Depois da fadiga mecânica, os espécimes foram termociclados (5.000 ciclos entre 5° e 55°C). Os dentes foram embutidos em resina epóxica seccionados perpendicularmente ao longo eixo da raiz, produzindo fatias de 800um para avaliação ao MEV das interfaces: a) pino e reconstrução coronária (RC); b) RC e dentina; c) pino e cimento resinoso; e d) cimento e dentina. O pino de titânio com RC

apresentou os melhores resultados de adaptação marginal, entretanto, ocorreram seis fraturas radiculares dos oito dentes avaliados neste grupo. Duas fraturas foram observadas com o pino de zircônio e nos grupos com pinos de fibra não ocorreram fraturas radiculares. Observando a interface pino-cimento, o pino de zircônio apresentou 10,75% de desunião. Estes resultados foram justificados em função dos diferentes E dos pinos.

Mannocci et al.<sup>48</sup> (1999) avaliaram o índice de sobrevivência de pinos de fibra de carbono, fibra de quartzo e pinos cerâmicos de zircônio (Cerapost Gebr) quando submetidos a uma carga de 250N, a uma frequência de dois ciclos por segundo. A incidência da carga foi realizada na porção lingual de uma coroa confeccionada em Empress II a um ângulo de 45° em relação ao longo eixo dos dentes. Antes do ensaio os dentes foram tratados com o sistema All Bond, os pinos foram cimentados com cimento resinoso C&B cement (Bisco). Os pinos de zircônio foram condicionados com ácido fluorídrico por 3 minutos. Como resultado os autores observaram que após 400.000 pinos de fibra de carbono e fibra de quartzo (n=10) houve falha em 1 pino, enquanto no grupo de pinos de zircônio (n=10), seis pinos falharam (cinco havendo fratura dos pinos e da raiz e um houve fratura da coroa).

Akkayan e Gülmez<sup>1</sup> (2002) realizaram um estudo no intuito de avaliar a resistência a fratura de dentes restaurados com pinos de titânio, de zircônio e pinos de fibra de quartzo e fibra de vidro. Foram utilizados caninos humanos cuja coroa foi seccionada no nível da junção cimento-esmalte. Os sistemas de pinos avaliados foram: a) pino de titânio (Filpost); b) pino de fibra de quartzo (DT light post; c) pino de fibra de vidro (parapost fiber white) e d) pino de óxido de zircônio (CosmoPost). Todos os pinos foram cimentados com sistema adesivo Single Bond e o cimento resinoso Rely X (3M). A parte coronária foi reconstruída com resina composta e coroas metálicas foram cimentadas nos dentes. Para o teste de resistência à fratura, as amostras foram embutidas em RAAQ e o ligamento periodontal simulado em silicone.

Os dentes foram submetidos à carga de compressão com velocidade constante de 1mm/mn incidindo a um ângulo de 45° em relação ao longo eixo do dente. Como resultado foi observado que o grupo b apresentou maior resistência à fratura estatisticamente significativa quando comparada aos outros grupos. Analisando o tipo de fratura foi observado que no grupo d (pino zircônio) todos os pinos fraturaram enquanto nos grupos b e c não houve falha catastrófica. Assim, os autores sugeriram que os pinos intradiculares devem ter E mais próximo possível da dentina radicular, a fim de reduzir a concentração de tensões e diminuir o risco de fratura.

Heydecke et al.<sup>40</sup> (2002) compararam a resistência à fratura de diferentes sistemas de pinos e reconstrução coronária submetidos à ciclagem mecânica. Sessenta e quatro incisivos centrais superiores foram tratados endodonticamente, obturados e a coroa foi seccionada na junção cimento esmalte. Os dentes foram preparados com fresas específicas dos sistemas de pino utilizados com o cuidado de manter 03mm de guta percha na porção apical. Durante a cimentação os pinos foram constituídos os seguintes grupos: G1) pino de titânio (ER) com reconstrução coronária em resina composta (RC); G2) pino de zircônio (Cerapost) com reconstrução coronária em RC; G3) pino de zircônio (Cerapost) com reconstrução coronária confeccionada indiretamente em cerâmica (Empress-cosmo/Ivoclar) e G4) pinos e reconstrução coronária em ouro (controle). Todos os pinos foram cimentados com cimento resinoso (Panavia 21) e os dentes tratados com sistema adesivo autocondicionante Ed. Primer (kuraray). Foram confeccionadas coroas metálicas para todos os dentes. Para a ciclagem mecânica foi utilizada uma carga de 30N, com ângulo de incidência de 130° a uma frequência de 1,3HZ. Foram realizados 1.200.000 ciclos simulando cinco anos de uso clínico. Durante a ciclagem mecânica houve falha de um dente nos grupos 1 e 2 de dois dentes no grupo 4. Em seguida os dentes foram submetidos à carga estática com mesmo ângulo de incidência até

fraturar. Como resultado os autores observaram que os pinos de zircônio apresentaram maior resistência à fratura que os demais pinos testados embora não tenha sido encontrada diferença estatisticamente significativa.

O objetivo do estudo de Nikaido et al.<sup>54</sup> (2002) foi avaliar “*in vitro*” a durabilidade da interface dente/resina após ciclagem térmica e mecânica através de ensaios de microtração. Foram utilizados 24 molares divididos em dois grupos: a) dentina coronária superficial foi planificada e polida e foi aplicado o sistema adesivo Clearfil Linerbond 2V seguido da confecção de uma restauração de 05mm de altura em RC (Clearfil AP-X); b) foi confeccionada uma cavidade classe I que foi restaurada com os mesmos materiais. Para realização dos testes de durabilidade estes grupos foram sub-divididos em: a<sub>1</sub>) sem termociclagem (TC) e ciclagem mecânica (CM); a<sub>2</sub>) sem CM, 2.000 TC; a<sub>3</sub>) 50.000 ciclos de CM , sem TC; a<sub>4</sub>) 50.000 CM e 2.000 TC; b<sub>1</sub>) sem CM e TC; b<sub>2</sub>) 10.000 ciclos de CM e 125 TC; b<sub>3</sub>) 50.000 CM e 625 TC e b<sub>4</sub>) 100.000 CM e 1.250 TC. Após os devidos tratamentos térmicos e mecânicos foram submetidos a ensaios de microtração. Como resultado os autores observaram que não houve diferença estatisticamente significativa entre os sub-grupos do grupo A, que apresentaram RA de aproximadamente 40MPa. Para o grupo B, os sub-grupos B<sub>1</sub> e B<sub>2</sub> apresentaram 21, 01 e 24MPa de RA respectivamente, enquanto os sub-grupos B<sub>3</sub> (16,2MPa) e B<sub>4</sub> (16,6MPa) apresentaram significativa redução na RA após ciclagem mecânica. Os autores atribuíram essa diferença entre os grupos A e B aos fatores de profundidade de dentina e fator C. Já a diferença entre os sub-grupos B<sub>1</sub> e B<sub>3</sub> aos sub grupos B<sub>3</sub> e B<sub>4</sub> foi atribuída ao efeito da ciclagem mecânica que pode causar micro separações entre a cavidade e o sistema adesivo ou deformação plástica da interface adesiva diminuindo assim, a RA do conjunto.

Pontius e Hutter<sup>57</sup> (2002) avaliaram a durabilidade e resistência a fratura de incisivos centrais superiores tratados endodonticamente e

restaurados com três tipos de retentores intra-radicular. Foram utilizados quarenta dentes divididos em quatro grupos (n=10). Foram constituídos os seguintes grupos: a) pinos pré-fabricados de liga preciosa (Permador) cimentados com cimento fosfato de zinco; b) Pino de oxido de zircônio pré fabricado (Cerapost) jateado com oxido de alumínio (50µm) e cimentado com cimento resinoso (Panavia 21); c) pinos de resina e cerâmica (pinos cerâmicos porosos infiltrados com resina composta) cimentados com cimento resinoso (Panavia 21); d) a cavidade de acesso foi preenchida por resina composta (Herculite, Kerr). As amostras foram submetidas à ciclagem mecânica em maquina que simula condições orais (Willytetch, Mumich, Germany). Foram realizados 1.200.000 ciclos correspondentes a cinco anos de utilização. Os índices de durabilidade foram calculados usando analise de Kaplan-Meier. Em seguida os espécimes que não fraturaram durante a ciclagem mecânica sofreram carga em maquina de ensaio universal (ZWICK) até a fratura. Como resultado os doutores observaram índice de fratura durante a ciclagem mecânica de 90% no grupo A, 80% no grupo B e 60% no grupo C. Os testes de resistência à fratura mostraram que no grupo onde foi utilizado pino de zircônio, a fratura ocorreu na reconstrução coronária ou no coping, não havendo fratura do pino da raiz, o que sugere q a cimentação adesiva dos pinos de zircônio e capaz de reduzir a transmissão de forcas ao remanescente radicular.

Reid et al.<sup>59</sup> (2003) avaliaram a infiltração entre reconstrução coronária/cimento/dentina após fadiga mecânica, comparando com a infiltração inicial. Foram utilizados cinco tipos de pinos sendo: três pinos de fibra, (C-Post-Bisco, ESthetic C-Post (Bisco)), Fibrekor post (Jeneric C-Penetrator), 1 pino de zircônio (CosmoPost-Ivaclar) e um pino de titânio (Para Post-Whalend). Os pinos foram cimentados adesivamente (Prime & Bond – Dentsply e cimento cement It-Jeneric. Penetrator) com exceção dos pinos de titânio que foram cimentados com fosfato de zinco (Mission Dental Inc.). Os

pinos foram submetidos à ciclagem mecânica, com carga de 30N aplicada a 45° do longo eixo do dente a uma frequência de 3Hz, onde foram realizados um total de 100.000 ciclos. A infiltração foi medida antes da ciclagem mecânica e após 30.000 ciclos, 60.000 ciclos mais 1.000 ciclos térmicos (entre 5°C e 55°C – banhos de 30s) e após 100.000 ciclos mecânicos. Os autores observaram, para todos os sistemas de pinos, um aumento significativo na infiltração após ciclagem mecânica e um aumento mais abrupto após ciclagem térmica. Além disso foi observado que o grupo composto por pino cerâmico apresentou resultados estatisticamente semelhantes aos grupos compostos por pinos de fibra.

Em uma revisão da literatura a respeito de pino intra-radicular estéticos Qualtrought e Mannocci<sup>58</sup> (2003) fizeram as seguintes considerações: a) A utilização de pinos é indicada quando remanescente coronário é insuficiente para suportar uma coroa; b) Os pinos de fibra favorecem vantagens mecânicas, uma vez que seu E, se assemelha ao E da dentina; c) deve-se utilizar técnica adesiva para cimentação de pinos estéticos para aumentar a retenção e conservar tecido dental; d) os pinos cerâmicos não são indicados para casos com excessiva perda de estrutura dental pois sua rigidez aumenta o risco de fratura da raiz. Apesar de ressaltar vantagens dos pinos de fibra sobre os pinos cerâmicos em relação ao menor risco de fratura radicular os autores citam que o baixo módulo de elasticidade dos pinos de fibra pode favorecer a decimentação deste quando submetido à carga constante, o que, segundo os autores, não ocorre com um pino mais rígido. Desta forma, os autores entendem que mais estudos clínicos em longo prazo são necessários para mostrar evidências e consolidar as técnicas de pinos estéticos de fibra e cerâmicos.

Bolhuis et al<sup>11</sup>. (2004) realizaram um estudo no intuito de avaliar a influência da ciclagem mecânica sobre a qualidade de camada de cimento entre pinos de comprimento reduzido e o canal radicular. Foram utilizados

trinta e dois pré-molares cuja porção coronária foi removida e os canais preparados com comprimento de trabalho de 6mm. Foram utilizados quatro tipos de pinos: G1) pino de titânio; G2) Pinos de fibra de quartzo; G3) Pino de fibra de carbono revestido por fibra de quartzo; G4) Pino metálico fundido. Todos os pinos foram cimentados com cimento resinoso Panavia 21 (Kuraray). Para todos os grupos, metade dos espécimes (n=4) foi submetida à teste de fadiga (carga de 8-40N, a uma frequência de 2Hz, 1000000 de ciclos). Em seguida os espécimes foram seccionados perpendicularmente ao longo eixo do dente, gerando fatias de 1,5mm de espessura, que foram avaliadas sob MEV e submetidas à ensaio de push-out. Através da análise ao MEV os autores observaram menor número de irregularidades no grupo composto por pino de titânio. No ensaio de push-out, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos.

Bolhuis et al.<sup>10</sup> (2004) avaliaram o efeito da ciclagem mecânica sobre a resistência adesiva entre pinos metálicos fundidos e dentina intraradicular, cimentados com cimento resinoso (Panavia 21) e cimento de fosfato de zinco (Phosphacem/C). As coroas de dezesseis pré-molares unirradiculares foram removidas na JEC. Em seguida foi realizado tratamento endodôntico e preparo do canal com brocas de 1,3mm de diâmetro em baixa rotação, preservando 4mm da guta-percha na região apical. Foram confeccionados retentores metálicos fundidos a partir de uma moldagem de resina acrílica (Duralay). Oito pinos foram cimentados com cimento resinoso (Panavia 21) após tratamento do canal radicular com sistema adesivo indicado pelo fabricante (Grupo 1). Os demais dentes receberam pinos cimentados com cimento de fosfato de zinco (Phospha Cem/C) (Grupo 2). Em cada grupo, metade dos espécimes foram armazenados em água destilada a 57°C, enquanto a outra metade foi submetida a teste de fadiga, no qual foram realizados 1000.000 de ciclos mecânicos com carga de 8N a 40N, incidindo com angulação de 85° em relação ao longo eixo do dente. Em

seguida, os espécimes foram seccionados transversalmente, produzindo três fatias de 1,5mm de altura, que foram levadas ao MEV para observação da integridade do cimento e submetidas a teste de push-out. Foi observado que o teste de fadiga não provocou falhas em nenhum espécime. Além disso não foram observadas diferenças de RA estatisticamente significativas após a ciclagem mecânica para ambos os cimentos. Contudo, o cimento resinoso apresentou maiores resultados de RA que o cimento de fosfato de zinco.

Goto et al.<sup>37</sup> (2005) avaliaram o número de ciclos mecânicos necessários para provocar falhas em coroas totais cimentadas sobre três diferentes tipos de pino e reconstrução coronária: a) núcleo metálico fundido em ouro cimentado com cimento de fosfato de zinco; b) pinos de titânio cimentados com cimento de fosfato de zinco com reconstrução coronária em resina composta; c) pinos de fibra de vidro cimentados com cimento resinoso e reconstrução coronária realizada em resina composta. Foram utilizados quinze dentes divididos em três grupos (n=5) segundo o sistema de pino utilizado. As porções coronárias foram removidas 1,5mm acima da JEC, e os canais preparados com fresas de 1,5mm de diâmetro até o comprimento de 8 mm. Para a cimentação dos pinos foi realizado o preparo do canal com fresas específicas dos sistemas utilizados em cada grupo (CT=12mm). Para todos os grupos foram confeccionadas coroas em ouro, cimentadas com cimento resinoso (Rely-X, 3M). Para a detecção de micromovimentação da coroa ocasionada por trincas no cimento, foi posicionado um strain gauge na interface dente/restauração. Em seguida, os espécimes foram submetidos à carga de 6Kg, incidindo na porção lingual 45° em relação ao longo eixo o dente, a uma frequência de 4,3Hz. Foi detectado o número de ciclos necessários para causar falha preliminar na interface dente/coróa. Como resultado, os autores observaram diferenças estatisticamente significativas entre os três grupos sendo o mais resistente o pino de fibra de vidro seguido do pino de titânio. Os autores atribuem estes resultados ao tipo de cimento

utilizado para cada pino e ponderaram que a resistência ao cisalhamento dos cimentos resinosos é maior que a resistência do cimento de fosfato de zinco. Além disso, consideraram que a cimentação adesiva dos pinos pode aumentar a resistência à fadiga destes.

Dietschi et al.<sup>22</sup> (2006) avaliaram o efeito da fadiga sobre a adaptação marginal e interna de dentes restaurados com diferentes tipos de pinos. Foram utilizados dentes bovinos, onde foram cimentados três pinos anisotrópicos ( fibra de carbono, quartzo e carbono revestido com quartzo) e três pinos isotrópicos (zircônio, metálico, titânio). Os espécimes foram submetidos à três ciclos de fadiga sucessivos: 250.000 ciclos a 50N, 250.000ciclos a 75 N e 500.000 ciclos a 100N, com frequência de 1,5Hz. A adaptação da restauração foi analisada através de microscopia eletrônica de varredura em cada fase da ciclagem. Após o teste de fadiga foram analisadas também as interfaces internas. Como resultado os autores observaram que a ciclagem mecânica aumentou desadaptação em todos os grupos, sendo que o grupo restaurado com fibras de carbono apresentou o menor índice (7,11%) de desadaptação. Os autores concluíram que Os pinos de resina reforçados com fibra são mais favoráveis com relação à desadaptação que os pinos mais rígidos, especialmente os metálicos.

## **2.4 Adesão**

Mannocci et al.<sup>50</sup> (2001) observaram a resistência adesiva entre dois sistemas adesivos (All Bond e Panavia F) e dentina radicular. Foram utilizados oito dentes, cujas raízes foram seccionadas ao meio no sentido longitudinal e cada metade foi tratada com um tipo de sistema adesivo segundo as recomendações dos fabricantes. Em seguida os canais foram preenchidos com resina composta (Clearfil) e seccionados transversalmente para obtenção de fatias de 1,5mm de espessura. Com o uso de broca

diamantada, as fatias foram preparadas para obtenção de espécimes em formato de ampulheta, com área adesiva de aproximadamente  $0,75\text{mm}^2$ . Os espécimes foram submetidos a ensaios de tração e os valores de resistência adesiva transformados em MPa. Como resultado não foi observada diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos.

O objetivo do estudo de Ferrari et al.<sup>27</sup> (2001) foi avaliar: a) o mecanismo de adesão (*tags*, zona de interdifusão resina-dentina, ramificações laterais da resina polimerizada) de um adesivo de frasco único à dentina radicular, quando aplicado sob três diferentes procedimentos; b) a eficácia de pinos translúcidos em permitir a polimerização de materiais adesivo-cimentantes; c) a eficácia do *microbrush* em levar a solução primer/adesivo ao terço apical do preparo. Os autores também testaram a hipótese nula de que procedimentos clínicos diferentes não afetam diretamente o mecanismo de adesão aos canais radiculares. Quarenta dentes humanos extraídos por razões periodontais e tratados endodonticamente foram selecionados. Os grupos estudados foram os seguintes: G1- One step/Duo link + Ac. Fosf. 32%+lavagem/secagem+adesivo com pincel do fabricante; G2- One step/Duo link + Ac. Fosf. 32%+lavagem/secagem + adesivo com pincel bem fino G3- One step/Duo link + Ac. Fosf. 32%+lavagem/secagem + adesivo com pincel do fabricante, fotopolimerizado após a colocação do cimento; G4- All Bond 2/Duolink usados de acordo com as instruções do fabricante. O pino translúcido Endolight foi utilizado em todos os grupos. O pino foi posicionado e o excesso de cimento removido e fotopolimerizado por 20s. A parte coronária foi reconstruída e os dentes ficaram uma semana em água, à temperatura ambiente. Uma porcentagem maior de zona de interdifusão resina-dentina foi observada para G1, em relação aos outros grupos. Diferenças estatisticamente significantes também foram observadas entre G1 e os demais grupos quanto aos *tags* de resina (quantidade e morfologia) nas

regiões média e apical. Em se tratando das regiões, houve menor formação de *tags* e zona de interdifusão resina-dentina no terço apical do preparo dos grupos 2, 3 e 4. Os autores chamam a atenção para o fato de que *tags* de resina e zonas de interdifusão resina-dentina mais uniformes produzem adesão mais confiável e só são obtidos quando se utiliza um *microbrush*.

Vichi et al.<sup>66</sup> (2002) realizaram um estudo com o objetivo de comparar o mecanismo de adesão entre a dentina radicular e três sistemas adesivos de frasco único e dois sistemas de três passos em combinação com cimentos resinosos. Foi avaliada, concomitantemente, a presença de falhas / bolhas no adesivo ou no cimento. Foram utilizados cinquenta dentes unirradiculares com extração indicada por problemas periodontais ou endodônticos. Os dentes foram tratados endodonticamente e em seguida foi realizado um preparo intra-radicular e cimentação do pino que se procedeu de diferentes formas: G1: Sistema adesivo All Bond 2 ( Bisco) e cimento C & B; G2: Sistema Scotchland Multi-Purpose Plus e cimento Opal luting Cement (3M); G3: Adesivo Scotchbond 1 (3M) e cimento Rely X. ARC (3M ESPE); G4: Sistema adesivo One Step e cimento C e B (Bisco); G5: All Bond e cimento Post cement III-X (Bisco). Os grupos apresentavam dez dentes (n=10) cada e os sistemas adesivos e cimentos utilizados foram manipulados segundo as recomendações dos fabricantes. Uma semana após o tratamento o dente foi extraído, embebido em resina epóxica e seccionado paralelamente ao longo eixo do dente. Metade de cada dente foi descalcificada, desproteinizada e observada ao microscópio eletrônico de varredura em diferentes aumentos (500 X, 2000 X) para avaliar a formação e uniformidade da camada híbrida e a presença de *gaps*. A outra metade foi utilizada para avaliar o comprimento dos *gaps* e a presença de ramificações laterais. Os valores obtidos foram graduados de 0 a 3: 0- sem *tags*; 1-Poucos *tags* pequenos; 2-formação uniforme de *tags* sem ramificações laterais e; 3-formação uniforme de *tags* com ramificações laterais. Os valores obtidos a

1mm, 4.5mm e 8mm do ápice foram analisados estatisticamente. A partir dos resultados obtidos, os autores concluíram que os adesivos de três passos, apresentam um melhor mecanismo de adesão micromecânica no ápice que os adesivos de frasco único e nas demais regiões o mecanismo de adesão entre os adesivos de um passo e três passos e a dentina radicular são semelhantes.

Ferrari et al.<sup>29</sup> (2002) realizaram um estudo que ressalta a importância da utilização de *microbush* para a aplicação homogênea do sistema adesivo ao longo do canal radicular. Os autores avaliaram, através da microscopia eletrônica de varredura, a formação da camada híbrida quando se aplica o sistema adesivo no link (Bisco) com um *microbush* ou pincel comum. Os autores observaram que quando não se utiliza um *microbush*, a formação da camada híbrida no terço apical é menos evidente.

O fator de configuração cavitária (Fator C) tem sido um dos principais responsáveis pelo controle das tensões de polimerização de resinas compostas e cimentos resinosos. O estudo de Bouillaguet et al.<sup>13</sup> (2003) observou a resistência adesiva, pelo teste de microtração, entre dentina radicular e sistemas adesivos, em função do Fator C. Para tanto, foram selecionados quarenta e oito caninos e pré-molares humanos, que foram divididos em dois grupos depois da parte coronária ter sido removida: a) canal foi preparado para receber o pino e a cimentação realizada (com a cavidade fechada (Fator C máximo); b) o canal foi inicialmente preparado para o pino, a raiz seccionada ao meio paralelamente ao longo eixo do dente, e a cimentação realizada em uma das porções com cavidade aberta (Fator C reduzido). Para a cimentação, o pino pré-fabricado (Para Post) foi duplicado em resina composta, quatro tipos de sistemas adesivos (Single Bond/ RelyX ARC; Ed Primer/ Panavia F; C&B metabond; Fuji Plus), utilizados segundo as recomendações do fabricante. Os espécimes foram preparados para a realização do teste de microtração. Após análise

estatística, ao comparar a cavidade fechada (alto Fator C) com a aberta (baixo Fator C), foi constatado que todos os sistemas adesivos apresentaram significativa diminuição na resistência adesiva devido à maior tensão de polimerização causada pelo alto Fator C a cavidade fechada. Os autores citam que o Fator C para restaurações intra-radiculares é o máximo, o que causa alto estresse de contração que pode ultrapassar a adesão de sistemas adesivos à dentina intra-radicular, impedindo assim, a obtenção de altas resistências adesivas quando pinos endodônticos são cimentados com cimentos resinosos.

O uso de soluções irrigadoras durante a instrumentação endodôntica pode afetar a resistência adesiva de cimentos resinosos à dentina radicular. No intuito de avaliar essa hipótese Ari et al.<sup>4</sup> (2003) verificaram o efeito da irrigação com NaOCl a 5% sobre a resistência adesiva de quatro sistemas adesivos à dentina radicular. Foram utilizados oito dentes humanos cujo canal radicular foi instrumentado irrigando constantemente com NaOCl a 5%, e outros oito dentes nos quais foi realizada irrigação com água. Em seguida os canais foram preenchido com os cimentos C&B Metabond, Panavia F, Variolink II e Rely-X associados aos sistemas adesivos indicados pelos fabricantes. Para avaliação da resistência adesiva foi utilizado o teste de microtração. Após análise dos resultados os autores observaram que a utilização de NaOCl como solução irrigadora diminuiu a resistência adesiva entre cimento e dentina para todos os materiais testados.

Para verificar a precisão dos métodos de avaliação de resistência adesiva, Goracci et al.<sup>36</sup> (2004) compararam três tipos de ensaios. Foram utilizados trinta dentes que tiveram a porção coronária removida na junção esmalte-cimento, foram instrumentados e obturados com guta-percha. O conduto radicular foi preparado com fresas do sistema de pinos Ghimas White Post (Ghimas) com comprimento de 9mm. Quinze pinos foram cimentados com cimento resinoso dual Variolink (Ivoclar) e os

dentes tratados com sistema adesivo Encate DSC. Outros quinze pinos foram cimentados com Rely X Unicem (3M-ESPE), cimento resinoso auto adesivo. Para cada sistema adesivo/cimento utilizado, cinco dentes foram submetidos à ensaio de microtração *trimming*, cinco ao ensaio de microtração *non-trimming* e 5 dentes ao ensaio de push-out. Como resultado, os autores observaram que, quando se realiza ensaio de microtração *non-trimming* quase todos os espécimes falharam durante a fase de corte, não podendo ser submetidos à ensaio. Para a microtração *trimming* houve menor índice de falha prematura, contudo os valores obtidos apresentaram maior variabilidade que no ensaio de push-out. Esta foi atribuída à falta de controle da tensão gerada pela broca, que pode afetar a resistência adesiva do espécime. Os autores concluíram que o ensaio de push-out parece ser a técnica mais confiável para avaliação da resistência adesiva de pinos de fibra à dentina radicular.

Magni et al.<sup>45</sup> (2007) avaliaram o efeito de diferentes tratamentos de superfície de pinos de fibra e cimentos resinosos sobre a resistência adesiva do conjunto dentina, cimento, pino. Os pinos ( FRC Postec- Ivoclar) receberam um dos quatro tratamentos de superfície: (1) jateamento com rocatec (3M ESPE), (2) jateamento + silano, (3) somente o silano, (4) sem tratamento. Foram cimentados com três tipos de agentes cimentantes: Multilink, Variolink, MultiCore Flow (Ivoclar). Para análise da resistência adesiva foi utilizado o teste de microtração. Como resultado os autores observaram que o tipo de cimento não influenciou significativamente a resistência adesiva. Com relação ao tratamento de superfície a realização do jateamento + silano apresentou maiores valores que com a utilização de apenas jateamento ou sem tratamento. Não foram observadas diferenças significativas entre jateamento + silano e apenas silano. Assim, os autores concluíram que a silanização é de grande importância para melhorar a resistência adesiva entre pinos de fibra e cimentos resinosos.

Souza et al.<sup>63</sup> (2007) analisaram o efeito do tipo de microbrush utilizado para a aplicação do sistema adesivo e a utilização de cones de papel para remoção dos excessos sobre a resistência adesiva de pinos de fibra cimentados à dentina radicular. Foram testados quatro tipos de *microbrushs* e a utilização ou não de cones de papel para a remoção dos excessos após a aplicação do adesivo. Após ensaios de push-out os autores concluíram que o microbrush de menor diâmetro ( Cavitip- SDI) e a utilização de cones absorventes são capazes de propiciar uma resistência adesiva estatisticamente superior.

## **2.5 Características do substrato e distribuição de tensões**

Em uma revisão da literatura Gutmann<sup>39</sup> (1992) considerou alguns aspectos da dentina radicular tratada endodonticamente, como: a) menor umidade da dentina, b) alterações na resistência decorrentes de mudanças na arquitetura do dente durante acesso e instrumentação do canal radicular; c) conceitos de esforços biomecânicos que agem sobre estes dentes; d) tenacidade da dentina; e) mudanças na malha de colágeno em dentes desvitalizados. O autor cita que em casos em que há necessidade de utilização de um retentor intra-radicular deve-se ter os seguintes cuidados: a) avaliar a real necessidade de utilização de um retentor intra-radicular; b) evitar sistemas de pinos que concentram tensões em locais específicos; c) permitir íntimo contato entre pino e cimento; d) considerar a possibilidade de substituir cimento de fosfato de zinco por cimento resinoso de baixa viscosidade; e) minimizar as tensões em função; f) estabelecer o efeito férula em dentina sadia quando possível, aumentando assim a altura clínica de cada coroa.

Ukon et al.<sup>65</sup> (2000) observaram a distribuição de tensões no conjunto dente-pino-reconstrução coronária em função dos diferentes Es dos materiais. Foi empregada a análise de elementos finitos através de modelo bidimensional no qual os seguintes Es foram utilizados: 200GPa para pino pré-fabricado de aço inoxidável ou cromo-cobalto, 150GPa para pino pré-fabricado de liga de titânio ou níquel-cromo, 80GPa para retentor fundido de ouro, 3 a 6GPa para resina composta e 15GPa para dentina foi aplicada uma carga de 60g no sentido vertical e a 45° do longo eixo do dente a partir dos resultados obtidos os autores fizeram as seguintes considerações: a) foi observado que quando se aplica uma carga oblíqua há uma maior concentração de tensões na estrutura radicular; b) as tensões na dentina se concentram mais na região apical; c) pinos com alto módulo de elasticidade apresentaram maior efeito cunha na estrutura radicular; d) menor E do material de reconstrução coronária permitiu melhor distribuição de tensões na região cervical da raiz e da restauração, além da maior distribuição de tensões ao redor do pino.

No intuito de observar a distribuição de tensões quando se utiliza pinos de diferentes formas (paralelo, cônico e com duplo paralelismo) e materiais, Albuquerque et al.<sup>2</sup> (2003) realizaram uma análise através de elementos finitos. Uma carga de 100N foi aplicada em 45° em relação ao longo eixo do dente, na face palatina. Foi descrito que a carga recebida que um incisivo superior recebe durante a mastigação é de 10Kg a 15KG (100N a 150N). Os autores citam que, para todos os tipos de pinos, houve maior concentração de tensões na região cervical da raiz, na interface dente-pino. Foi também observado que os pinos cilíndricos e os pinos de fibra (E semelhante ao da dentina) de carbono, apresentaram melhor distribuição de cargas ao remanescente radicular que os pinos metálicos que apresentam E maior que o da dentina.

A estrutura dentinária sofre transformações histológicas e fisiológicas ao longo dos anos. Devido a essas alterações Giannini et al.<sup>35</sup> (2003) analisaram o efeito da idade do elemento dental sobre os ensaios de resistência adesiva. Foram utilizados vinte e cinco terceiros molares hígidos e erupcionados, divididos em grupos de acordo com a idade do indivíduo (n=5): G1) 17 a vinte anos; G2) 21 a trinta anos; G3) 31 a quarenta anos; G4) 41 a cinquenta anos e G5) 51 a 63 anos. O esmalte dos dentes foi removido e a superfície dentinária regularizada e polida. Para todos os dentes foi utilizado o sistema adesivo Prime e Bond NT (Dentsply) e confeccionada uma restauração em resina composta (FD 14 – Dentsply) de 6 mm de altura através da técnica incremental. Após 24 horas os dentes foram seccionados para obtenção de espécimes com área adesiva de 0,8 x 0,7 mm para realização de ensaio de microtração. Como resultado os autores não observaram diferença estatisticamente significativa entre os grupos, sugerindo que a resistência adesiva não é significativamente afetada pela idade dental.

Mannocci et al.<sup>49</sup> (2004) realizaram um estudo no intuito de verificar a quantidade de túbulos dentinários nos terços coronal, médio e apical e sua relação com a resistência à tração nestas áreas. Foram utilizados dez dentes unirradiculares cuja dentina lingual foi preparada para a confecção de espécimes cilíndricos com 2mm de diâmetro e 10mm de comprimento. Este foi seccionado transversalmente e dividido em duas partes: uma correspondente às porções coronárias (G1) e outra correspondente às porções médias e apicais (G2). Os espécimes foram fixados em um dispositivo para ensaio de microtração e submetidos à força de tração a uma velocidade de 0,2mm/min. A carga necessária para fratura do espécime foi registrada. Para análise da quantidade de túbulos dentinários os espécimes fraturados foram condicionados com ácido fluorídrico a 32% e submetidos à análise em microscópio eletrônico de

varredura. A contagem dos túbulos foi realizada em fotos tiradas com aumento de 1.500 vezes. Os resultados mostraram que o número de túbulos na porção coronária foi significativamente maior que na porção média e apical. Contudo a resistência à tração na porção média/apical foi significativamente maior que porção coronária. Os autores citaram que quando possível é importante a extensão do pino até o terço médio/apical, devido a maior resistência da dentina nesta região.

### **3 PROPOSIÇÃO**

Este estudo teve como objetivo avaliar o grau de conversão e resistência adesiva de três tipos de cimentos resinosos, polimerizados através de um pino translúcido. As hipóteses deste trabalho são apresentadas:

- a) a resistência adesiva e grau de conversão do cimento dual são maiores quando realizada a foto-ativação;
- b) não há diferenças na resistência adesiva do cimento dual e químicamente polimerizado antes e após ciclagem mecânica;
- c) a resistência adesiva é semelhante nas regiões cervical, média e apical para os cimentos testados.

## **4 MATERIAL E MÉTODO**

### **4.1 Escolha dos dentes**

Foram utilizados 70 dentes humanos unirradiculares (incisivos centrais e laterais superiores e pré-molares inferiores), extraídos por razões ortodônticas ou periodontais, cuja utilização foi aprovada pelo comitê de ética em pesquisa da Faculdade de Odontologia de São José dos Campos-UNESP (apêndice). Foram selecionados dentes sem cáries ou restaurações no terço cervical e com canais retos. Os dentes foram limpos com curetas periodontais e armazenados em água destilada a -18°C até a utilização no estudo, para o qual os dentes foram descongelados e em seguida armazenados em água destilada.

### **4.2 Preparo dos dentes – calibragem dos condutos**

Inicialmente, a coroa dental foi removida com discos diamantados em baixa rotação sob constante refrigeração, padronizando o tamanho radicular de cada espécime (Sp) em 16mm. Uma média do diâmetro de cada Sp foi obtida a partir da medição das dimensões mesio-distais e vestibulo-linguais no terço médio das raízes (8mm). Os Sp foram distribuídos uniformemente nos grupos segundo o diâmetro. Com isso,

todos os grupos foram constituídos por uma amostragem semelhante quanto ao diâmetro dos Sp<sup>1</sup>.

Em seguida, os canais radiculares foram alargados com instrumentos de NiTi #30-40, sob irrigação constante com água destilada.

Os terços médio e cervical foram alargados utilizando-se brocas largo #2 com comprimento de trabalho de 12 mm. Em seguida, utilizando as fresas de calibragem #2 do sistema de pinos translúcidos de fibra de quartzo (DT Light-post/BISCO), foi realizado o leito no conduto para a cimentação dos pinos (comprimento de trabalho = 12 mm).

#### **4.3 Cimentação dos pinos**

Para a cimentação dos pinos foram realizados os seguintes procedimentos:

- a) limpeza da superfície do pino com ácido fosfórico a 32% e aplicação do primer B do sistema All-Bond 2;
- b) tratamento da dentina radicular com o sistema All Bond 2 (Bisco, Schaurburg, EUA), conforme as recomendações do fabricante (quadro 1);
- c) cimentação dos pinos com o cimento resinoso correspondente na tabela 1. A partir deste momento inicia-se a divisão dos grupos, conforme a tabela 1. Quando realizada a foto-ativação, foi executada na direção cervico-apical, por 40s com aparelho de luz halógena\* com radiância de 550 mW/cm<sup>2</sup>,

---

\* XL3000, 3MESPE, USA

Quadro 1: Protocolo de cimentação

<b>All Bond 2</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Condicionamento com ácido fosfórico 32% por 15s do canal radicular;</li> <li>2. Lavagem com água em seringa descartável(10 ml);</li> <li>3. Remoção do excesso de água com cones de papel absorvente (3 cones);</li> <li>4. Misturar o Primer A e o Primer B do sistema All Bond 2;</li> <li>5. Aplicar Primer A + B e remover os excessos com microbrush (cavi-tip SDI); Aplicar o Pré-Bond resin do All Bond 2 e remover os excessos com microbrush;</li> <li>7. As pastas A e B devem ser misturadas e o cimento levado ao conduto com auxílio de uma broca Lentulo #40 e o pino inserido.</li> </ol>

Tabela 1: Grupos do estudo

<b>Cimento</b>	<b>Tipo de ativação</b>	<b>N° de dentes</b>	<b>Foto-ativação</b>	<b>Ciclagem mecânica</b>	<b>Grupo (n=10)</b>
Duolink	Dual	40	sim	sim	<b>G1</b>
				não	<b>G2</b>
			não	sim	<b>G3</b>
				não	<b>G4</b>
C&B	Químico	20	não	sim	<b>G5</b>
				não	<b>G6</b>
Illusion	Foto	10	sim	não	<b>G7</b>

Conforme exposto na tabela 1, estão presentes três variáveis: tipo de cimento, presença de foto-ativação e ciclagem mecânica.

Após a cimentação, foi confeccionada uma base em resina acrílica para a fixação do dente na máquina de ensaio. Esta foi confeccionada perpendicularmente ao eixo y. Com esta finalidade foi confeccionado um suporte para pino com 12 mm de diâmetro e 5mm de altura que apresenta uma abertura central que permite que o pino seja posicionado perpendicularmente ao plano horizontal (Fig 1-A). Em seguida, este suporte foi posicionado em um cilindro usinado (Fig 1-B) com base superior e inferior paralelas ao plano horizontal. Este cilindro foi preenchido com a resina acrílica. Desta forma foi possível a obtenção de uma base paralela ao plano horizontal e perpendicular ao pino (Fig 1- C).

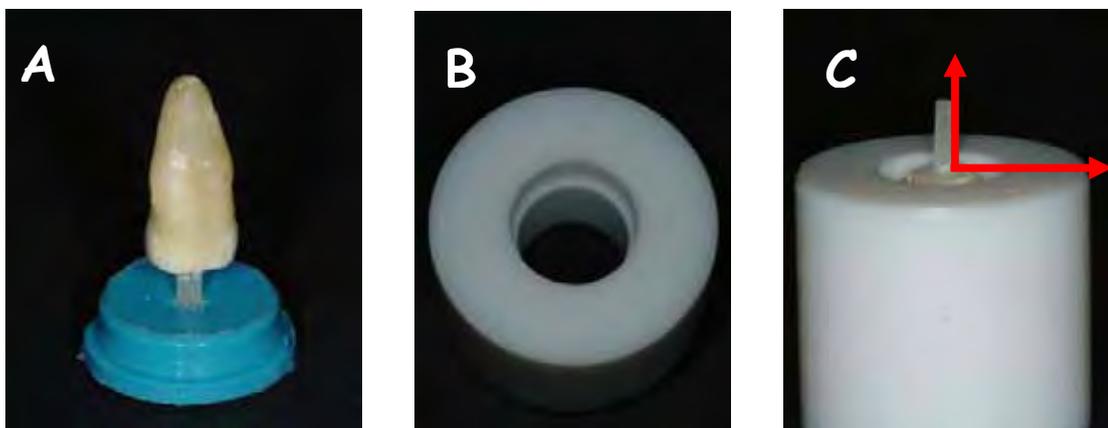


FIGURA 1- Procedimentos para inclusão dos Sp em resina acrílica: a) Suporte com pino posicionado perpendicularmente ao plano horizontal; b) cilindro usinado para preenchimento com resina; c) Espécime embutido em resina epóxica

É importante ressaltar que a resina foi inserida 3 mm abaixo da porção cervical da raiz para simular o espaço biológico.

#### **4.4 Ciclagem mecânica**

Os grupos G1, G3 e G5 (tabela 1) foram submetidos à ciclagem mecânica que foi realizada em uma máquina desenvolvida por Baldissara et al<sup>7</sup>. (2001).

Antes do posicionamento dos dentes na máquina de fadiga, a porção coronária foi reconstruída em resina composta (Z250/3M). Para isto, a superfície externa do dente foi tratada com o sistema adesivo All-Bond 2, a resina inserida no interior de uma matriz de silicone com dimensões padronizadas de 4mm de diâmetro e 6mm de altura e o conjunto foi levado em posição, seguido de fotopolimerização por 40s

Os dentes restaurados foram apoiados em uma base metálica com angulação de 45° para que uma ponta com diâmetro de 1,6mm, fixada na haste superior na máquina de ciclagem, induzisse impulsos de carga de 37,5N a uma frequência de 8Hz (figura 2). Foram realizados 1.400.000 ciclos mecânicos simulando aproximadamente 5 anos de uso clínico. Durante a ciclagem, os espécimes foram irrigados com água, à temperatura de 37°C ± 2°C, regulada por meio de um termostato<sup>7, 25, 41, 67</sup>



FIGURA 2: Máquina de ciclagem mecânica

Considerando que os grupos foram ciclados em momentos diferentes, os espécimes que não estavam sendo submetidos à fadiga, permaneceram armazenados em água destilada à temperatura ambiente.

#### **4.5 Análise Raman**

##### *Obtenção dos corpos-de-prova (cp)*

Os dentes embutidos foram colados em uma base metálica com adesivo cianocrilato gel (Super Bonder gel, Loctite-Henkel Ltda, Itapevi, SP, Brazil). A base de metal foi fixada a uma máquina de cortedesenvolvida por Andreatta Filho et al<sup>3</sup>. (2000) e os dentes

seccionados perpendicularmente ao longo eixo da raiz (eixo Y) com disco diamantado, sob refrigeração, em fatias de aproximadamente 3 mm (figura 3). A primeira fatia cervical (aproximadamente 1mm) foi descartada, pois o excesso de cimento nessa região poderia influenciar os resultados. Foram realizadas outras duas por dente, obtendo se três Cp por Sp (30 por grupo) representando as diferentes regiões da raiz (cervical, media e apical).

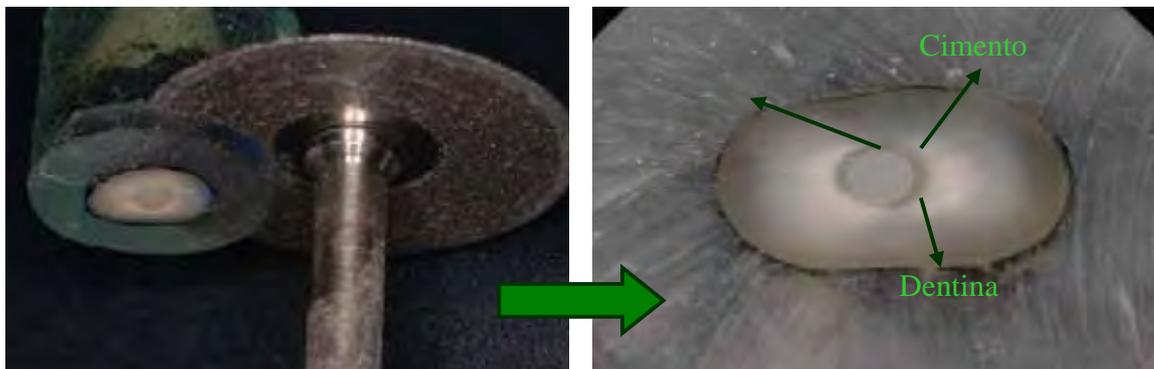


FIGURA 3 - Obtenção dos sp: a) Corte dos sp com disco diamantado; b) Vista oclusal do sp obtido

#### *Análise Raman - Duplas ligações residuais (C=C)*

A espectroscopia micro-Raman com alta resolução espacial foi realizada nos grupos 2, 4 e 7, usando-se um espectrômetro que opera a temperatura ambiente (Fourier Transform Raman Spectrometer, modelo RFS100-S, Bruker-Alemanha)<sup>1</sup> que foi disponibilizado por cortesia do Instituto Nacional de Pesquisas Especiais (Inpe- São Jose dos Campos- SP).

<sup>1</sup> Aparelho adquirido com recursos da FAPESP

Para a análise foi usado um feixe de laser Nd:YAG em 1064nm com aproximadamente 1  $\mu\text{m}$  em diâmetro.

Assim, os segmentos obtidos nas diferentes regiões da amostra foram colocadas em solução de ácido fosfórico 4% por 2 s para remoção de debris durante o corte. Após a calibração do aparelho com a mensuração do espectro do diamante natural (pico único e bem definido), o espectro da base dos cimentos (não-polimerizados) foi o obtido em uma faixa da 1400 - 1800 $\text{cm}^{-1}$  com 10 acumulações e tempo de irradiação de 30s. Em seguida, os espectros do cimento ao redor do pino (polimerizado) foram obtidos com os mesmos parâmetros anteriores, em dois pontos antagonistas de cada amostra. Os diferentes pontos foram analisados com a lente objetiva focada em um aumento de 50X sobre a mesa do microscópio, com movimentação nos eixos X, Y e Z.

Para as resinas do tipo metacrilato, a avaliação do grau de conversão (porcentagem de grupos vinil convertidos em grupo alifáticos) geralmente se inicia comparando-se as bandas de vibração do metacrilato residual não-polimerizado (1640  $\text{cm}^{-1}$ ) com as do aromático (1610  $\text{cm}^{-1}$ ), sendo esta última uma banda de referência que não muda durante a polimerização (Fig 4). Por isso, foi utilizada a seguinte equação para o cálculo das duplas ligações dos metacrilato não-polimerizados da camada híbrida:

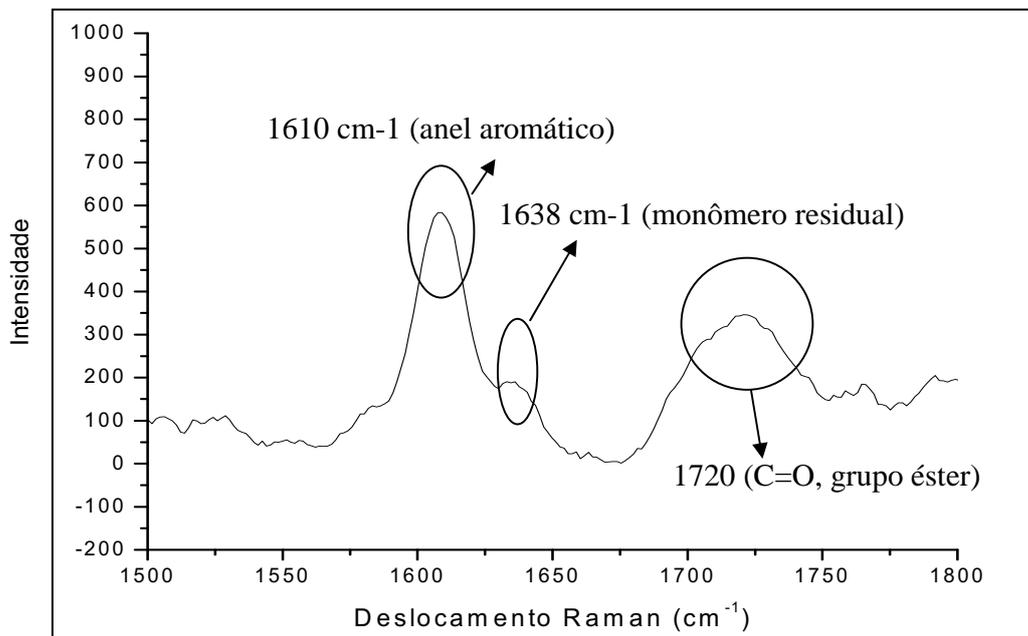


FIGURA 4: Gráfico com os picos interessantes à análise Raman: Em 1610 pico de referência que não se altera durante a polimerização e em 1638 o pico dos monômeros residuais.

Duplas ligações residuais (%) = resina polimerizada/resina não polimerizada, onde,

$$R_{\text{não-polimerizada}} = \frac{\text{Área da banda da resina não-polimerizada em } 1640 \text{ cm}^{-1}}{\text{Área da banda da resina não-polimerizada em } 1610 \text{ cm}^{-1}}$$

$$R_{\text{polimerizada}} = \frac{\text{Área da banda em } 1640 \text{ cm}^{-1}}{\text{Área da banda em } 1610 \text{ cm}^{-1}}$$

Em seguida, a o grau de conversão pode ser obtido com a seguinte fórmula:

$$\text{GC}(\%) = 1 - (\% \text{ de duplas ligações residuais}).$$

#### 4.5 Ensaio de *push-out*

Com esta finalidade, cada cp foi posicionado sobre um dispositivo metálico com abertura central maior que o diâmetro do canal (figura 5). Sempre a porção mais coronária do cp foi colocada para baixo (carga de ápico - coronário). Para o ensaio de *push-out*, um cilindro metálico (diâmetro da extremidade de 0,85mm) induziu carga sobre o pino, sem que a carga fosse aplicada sobre o cimento e/ou a dentina (Figura 6). Considerando que os pinos foram cimentados paralelos ao eixo Y e os Sp foram seccionados perpendiculares a este eixo, o pino recebeu a carga o mais paralelo possível em relação os longo eixo da raiz (eixo Y) (figura 7). O teste foi executado em máquina de ensaio universal a velocidade de 1mm/min<sup>12</sup>.

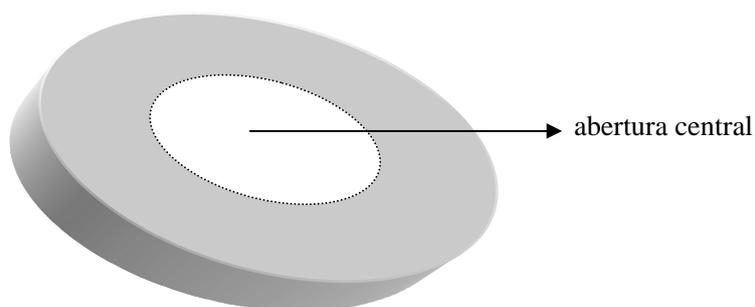


FIGURA 5 - Desenho esquemático da base metálica adaptada para o ensaio de *push-out*.

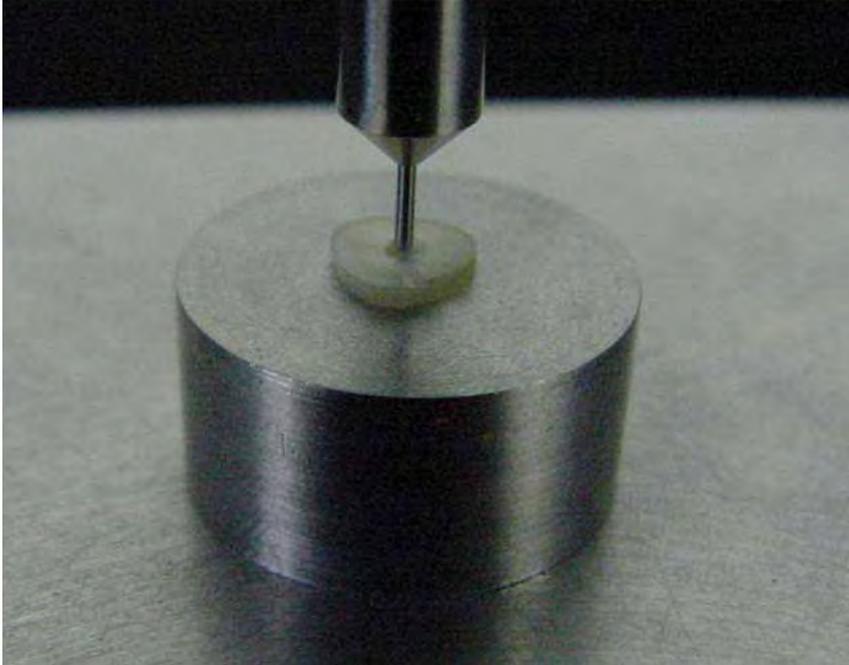


FIGURA 6 - Ensaio de *push-out*.

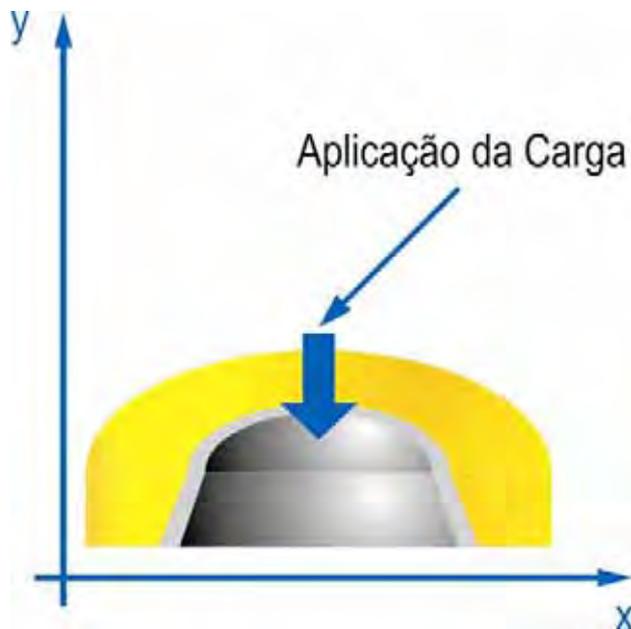


FIGURA 7- Desenho esquemático da aplicação de carga sobre o cp

A resistência adesiva (R) foi obtida conforme a fórmula:

$$R = F/A \text{ onde,}$$

**F = carga para ruptura do cp (kgf)**

**A = área interfacial (mm<sup>2</sup>)**

#### 4.5.1 Cálculo da área adesiva (A) dos cp

Foi empregada a fórmula para cálculo de área lateral da figura geométrica tronco de cone circular reto de bases paralelas (Figura 8).

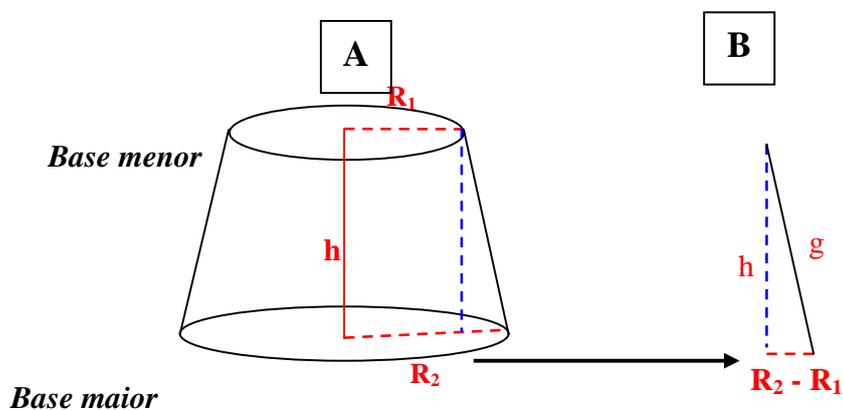


FIGURA 8 - (A) Desenho esquemático correspondente à secção interna do cp (paredes radiculares) – figura geométrica de um tronco de cone circular reto de bases paralelas; (B) Figura geométrica para cálculo da geratriz do tronco de cone.

**$A = \pi \cdot g \cdot (R_1 + R_2)$  onde,**

**A = área interfacial**

**$\pi = 3,14$**

**g = geratriz do tronco ( $g^2 = h^2 + [R_2 - R_1]^2$ )**

**$R_1$  = raio da base menor**

**$R_2$  = raio da base maior**

**h = altura da secção**

Para o cálculo da geratriz do tronco de cone **g** (Figura 8 – B) foi utilizado o Teorema de Pitágoras – “*quadrado da hipotenusa = a soma dos quadrado dos catetos*” - ( **$g^2 = h^2 + [R_2 - R_1]^2$** ).

Os valores de  **$R_1$**  e  **$R_2$**  foram obtidos a partir da medição dos diâmetros internos da base menor e maior, respectivamente, correspondente ao diâmetro interno entre paredes do canal do cp. Esses diâmetros e a altura **h** do cp foram medidos após o ensaio com paquímetro digital (Mitutoyo, Kanogawa, Japão).

O resultado da resistência adesiva foi inicialmente obtido em  $\text{Kgf/mm}^2$  e foi transformado em MPa multiplicando-se o valor de resistência por 9,8, considerando a seguinte equiparação de medidas:  $1\text{Kgf/mm}^2 = 9,8\text{N/mm}^2 = 9,8\text{Mpa}$ .

## 5 RESULTADOS

A análise dos dados obtidos será apresentada em partes: (i) avaliação da resistência de união segundo o teste de *push-out*, (ii) avaliação do grau de conversão dos cimentos analisados segundo espectrometria Raman (iii) correlação do grau de conversão e *push-out*

Foi definido um nível de significância de 0,05 (5%). É importante ressaltar também que todos os intervalos de confiança construídos ao longo do trabalho, foram construídos com 95% de confiança.

Foram utilizados testes e técnicas estatísticas não paramétricas, porque as condições (suposições) para a utilização de técnicas e testes paramétricos, como a normalidade e homocedasticidade (homogeneidade das variâncias), não foram encontradas (principalmente a normalidade).

### 5.1 Avaliação da resistência de união segundo o teste de *push-out*

#### 5.1.1 Comparação dos cimentos

Inicialmente foi realizada comparação entre os tipos de cimento. Para esta análise foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis.

Tabela 2: Compara a resistência adesiva (RA) dos cimentos

Cimento	Média	Mediana	Desvio Padrão	CV	Q1	Q3	N	p-valor
Geral	C&B	11,23	11,01	2,96	26,3%	9,28	13,25	58
	duo-foto	6,58	5,71	3,41	51,9%	3,77	8,87	59
	duo-quim	5,31	5,09	3,34	62,9%	2,64	7,43	60
	Foto	0,75	0,58	0,73	97,8%	0,16	1,20	30
Sem Ciclagem	C&B	11,25	10,64	3,01	26,8%	9,17	13,30	30
	duo-foto	6,57	5,42	3,80	57,9%	3,52	9,41	30
	duo-quim	6,52	5,77	3,60	55,2%	3,52	9,76	30
	Foto	0,75	0,58	0,73	97,8%	0,16	1,20	30
Com Ciclagem	C&B	11,22	11,13	2,95	26,3%	9,34	13,03	28
	duo-foto	6,59	6,78	3,03	46,0%	3,86	8,46	29
	duo-quim	4,09	4,14	2,58	63,2%	1,86	5,92	30
	Foto							

Tabela 3: P-valores da comparação de cimentos em Push-Out

Cimento	C&B	duo-foto	duo-quim
Geral	duo-foto	<0,001*	
	duo-quim	<0,001*	0,049*
	Foto	<0,001*	<0,001*
Sem Ciclagem	duo-foto	<0,001*	
	duo-quim	<0,001*	0,941
	Foto	<0,001*	<0,001*
Com Ciclagem	duo-foto	<0,001*	
	duo-quim	<0,001*	0,004*
	Foto		

O teste não paramétrico, não faz a comparação dos grupos pela média e sim pela posição dos dados. Mesmo não tendo utilizado a média para a comparação, podemos utilizá-la como estatística descritiva para entendermos o que ocorre nos resultados.

Pela tabela 2 é possível concluir que existe diferença estatisticamente significativa entre os tipos de cimentos para a amostra geral e também na situação sem e com ciclagem. Desta forma é preciso comparar todos os tipos de cimentos aos pares para que se possa determinar com exatidão onde ocorrem as diferenças. Assim, a tabela 3 mostra somente os p-valores (teste de Mann-Whitney) de todas as comparações aos pares.

Em todas as comparações, os resultados de C&B foram sempre maiores (tabela 1) e ao analisar a tabela de p-valores, conclui-se que C&B é estatisticamente diferente dos demais tipos de cimento.

Na tabela 3, quando considerado apenas o cimento, é possível observar também que todos os cimentos diferem entre si, sendo o C&B mais resistente, seguido de Duolink com foto-ativação e Duolink não foto-ativado, que na condição sem ciclagem mecânica tem comportamento semelhante. O Illusion apresentou os menores valores.

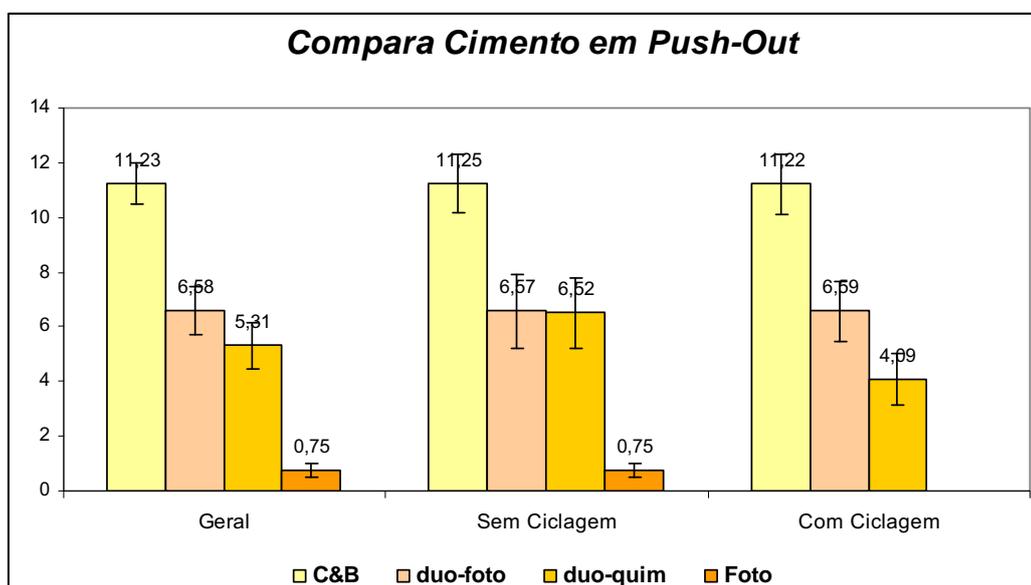


FIGURA 9: Comparação da resistência adesiva dos cimentos (MPa)

### 5.1.2 Análise do efeito da ciclagem mecânica

Foi realizada uma análise do efeito da ciclagem mecânica para cada tipo de cimento resinoso estudado.

Tabela 4: Efeito da ciclagem na RA por cimento

Ciclagem	duo-foto		duo-quim		C&B	
	Com Ciclagem	Sem Ciclagem	Com Ciclagem	Sem Ciclagem	Com Ciclagem	Sem Ciclagem
Média	6,59	6,57	4,09	6,52	11,22	11,25
Mediana	6,78	5,42	4,14	5,77	11,13	10,64
Desvio Padrão	3,03	3,80	2,58	3,60	2,95	3,01
CV	46,0%	57,9%	63,2%	55,2%	26,3%	26,8%
Q1	3,86	3,52	1,86	3,52	9,34	9,17
Q3	8,46	9,41	5,92	9,76	13,03	13,30
N	29	30	30	30	28	30
IC	1,10	1,36	0,93	1,29	1,09	1,08
p-valor	0,974		<0,001*		0,707	

Na tabela 4 observa-se que somente para o cimento dual com polimerização química a realização da ciclagem diminui significativamente os valores de resistência adesiva.

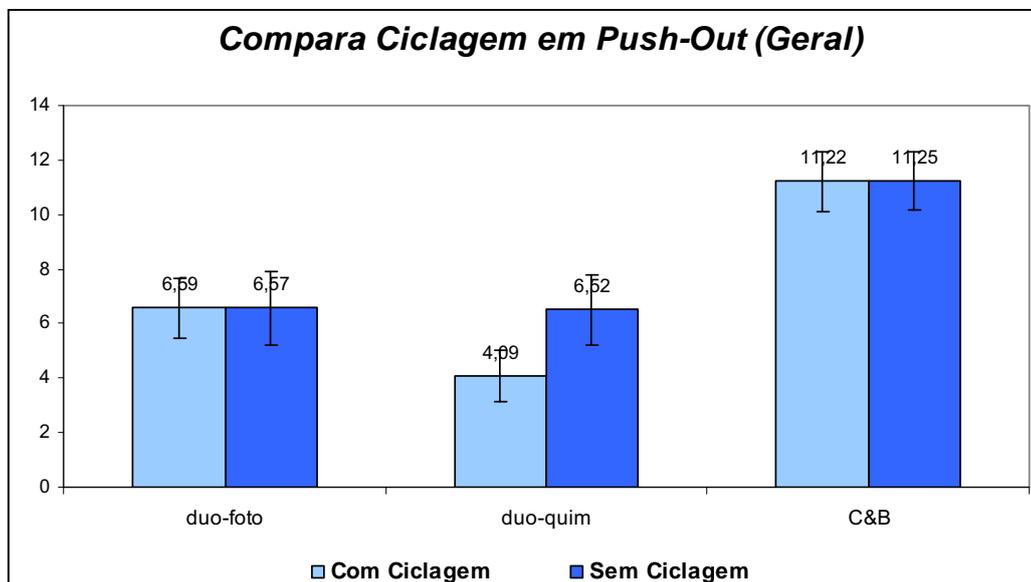


FIGURA 10: Efeito da ciclagem sobre a resistência adesiva nos diferentes cimentos.

Analisando as diferentes regiões para o cimento Duolink fotopolimerizado, foi possível observar que a ciclagem mecânica não influenciou nos valores de resistência adesiva, conforme tabela 5 e figura 11.

Tabela 5: Compara ciclagem em *push-out* nas diferentes regiões de Duolink fotopolimerizado.

duo-foto	Cervical		Media		Apical	
	Com Ciclagem	Sem Ciclagem	Com Ciclagem	Sem Ciclagem	Com Ciclagem	Sem Ciclagem
Média	9,78	10,17	6,25	6,10	3,41	3,43
Mediana	10,02	10,12	6,25	5,42	3,74	3,18
Desvio Padrão	1,77	2,93	1,59	2,54	1,24	2,42
CV	18,1%	28,8%	25,4%	41,6%	36,3%	70,6%
Q1	8,24	8,61	5,52	5,08	3,22	1,80
Q3	10,73	12,33	7,47	7,17	3,86	3,84
N	10	10	10	10	9	10
IC	1,10	1,82	0,98	1,58	0,81	1,50
p-valor	0,575		0,878		0,260	

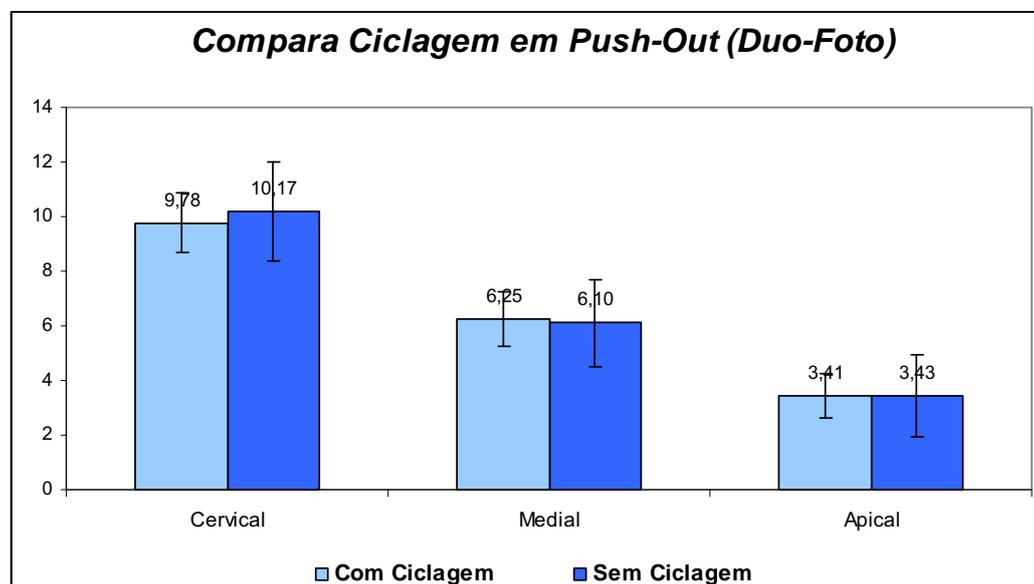


FIGURA 11: Efeito da ciclagem na RA de Duolink fotopolimerizado

Para o cimento Duolink em que ocorreu a polimerização exclusivamente química verifica-se que a ciclagem mecânica promoveu uma diminuição na resistência adesiva apenas na região cervical (Tab 6, Fig 12).

Tabela 6: Efeito da ciclagem na RA nas diferentes regiões de Duolink quimicamente polimerizado.

duo- quim	Cervical		Media		Apical	
	Com Ciclagem	Sem Ciclagem	Com Ciclagem	Sem Ciclagem	Com Ciclagem	Sem Ciclagem
Média	6,11	10,02	4,29	6,10	1,88	3,43
Mediana	5,88	10,17	4,16	5,42	1,39	3,18
Desvio Padrão	1,60	2,22	2,51	2,54	1,63	2,42
CV	26,2%	22,1%	58,4%	41,6%	86,7%	70,6%
Q1	4,97	9,45	2,05	5,08	0,81	1,80
Q3	7,07	11,80	5,95	7,17	2,90	3,84
N	10	10	10	10	10	10
IC	0,99	1,37	1,55	1,58	1,01	1,50
p-valor	0,005*		0,114		0,114	

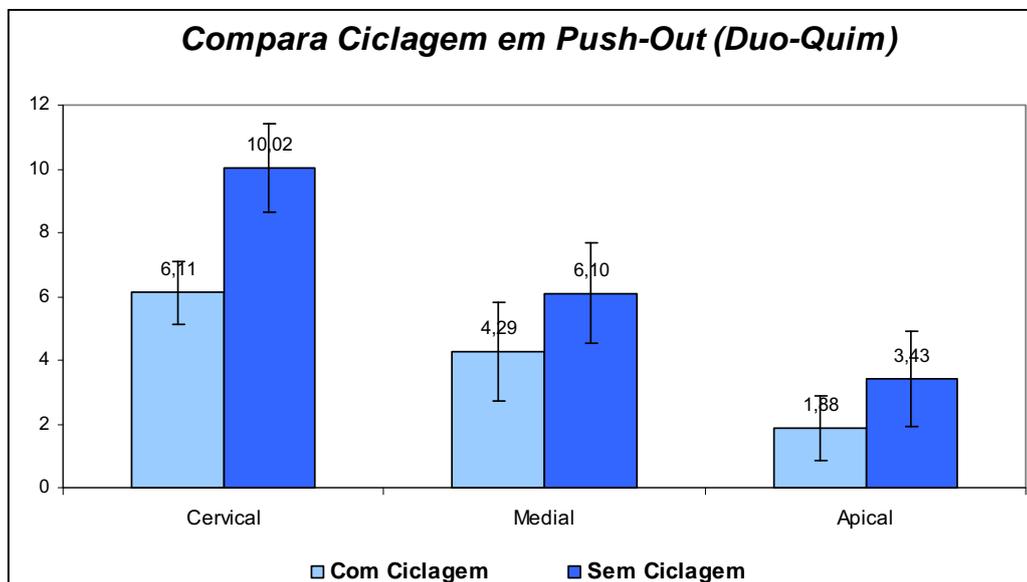


FIGURA 12: Comparação do efeito da ciclagem sobre a resistência adesiva nas diferentes regiões no grupo Duolink com polimerização química.

Finalizando a análise do efeito da ciclagem, foi realizada a comparação entre as diferentes regiões para o cimento químico C&B.

Tabela 7: Efeito da ciclagem sobre a RA nas diferentes regiões do cimento C&B

C&B	Cervical		Media		Apical	
	Com Ciclagem	Sem Ciclagem	Com Ciclagem	Sem Ciclagem	Com Ciclagem	Sem Ciclagem
Média	12,91	11,27	10,59	10,97	10,23	11,50
Mediana	11,78	10,30	10,84	10,26	10,31	12,21
Desvio Padrão	3,01	3,60	2,71	3,30	2,68	2,30
CV	23,3%	31,9%	25,6%	30,1%	26,2%	20,0%
Q1	11,02	8,85	9,42	9,37	8,37	9,87
Q3	14,47	13,76	12,91	12,44	12,69	13,30
N	9	10	10	10	9	10
IC	1,97	2,23	1,68	2,04	1,75	1,42
p-valor	0,086#		0,959		0,374	

Foi observado que, embora existam diferenças entre as situações nas três regiões, as mesmas não podem ser consideradas estatisticamente significantes, ou seja, não existe efeito da ciclagem nas regiões do cimento tipo C&B.

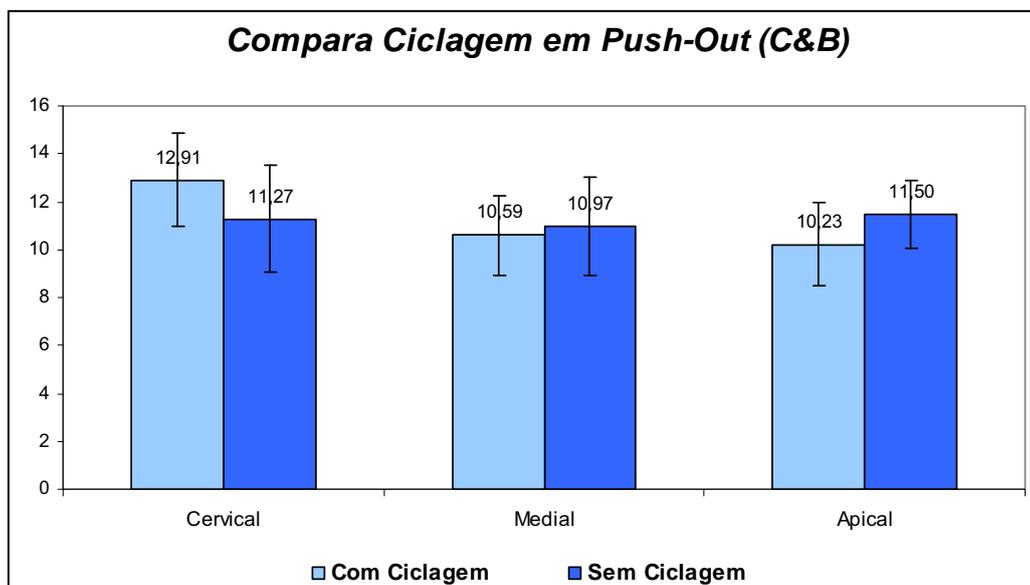


FIGURA 13: Efeito da ciclagem sobre RA para C&B

### 5.1.3 Análise do efeito região

Para análise do fator região foi utilizado o teste de Friedman (característica de pareamento dos dados) para comparar as regiões em cada tipo de cimento. Inicialmente foi analisado o cimento Duolink .com fotoativação.

Tabela 8: Comparação da RA nas diferentes regiões para cimento Duolink foto-ativado.

duo-foto	Com Ciclagem			Sem Ciclagem		
	Cervical	Medial	Apical	Cervical	Medial	Apical
Média	9,78	6,25	3,41	10,17	6,10	3,43
Mediana	10,02	6,25	3,74	10,12	5,42	3,18
Desvio Padrão	1,77	1,59	1,24	2,93	2,54	2,42
CV	18,1%	25,4%	36,3%	28,8%	41,6%	70,6%
Q1	8,24	5,52	3,22	8,61	5,08	1,80
Q3	10,73	7,47	3,86	12,33	7,17	3,84
N	10	10	9	10	10	10
IC	1,10	0,98	0,81	1,82	1,58	1,50
p-valor		<0,001*			<0,001*	

Tabela 9: P-valores das comparações das regiões de Duolink foto-ativado.

duo-foto		Cervical	Medial
Com Ciclagem	Medial	0,005*	
	Apical	0,008*	0,011*
Sem Ciclagem	Medial	0,005*	
	Apical	0,005*	0,005*

Foi observada diferença estatisticamente significativa entre as regiões (tabela 7), tanto na situação com quanto sem ciclagem. O teste de Wilcoxon demonstra diferenças estatisticamente significativas em todas as regiões, sendo que a região cervical apresenta maiores valores, seguido da região media e apical.

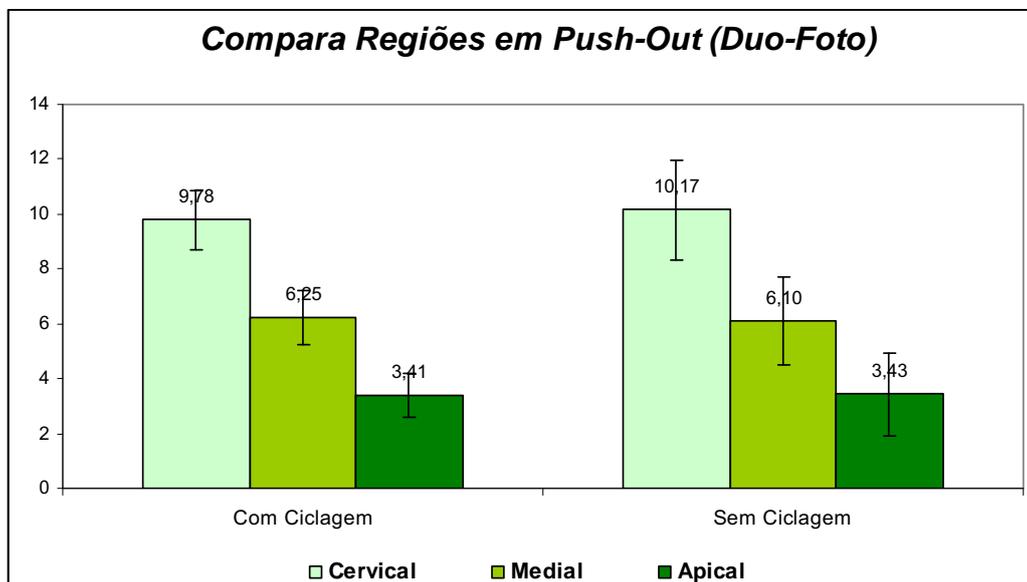


FIGURA 14: Comparação das diferentes regiões para Duolink foto-ativado.

Em seguida, foi realizada a comparação da RA nas diferentes regiões para o cimento Duolink quimicamente polimerizado.

Tabela 10: Comparação da RA nas regiões no Duolink sem foto-ativação

duo-quim	Com Ciclagem			Sem Ciclagem		
	Cervical	Medial	Apical	Cervical	Medial	Apical
Média	6,11	4,29	1,88	10,02	6,10	3,43
Mediana	5,88	4,16	1,39	10,17	5,42	3,18
Desvio Padrão	1,60	2,51	1,63	2,22	2,54	2,42
CV	26,2%	58,4%	86,7%	22,1%	41,6%	70,6%
Q1	4,97	2,05	0,81	9,45	5,08	1,80
Q3	7,07	5,95	2,90	11,80	7,17	3,84
N	10	10	10	10	10	10
IC	0,99	1,55	1,01	1,37	1,58	1,50
p-valor		<0,001*			<0,001*	

Tabela 11: P-valores das comparações das regiões de Duolink químico

duo-quim		Cervical	Medial
Com	Medial	0,005*	
Ciclagem	Apical	0,005*	0,007*
Sem	Medial	0,007*	
Ciclagem	Apical	0,005*	0,005*

Da mesma forma que quando foi realizada a fotopolimerização, quando o cimento dual foi polimerizado apenas quimicamente foi observada uma diminuição significativa na resistência adesiva em direção apical (Tabelas 10 e 11)

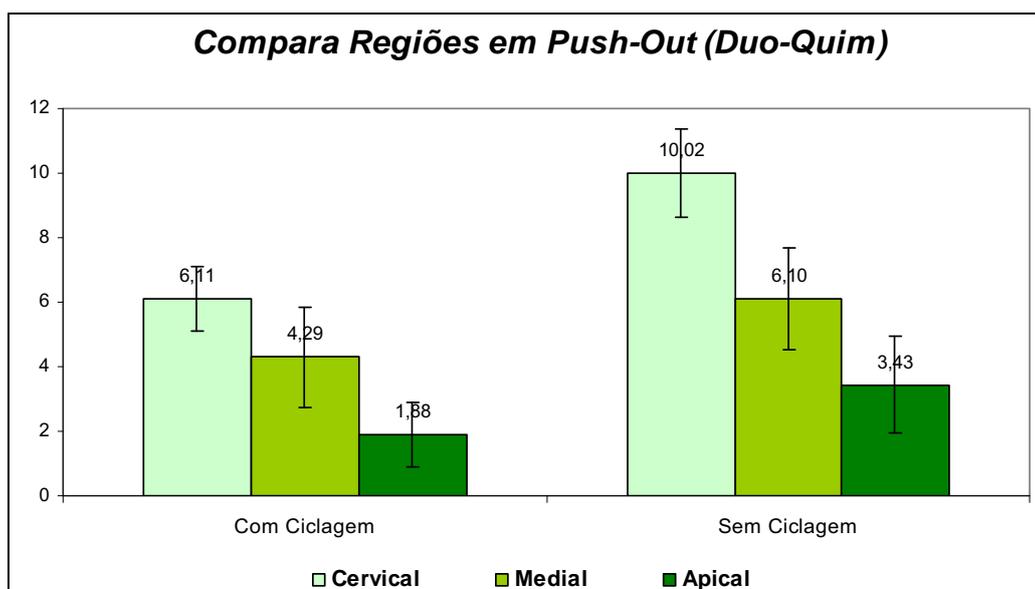


FIGURA 15: Comparação nas diferentes regiões do Duolink sem foto-ativação.

Comparando as regiões quando utilizado o cimento químico C&B não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas (Tab 12 e Fig 16)

Tabela 12: Comparação nas regiões para o cimento C&amp;B

C&B	Com Ciclagem			Sem Ciclagem		
	Cervical	Medial	Apical	Cervical	Medial	Apical
Média	12,91	10,59	10,23	11,27	10,97	11,50
Mediana	11,78	10,84	10,31	10,30	10,26	12,21
Desvio Padrão	3,01	2,71	2,68	3,60	3,30	2,30
CV	23,3%	25,6%	26,2%	31,9%	30,1%	20,0%
Q1	11,02	9,42	8,37	8,85	9,37	9,87
Q3	14,47	12,91	12,69	13,76	12,44	13,30
N	9	10	9	10	10	10
IC	1,97	1,68	1,75	2,23	2,04	1,42
p-valor		0,197			0,670	

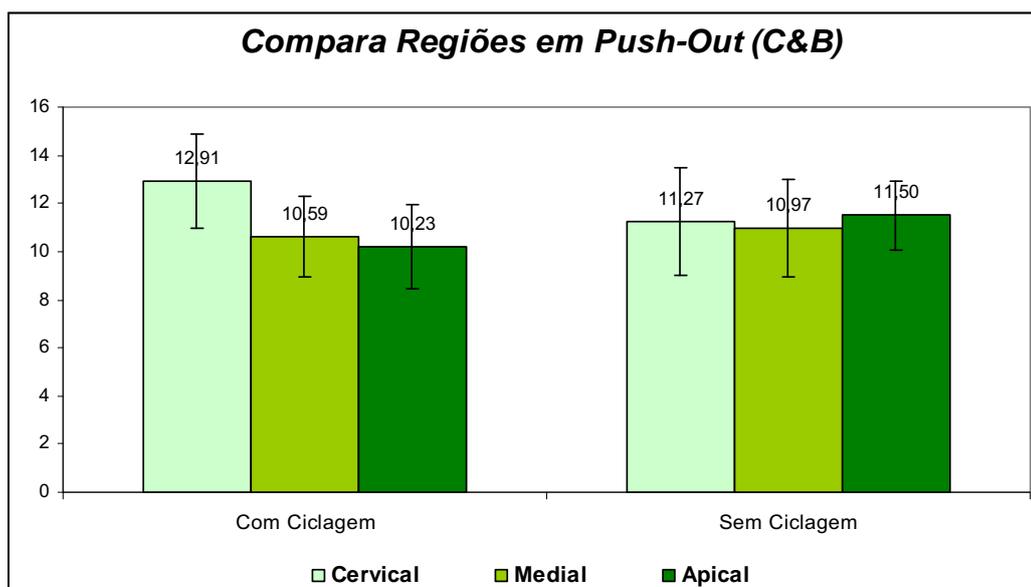


FIGURA 16: Comparação da RA nas diferentes regiões para o cimento C&amp;B.

Para o cimento fotopolimerizável foram encontrados valores de resistência adesiva estatisticamente diferentes entre as regiões, tendo a região cervical apresentado melhores resultados e as regiões media e apical foram semelhantes entre si.

Tabela 13: Comparação da resistência adesiva nas diferentes regiões para o cimento fotopolimerizável Illusion

Foto	Sem Ciclagem		
	Cervical	Medial	Apical
Média	1,44	0,57	0,24
Mediana	1,39	0,39	0,14
Desvio Padrão	0,74	0,48	0,31
CV	51,5%	84,1%	129%
Q1	1,09	0,22	0,00
Q3	1,93	0,90	0,28
N	10	10	10
IC	0,46	0,30	0,19
p-valor		<0,001*	

Tabela 14: P-valores das comparações entre as regiões no cimento fotopolimerizável.

Foto	Cervical	Medial
Com Ciclagem	0,007*	0,051#
Medial	0,008*	
Apical		

## 5.2 Avaliação do grau de conversão dos cimentos analisados segundo espectrometria

Para esta análise foram inicialmente comparadas as duas medições feitas sobre o mesmo corpo de prova e com esta finalidade foi utilizado o teste de Wilcoxon.

Tabela 15: Comparação das medidas em Raman

Raman	Geral		duo-foto		duo-quim		Foto	
	1º Med	2º Med	1º Med	2º Med	1º Med	2º Med	1º Med	2º Med
Média	46,14	48,12	45,50	45,76	52,82	54,67	40,10	43,68
Mediana	47,20	47,45	41,90	45,95	51,90	56,20	33,10	44,20
Desvio Padrão	15,97	13,36	18,73	15,13	7,80	10,69	18,05	12,94
CV	34,6%	27,8%	41,2%	33,1%	14,8%	19,6%	45,0%	29,6%
Q1	31,30	41,80	28,30	38,28	47,20	46,40	27,10	35,40
Q3	61,45	57,93	63,60	56,68	57,50	61,80	54,30	48,50
N	27	26	9	8	9	9	9	9
IC	6,02	5,14	12,24	10,48	5,10	6,98	11,79	8,45
p-valor	0,603		0,161		0,515		0,314	

Nos três tipos de cimento, não existe diferença estatisticamente significativa entre as duas medições, ou seja, a medição está coesa.

Pelo fato de não haver diferenças entre as medições, pode se considerar no restante do estudo de Raman, ambas as medidas.

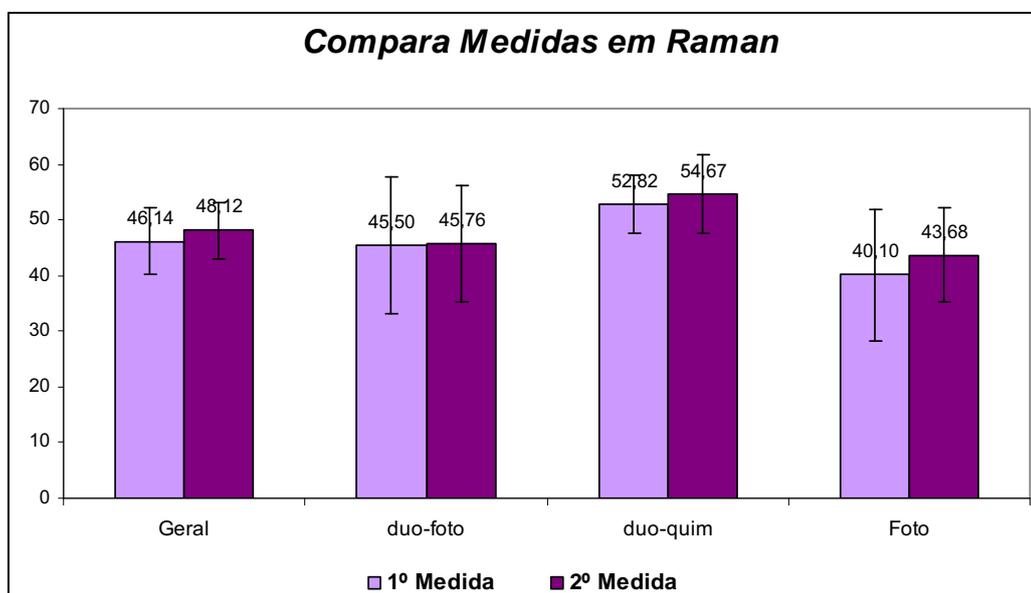


FIGURA 17: Comparação das medidas em Raman

Para comparar os resultados dos cimentos em Raman foi utilizado o teste de Kruskal-Wallis. Esta análise foi realizada para a amostra geral e também em cada uma das regiões.

Tabela 16: Comparação do grau de conversão dos cimentos(%)

Cimento	Média	Mediana	Desvio Padrão	CV	Q1	Q3	N	p-valor
Geral	duo-foto	45,62	42,80	16,60	36,4%	28,30	60,50	17
	duo-quim	53,74	52,25	9,13	17,0%	46,60	60,98	18
	Foto	41,89	39,75	15,34	36,6%	29,53	52,18	18
Apical	duo-foto	25,26	25,30	2,11	8,4%	24,20	25,90	5
	duo-quim	46,93	47,75	5,44	11,6%	45,90	50,20	6
	Foto	29,00	27,60	8,11	28,0%	24,05	29,58	6
Cervical	duo-foto	60,92	62,05	6,28	10,3%	56,68	65,25	6
	duo-quim	61,32	62,65	7,97	13,0%	57,75	66,95	6
	Foto	62,27	65,15	6,66	10,7%	56,90	66,65	6
Medial	duo-foto	45,02	42,60	8,43	18,7%	42,03	47,53	6
	duo-quim	52,80	51,70	8,97	17,0%	46,60	60,40	6
	Foto	36,87	36,65	6,64	18,0%	33,68	40,68	6

Tabela 17: P-valores das comparações do grau de conversão dos cimentos

Cimento	duo-foto	Duo-quim
Apical	duo-quim	0,006*
	Foto	0,465
Medial	duo-quim	0,200
	Foto	0,078#

Verifica-se pela tabela 16 que existe diferença estatisticamente significativa entre os cimentos para somente as regiões: Apical e Media. Desta maneira, foi utilizado o teste de Mann-Whitney para comparar os tipos de cimento aos pares e assim determinar com exatidão onde ocorrem as diferenças. A tabela 17 que mostra todos estes p-valores, foi observado que na região apical o cimento dual com polimerização química apresentou maior grau de conversão que os outros cimentos. Para a região media, o cimento Dual foto-ativado ou não apresentou resultados semelhantes.

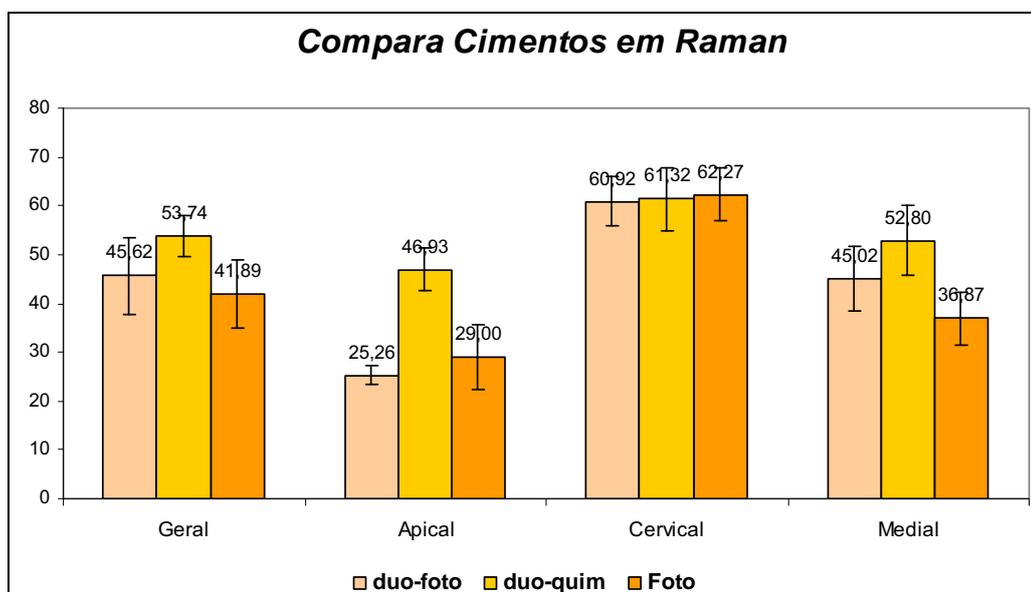


FIGURA 18: Comparação do grau de conversão dos cimentos

Por fim, foi realizada a comparação dos resultados nas diferentes regiões para cada tipo de cimento. Nesta análise foi utilizado o teste de Friedman.

Tabela 18: Comparação do grau de conversão na regiões

	Região	Média	Mediana	Desvio Padrão	CV	Q1	Q3	N	p-valor
duo- foto	Apical	25,26	25,30	2,11	8,4%	24,20	25,90	5	0,007*
	Medial	45,02	42,60	8,43	18,7%	42,03	47,53	6	
	Cervical	60,92	62,05	6,28	10,3%	56,68	65,25	6	
duo- quim	Apical	46,93	47,75	5,44	11,6%	45,90	50,20	6	0,069#
	Medial	52,80	51,70	8,97	17,0%	46,60	60,40	6	
	Cervical	61,32	62,65	7,97	13,0%	57,75	66,95	6	
Foto	Apical	29,00	27,60	8,11	28,0%	24,05	29,58	6	0,006*
	Medial	36,87	36,65	6,64	18,0%	33,68	40,68	6	
	Cervical	62,27	65,15	6,66	10,7%	56,90	66,65	6	

Tabela 19: P-valores das comparações entres as regiões

	Região	Apical	Medial
duo- foto	Medial	0,043*	
	Cervical	0,043*	0,028*
Foto	Medial	0,116	
	Cervical	0,028*	0,028*

Foi encontrada diferença estatística entre as regiões para os cimentos de Duolink foto-ativado e para o cimento fotopolimerizável. Na tabela 18 (p-valores através do teste de Wilcoxon), verifica-se que em Duolink foto-ativado a diferença ocorre entre todas as regiões. Já para o cimento fotopolimerizável, a diferença ocorreu entre a região cervical e as demais regiões.

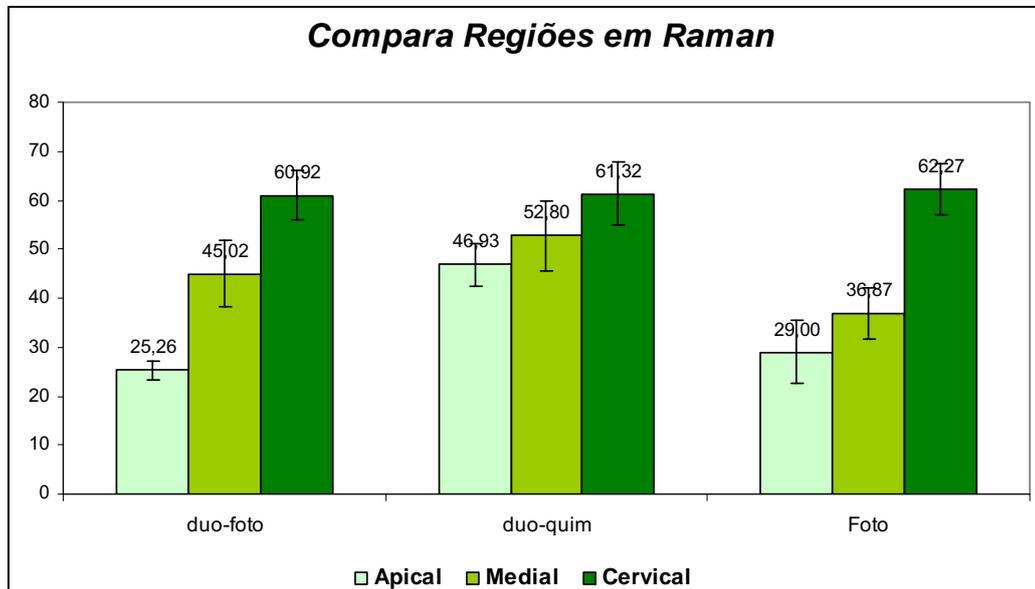


FIGURA 19: Comparação do grau de conversão nas diferentes regiões

### 5.3 Correlação entre o grau de conversão e *push-out*

Para medir o grau de relação entre os teste de Push-Out e Raman foi realizada a correlação de spearman.

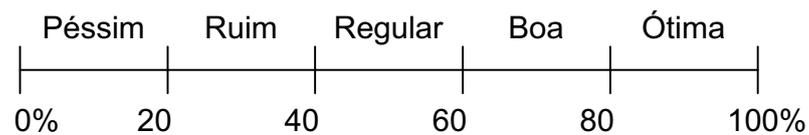
Tabela 20: Correlação entre Push-Out e Raman

Push & Raman	Corr	p-valor
6 dentes		
geral	47,9%	<0,001*
duo-foto	58,1%	0,014*
duo-quim	36,8%	0,133
Foto	74,3%	<0,001*
Média	68,9%	0,040*

A correlação foi analisada de duas formas diferentes. Inicialmente, foram considerados os seis primeiros resultados de Push-Out que foram correlacionados com os resultados de Raman. Por fim, foi

realizada uma correlação através da media de cada situação (cimento/região).

Para determinarmos o quão boa é uma correlação, nós utilizamos a escala de classificações abaixo.



Assim, foi observado que, para o grupo em que o cimento dual foi foto-ativado, foi encontrada uma correlação regular, enquanto no grupo sem foto-ativação a correlação encontrada foi ruim.

## 6 DISCUSSÃO

### 6.1 Dos Resultados

Muitos estudos avaliaram a transmissão de luz através de pinos translúcidos. Alguns deles analisaram apenas a quantidade de luz transmitida<sup>24, 34, 60, 69</sup>, enquanto outros observaram a resistência adesiva dos cimentos fotopolimerizados através destes<sup>9,47</sup>, todos constataram uma diminuição considerável em direção radicular.

Da mesma forma, no presente estudo foi observado, principalmente através do grupo em que se utilizou o cimento fotopolimerizável, que há uma diminuição importante na quantidade de luz transmitida em direção apical. Além do menor grau de conversão, foi observada uma resistência adesiva muito baixa nas regiões média e apical. Considerando somente a porção cervical, observou-se um alto grau de conversão, semelhante estatisticamente aos demais grupos. Estudos prévios observaram que o pino translúcido permite maior transmissão de luz que os pinos opacos na região média<sup>9, 34, 42</sup>. Esta comparação não foi realizada em nosso estudo, no entanto, foi observado na região média e apical um grau de conversão de aproximadamente 30% para o grupo em que foi utilizado o cimento fotopolimerizável. Sugerindo que, embora pequena, existe uma transmissão de luz através deste pino.

Apesar da quantidade de luz transmitida não ser capaz de polimerizar completamente o cimento foto nas regiões mais profundas, para o cimento dual esta propiciou resultados mais estáveis de resistência adesiva

que quando não foi realizada a foto-ativação. Inicialmente a resistência adesiva foi semelhante independente do tipo de ativação, no entanto após ciclagem mecânica o grupo em que não foi realizada a foto-ativação apresentou resultados significativamente inferiores de resistência adesiva. Indicando que, mesmo que a quantidade de luz transmitida não seja suficiente para completa polimerização dos cimentos, esta é importante sim para a estabilidade da adesão do conjunto.

Correlacionando o grau de conversão com a resistência adesiva foi observado para o cimento resinoso dual quimicamente ativado uma correlação ruim e quando realizada a foto-ativação deste uma correlação regular. Isto ocorre porque o grau de conversão não é o único fator determinante das propriedades mecânicas dos cimentos resinosos. Fatores como o tipo de carga e tipo de monômero podem afetar na resistência no cimento mesmo que estes apresentem um alto grau de conversão<sup>14</sup>. Peutzfeldt et al.<sup>55</sup> (1995) compararam o grau de conversão e o desgaste de cimentos resinosos e não observaram correlação entre estas duas variáveis. Da mesma forma Braga et al.<sup>14</sup> (2002) não observaram correlação entre o grau de conversão e resistência à flexão de diversos tipos de cimentos resinosos.

Comparando o grau de conversão do cimento dual fotopolimerizado ou não, foi observado que quando não foi realizada a polimerização, o grau de conversão foi maior nas regiões média e apical que quando realizada a polimerização. Uma possível explicação para este resultado é que a fotopolimerização promove a conversão instantânea de grande parte dos monômeros nas áreas atingidas pela luz, promovendo assim uma menor fase gel que dificulta a polimerização adicional pelos ativadores químicos do cimento. Já no caso da polimerização predominantemente química ha um maior tempo para a conversão dos

monômeros que permite uma maior e mais homogênea quantidade de duplas ligações<sup>15</sup>.

Analisando a composição do cimento dual testado, sabe-se que apresenta Bis-GMA, TEGDMA e UDMA. No entanto, a concentração destes componentes não é divulgada de forma precisa pelo fabricante. Além disso, a concentração dos foto-iniciadores e iniciadores químicos seria um dado importante para melhor entendimento do comportamento deste material diante das situações às quais foi submetido neste estudo.

A polimerização dos cimentos duais esta diretamente relacionada à composição dos mesmos. Alguns estudos na literatura analisaram as propriedades mecânicas de diversos tipos de cimentos duais com e sem foto-ativação e observaram resultados diferentes para cada marca comercial testada<sup>14,15,16, 27, 31</sup>. Assim, não se pode afirmar através dos nossos resultados que os cimentos resinosos duais se comportam de determinada maneira. Pode se afirmar que para o cimento testado, a foto-ativação apresenta vantagens mecânicas em longo prazo, embora inicialmente o grau de conversão quando realizada apenas a ativação química seja maior e mais homogêneo e a resistência adesiva seja semelhante.

A resistência adesiva inicial foi semelhante entre o cimento resinoso dual Duolink fotopolimerizado ou não quando o conjunto não foi submetido à ciclagem mecânica. No estudo de Boff et al.<sup>9</sup> (2007), quando realizada a fotopolimerização, foram obtidos resultados de resistência adesiva estatisticamente superiores. Contudo, estes autores utilizaram para esta comparação um sistema adesivo de frasco único que pode apresentar uma incompatibilidade com o cimento analisado. Neste mesmo estudo quando utilizado um sistema adesivo de três passos os valores obtidos de resistência adesiva foram estatisticamente superiores aos demais mesmo não sendo realizada a fotopolimerização do cimento.

Com relação ao tipo de cimento a ser utilizado, foi observado em nosso estudo que o cimento químico apresenta valores muito superiores aos demais tipos de cimentos testados. Além disso, há uma resistência adesiva homogênea entre as regiões para este cimento, e a fadiga não influenciou nos valores de resistência adesiva. O grau de conversão não foi analisado, uma vez que estes cimentos não necessitam de luz para polimerização. El Mowafy et al.<sup>28</sup> (1999) relatam que mesmo as gerações mais recentes de cimentos resinosos duais não são capazes de atingir a mínima dureza dos cimentos químicos convencionais. Indicando que os cimentos quimicamente polimerizáveis parecem ser ainda hoje a melhor escolha para a cimentação de pinos de fibra. É importante ressaltar que estes resultados foram obtidos graças à utilização de um sistema adesivo de três passos, uma vez que muitos sistemas adesivos de frasco único apresentam incompatibilidade com cimentos resinosos quimicamente ativados. Isto ocorre porque os monômeros ácidos presentes na camada inibidora de oxigênio do sistema adesivo podem reagir com as aminas terciárias dos compósitos, inativando-as e criando uma zona de fragilidade na interface adesiva<sup>68</sup>.

Estudos clínicos corroboram com este resultado obtido para os cimentos químicos. Malferrari et al.<sup>46</sup> (2003) restauraram 180 dentes com pinos de fibra de quartzo cimentados com o sistema All-Bond 2 e o cimento C&B (Bisco) e observaram uma porcentagem de falhas de 1,7% após um período de trinta meses, não havendo falha nas próteses e não foram observadas fraturas de pino ou de raiz. Da mesma forma Dallari et al.<sup>20</sup> (2006) analisaram ao MEV a interface adesiva, nas regiões cervical, média e apical, de dois dentes que foram restaurados com os mesmos materiais e tiveram a extração indicada por problemas periodontais. Não foi observada desadaptação importante em nenhum dos espécimes analisados.

Analisando as regiões, muitos estudos demonstram diferenças anatômicas entre as diferentes regiões das raízes que explicam os diferentes valores de resistência adesiva encontrados para um mesmo sistema adesivo<sup>30,60</sup>. Em direção apical os canais apresentam-se com menor diâmetro e em menor número. Este é um fator importante, contudo para o cimento químico não alterou significativamente os valores de resistência adesiva. Mostrando que a condição anatômica não parece ser o principal fator na determinação da resistência adesiva, e sim, as propriedades mecânicas dos cimentos resinosos utilizados na cimentação dos pinos.

## **6.2 Da metodologia**

### **6.2.1 Seleção do dentes**

O grande receio quanto à utilização de dentes humanos em testes *in-vitro* é a maior dificuldade de padronização de circunstâncias de idade, efeitos oclusais, sexo e dieta. Muitos estudos utilizaram dentes bovinos para obtenção de menor variabilidade de substrato. Contudo, os dentes bovinos apresentam diferença no número e diâmetro dos túbulos dentinários e um comportamento diferente dos dentes humanos frente a teste de resistência adesiva ao cisalhamento por extrusão, mostrando valores significativamente menores<sup>61</sup>. Assim, optamos pela utilização de dentes humanos como substrato com o cuidado de eliminar dentes com restauração ou comprometimento por carie próximo à porção radicular e dentes com trincas.

Quanto à idade dental, em 2003, Giannini et al.<sup>35</sup> avaliaram seu efeito os valores obtidos nos ensaios de resistência adesiva e não observaram diferença estatisticamente significativa entre os grupos

estudados. Com base neste estudo e tendo em vista a grande dificuldade de padronização da idade dental, foram utilizados dentes permanentes de pacientes com idade entre 17 e 61 anos, aleatoriamente.

Lertchirakarn et al.<sup>43,44</sup> (2003) observaram que em canais ovais a concentração de tensões ocorre nas extremidades, o que não é observado em canais circulares. Desta forma, o preparo dos canais radiculares para a cimentação dos pinos foi cuidadosa para que todas as paredes fossem tocadas pela broca, eliminando dentes com canal oval ou com diâmetro maior que o diâmetro da broca, evitando a concentração e tensões nas extremidades, que poderiam favorecer a fratura do elemento dental durante a ciclagem mecânica.

#### 6.2.2 Tratamento dos dentes e cimentação

Para o tratamento da dentina intra-radicular foi selecionado um sistema adesivo quimicamente ativado de três passos, pois estes apresentam um melhor mecanismo de adesão micromecânica na região apical que os adesivos de frasco único<sup>66</sup>. Avaliações sob microscopia eletrônica de varredura têm demonstrado que quando se utiliza o sistema adesivo All Bond 2, formam-se de tags mais longos e em maior número<sup>11</sup>. Além disso, os adesivos de três passos apresentam universalidade, ou seja, são compatíveis com cimentos resinosos quimicamente polimerizados e fotopolimerizados, pois não apresentam os monômeros ácidos presentes nos sistemas adesivos monocomponentes<sup>13</sup>.

A homogeneidade da camada de sistema adesivo é de grande importância quando se realiza teste de resistência adesiva, principalmente quando esta é submetida à ciclagem mecânica. A presença de irregularidades ou bolhas pode propiciar a propagação de trincas como descrito anteriormente. Desta forma, o protocolo de cimentação deve ser

rígido e a aplicação do sistema adesivo deve ser realizada com o uso de *microbrushs* finos<sup>63</sup>. Esta afirmação é sustentada por Ferrari et al.<sup>29,30</sup> (2001 e 2002) que observaram que a formação de camada híbrida é menos evidente na porção apical quando a aplicação do sistema adesivo é realizada com pincéis comuns, e afirmam que tags de resina e zonas de interdifusão resina-dentina mais uniformes produzem adesão mais confiável e só são obtidos quando se utiliza um *microbrush*.

Para a polimerização dos cimentos foi utilizada uma intensidade de 550 mW/cm<sup>2</sup> conforme indicado pelo fabricante. Moraes et al.<sup>53</sup> (2007) observaram que aumentando a intensidade da luz através de um bloco cerâmico, houve um aumento da resistência adesiva entre cimento resinoso e dentina. Também para os pinos translúcidos, um aumento na intensidade de luz poderia alterar os resultados obtidos neste estudo. No entanto, novos estudos devem ser realizados para avaliação desta hipótese.

### 6.2.3 Ciclagem mecânica

A realização de testes com carga estática para avaliação da resistência à fratura de restaurações tem sido questionado, pois evidências clínicas indicam que a maior parte das fraturas em restaurações protéticas ocorre após longo período de anos<sup>59, 67</sup>. Assim, para a avaliação do comportamento de restaurações adesivas em longo prazo, tem se utilizado os testes de fadiga que simulam, o mais próximo possível, o padrão de cargas mastigatórias que ocorre clinicamente<sup>40, 57</sup>. A fadiga é um modo de fratura onde a estrutura falha após repetidas cargas menores que a carga estática necessária para provocar uma fratura catastrófica<sup>67</sup>.

O ângulo de incidência utilizado em nosso estudo (45° em relação ao longo eixo do dente) representa o contato presente no terço médio da porção lingual de um incisivo central superior em oclusão

central<sup>1,18,23, 37, 41, 48</sup>. Uma limitação dos testes de ciclagem mecânica é que a carga aplicada sobre o dente é constante e em apenas uma direção, o que não ocorre clinicamente<sup>11</sup>.

Com relação ao número de ciclos mecânicos aos quais os espécimes deveriam ser submetidos para os ensaios de fadiga, calcula-se que a realização de 1.200.000 ciclos simulam cinco anos de função clínica<sup>40, 64</sup>.

#### 6.2.4 Análise Raman

Para a avaliação do grau de conversão em resinas têm sido utilizadas diversas metodologias: análise indireta por meio das propriedades mecânicas de dureza e flexão, calorimetria diferencial de varredura e métodos diretos como a espectroscopia no infravermelho (FTIR) e a espectroscopia Raman. Para as resinas à base de metacrilato, a espectroscopia Raman permite a avaliação do grau de conversão (isto é, a porcentagem de grupos vinil convertidos em alifáticos), comparando-se as bandas de vibração do metacrilato não-polimerizado (C=C) em  $1640\text{ cm}^{-1}$  com a do aromático ( $1610\text{ cm}^{-1}$ ), que é usado como referência porque não se altera com a polimerização<sup>56,62</sup>. Desta forma, esta consiste em uma metodologia adequada para avaliação da polimerização de um cimento resinoso em diferentes profundidades da raiz.

#### 6.2.5 Ensaio de *push-out*

O ensaio de *push-out* dá uma estimativa mais confiável da adesão, pois provoca a fratura paralelamente à interface dentina/adesivo. Quando comparado aos testes de tração observa-se a redução da

resistência adesiva com o emprego do *push-out*, pois os primeiros puxam a restauração das paredes dentinárias criando estresses na interface com o dente.<sup>37</sup> Além disso, neste tipo de ensaio há uma combinação entre o fenômeno da adesão e a configuração da cavidade<sup>13</sup>, que são fatores importantes na retenção do pino no conduto radicular.

Comparando os ensaios de *push-out* e microtração, Goracci et al.<sup>36</sup> (2004) observaram que os valores obtidos no ensaio de microtração apresentam maior variabilidade que os valores obtidos nos ensaios de *push-out*, esta diferença foi atribuída à maior tensão gerada na interface adesiva durante o preparo dos espécimes, assim os autores citam que o ensaio de *push-out* parece ser o mais confiável para avaliação da resistência adesiva entre pinos e dentina intra-radicular.

Mesmo com os cuidados tomados em relação à metodologia aplicada, como todo estudo *in-vitro*, não podemos extrapolar os resultados obtidos para as condições clínicas, uma vez que não é possível reproduzir com exatidão os fatores que afetam sobre o conjunto sob cargas mastigatórias<sup>10</sup>. Pudemos prever o comportamento destes materiais frente à diversas simulações de circunstâncias clínicas, os resultados devem ser confirmados com estudos clínicos longitudinais conduzidos a fim de evidenciar a performance clínica destes materiais.

## 7 CONCLUSÕES

Através da metodologia empregada e dos resultados obtidos pudemos concluir que:

- a) o grau de conversão do cimento dual utilizado foi maior quando não realizada a foto-ativação para as regiões media e apical;
- b) a resistência adesiva inicial foi semelhante no cimento dual independente do tipo de ativação;
- c) a ciclagem mecânica diminuiu a resistência adesiva do cimento dual quando não foi realizada a foto-ativação;
- d) foi encontrada uma baixa correlação entre grau de conversão e resistência adesiva para o cimento dual;
- e) o cimento químico utilizado apresentou os melhores resultados de resistência adesiva.

## 8 REFERÊNCIAS\*

1. Akkayan B, Gülmez T. Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. *J Prosthet Dent.* 2002 Apr;87(4):431-7.
2. Albuquerque R de C, Polleto LT, Fontana RH, Cimini CA. Stress analysis of an upper central incisor restored with different posts. *J Oral Rehabil.* 2003 Sep;30(9):936-43
3. Andreatta Filho OD, Nishioka RS, Almeida EES. Construção de um torno mecânico para realizar preparos dentais padronizados. *Pesq Odontol Bras.* 2000 set;14:17. Resumo 1047.
4. Ari H, Yaşar E, Belli S. Effects of NaOCl on bond strengths of resin cements to root canal dentin. *J Endod.* 2003 Apr;29(4):248-5
5. Asmussen E, Peutzfeldt A. Influence of UEDMA BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. *Dent Mater.* 1998 Jan;14(1):51-6
6. Attar N, Tam LE, McComb D. Mechanical and physical properties of contemporary dental luting agents. *J Prosthet Dent.* 2003 Feb;89(2):127-34.
7. Baldissara P, Pieri F, Arcidiacono A. Fatigue resistance of fiber posts: a comparison study. *J Dent Res.* 2001; 80(sp. Iss):706. Abstract 1434.

---

• Baseado em:  
International Comité of Medical Journal Editors. Bibliographic Services Division. Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals: simple referents [homepage na internet]. Bethesda: US Nacional Library; c2003 [disponibilidade em 2006 fev; citado em 20 mar.]. Disponível em : [http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform\\_requirements.html](http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html)

8. Blatz MB, Sadan A, Kern M. Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *J Prosthet Dent.* 2003 Mar;89(3):268-74. Review.
9. Boff LL, Grossi ML, Prates LH, Burnett LH Jr, Shinkai RS. Effect of the activation mode of post adhesive cementation on push-out bond strength to root canal dentin. *Quintessence Int.* 2007 May;38(5):387-94.
10. Bolhuis P, de Gee A, Feilzer A. Influence of fatigue loading on four post-and-core systems in maxillary premolars. *Quintessence Int.* 2004 Sep;35(8):657-67.
11. Bolhuis HP, de Gee AJ, Pallav P, Feilzer AJ. Influence of fatigue loading on the performance of adhesive and nonadhesive luting cements for cast post-and-core buildups in maxillary premolars. *Int J Prosthodont.* 2004 Sep-Oct;17(5):571-6
12. Boschian Pest L, Cavalli G, Bertani P, Gagliani M Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. *Dent Mater.* 2002 Dec;18(8):596-602
13. Bouillaguet S, Troesch S, Wataha JC, Krejci I, Meyer JM, Pashley DH. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. *Dent Mater.* 2003 May;19(3):199-205
14. Braga RR, Ferracane JL, Condon JR. Polymerization contraction stress in dual-cure cements and its effect on interfacial integrity of bonded inlays. *J Dent.* 2002 Sep-Nov;30(7-8):333-40.
15. Carvalho RM, Pereira JC, Yoshiyama M, Pashley DH. A review of polymerization contraction: the influence of stress development versus stress relief. *Oper Dent.* 1996 Jan-Feb;21(1):17-24. Review
16. Caughman WF, Chan DC, Rueggeberg FA. Curing potential of dual-polymerizable resin cements in simulated clinical situations. *J Prosthet Dent.* 2001 Jul;86(1):101-6.

17. Ceballos L, Garrido MA, Fuentes V, Rodríguez J. Mechanical characterization of resin cements used for luting fiber posts by nanoindentation. *Dent Mater*. 2007 Jan;23(1):100-5. Epub 2006 Jan 23.
18. Cohen BI, Deutsch AS, Musikant BL. Cyclic fatigue testing of six endodontic post systems. *J Prosthodont*. 1993 Mar;2(1):28-32
19. Correr-Sobrinho L, Reges RV, Piva E, Moraes R, Correr AB, Nouer PR, et al. In-depth Polymerization of Dual-cured Resin Cement Assessed by Hardness. *J Biomater Appl*. 2008 Jan
20. Dallari A, Rovatti L, Dallari B, Mason PN, Suh BI. Translucent quartz-fiber post luted in vivo with self-curing composite cement: case report and microscopic examination at a two-year clinical follow-up. *J Adhes Dent*. 2006 Jun;8(3):189-95.
21. Dallari A, Rovatti L. Six years of in vitro/in vivo experience with Compositopost. *Compend Contin Educ Dent Suppl*. 1996;(20):S57-63.
22. Dietschi D, Ardu S, Rossier-Gerber A, Krejci I. Adaptation of adhesive post and cores to dentin after in vitro occlusal loading: evaluation of post material influence. *J Adhes Dent*. 2006 Dec;8(6):409-19.
23. Dietschi D, Romelli M, Goretti A. Adaptation of adhesive posts and cores to dentin after fatigue testing. *Int J Prosthodont*. 1997 Nov-Dec;10(6):498-507.
24. Dos Santos Alves Morgan LF, Peixoto RT, de Castro Albuquerque R, Santos Corrêa MF, de Abreu Poletto LT, Pinotti MB. Light transmission through a Translucent fiber post. *J Endod*. 2008 Mar;34(3):299-302.
25. Drummond JL, Bapna MS. Static and cyclic loading of fiber-reinforced dental resin. *Dent Mater*. 2003 May;19(3):226-31.
26. Duret B, Reynaud M, Duret F. Un nouveau concept de reconstitution coronoradiculaire: le Compositopost (2). *Chir Dent Fr*. 1990; 60:69-77.

27. el-Badrawy WA, el-Mowafy OM. Chemical versus dual curing of resin inlay cements. *J Prosthet Dent.* 1995 Jun;73(6):515-24
28. el-Mowafy OM, Rubo MH, el-Badrawy WA. Hardening of new resin cements cured through a ceramic inlay. *Oper Dent.* 1999 Jan-Feb;24(1):38-44.
29. Ferrari M, Grandini S, Simonetti M, Monticelli F, Goracci C. Influence of a microbrush on bonding fiber post into root canals under clinical conditions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002 Nov;94(5):627-31.
30. Ferrari M, Vichi A, Grandini S. Efficacy of different adhesive techniques on bonding to root canal walls: an SEM investigation. *Dent Mater.* 2001 Sep;17(5):422-9
31. Fonseca RG, Santos JG, Adabo GL. Influence of activation modes on diametral tensile strength of dual-curing resin cements. *Braz Oral Res.* 2005 Oct-Dec;19(4):267-71. Epub 2006 Feb 14.
32. Foxton RM, Nakajima M, Tagami J, Miura H. Bonding of photo and dual-cure adhesives to root canal dentin. *Oper Dent.* 2003 Sep-Oct;28(5):543-51.
33. Fredriksson M, Astbäck J, Pamenius M, Arvidson K. A retrospective study of 236 patients with teeth restored by carbon fiber-reinforced epoxy resin posts. *J Prosthet Dent.* 1998 Aug;80(2):151-7.
34. Galhano GAP, Barbosa SH, Melo RM, Zamboni SC, Bottino MA, Scotti R. Evaluation of light transmission through translucent posts. *Oper Dent.* In press 2008.
35. Gianinni M, Chaves P, Oliveira MT. Effect of tooth age on bond strength to dentin. *J Appl Oral Sci.* 2003; 11( 4):342-347.
36. Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, Monticelli F, Raffaelli O, Cardoso PC, et al. The adhesion between fiber posts and root canal walls:

- comparison between microtensile and push-out bond strength measurements. *Eur J Oral Sci.* 2004 Aug;112(4):353-61
37. Goto Y, Nicholls JI, Phillips KM, Junge T. Fatigue resistance of endodontically treated teeth restored with three dowel-and-core systems. *J Prosthet Dent.* 2005 Jan;93(1):45-50.
38. Grandini S, Sapiro S, Goracci C, Monticelli F, Ferrari M. A one step procedure for luting glass fibre posts: an SEM evaluation. *Int Endod J.* 2004 Oct;37(10):679-86
39. Gutmann JL. The dentin-root complex: anatomic and biologic considerations in restoring endodontically treated teeth. *J Prosthet Dent.* 1992 Apr;67(4):458-67.
40. Heydecke G, Butz F, Hussein A, Strub JR. Fracture strength after dynamic loading of endodontically treated teeth restored with different post-and-core systems. *J Prosthet Dent.* 2002 Apr;87(4):438-45.
41. Isidor F, Odman P, Brøndum K. Intermittent loading of teeth restored using prefabricated carbon fiber posts. *Int J Prosthodont.* 1996 Mar-Apr;9(2):131-6.
42. Le Bell AM, Tanner J, Lassila LV, Kangasniemi I, Vallittu PK. Depth of light-initiated polymerization of glass fiber-reinforced composite in a simulated root canal. *Int J Prosthodont.* 2003 Jul-Aug;16(4):403-8.
43. Lertchirakarn V, Palamara JE, Messer HH. Finite element analysis and strain-gauge studies of vertical root fracture. *J Endod.* 2003 Aug;29(8):529-34.
44. Lertchirakarn V, Palamara JE, Messer HH. Patterns of vertical root fracture: factors affecting stress distribution in the root canal. *J Endod.* 2003 Aug;29(8):523-8.
45. Magni E, Mazzitelli C, Papacchini F, Radovic I, Goracci C, Coniglio I, et al. Adhesion between fiber posts and resin luting agents: a microtensile bond strength test and an SEM investigation following

- different treatments of the post surface. *J Adhes Dent.* 2007 Apr;9(2):195-202.
46. Malferrari S, Monaco C, Scotti R. Clinical evaluation of teeth restored with quartz fiber-reinforced epoxy resin posts. *Int J Prosthodont.* 2003 Jan-Feb;16(1):39-44.
47. Mallmann A, Jacques LB, Valandro LF, Muench A. Microtensile bond strength of photoactivated and autopolymerized adhesive systems to root dentin using translucent and opaque fiber-reinforced composite posts. *J Prosthet Dent.* 2007 Mar;97(3):165-72.
48. Mannocci F, Ferrari M, Watson TF. Intermittent loading of teeth restored using quartz fiber, carbon-quartz fiber, and zirconium dioxide ceramic root canal posts. *J Adhes Dent.* 1999 Summer;1(2):153-8.
49. Mannocci F, Pilecki P, Bertelli E, Watson TF. Density of dentinal tubules affects the tensile strength of root dentin. *Dent Mater.* 2004 Mar;20(3):293-6.
50. Mannocci F, Sherriff M, Ferrari M, Watson TF. Microtensile bond strength and confocal microscopy of dental adhesives bonded to root canal dentin. *Am J Dent.* 2001 Aug;14(4):200-4.
51. Miyazaki M, Onose H, Iida N, Kazama H. Determination of residual double bonds in resin-dentin interface by Raman spectroscopy. *Dent Mater.* 2003 May;19(3):245-51.
52. Monticelli F, Grandini S, Goracci C, Ferrari M. Clinical behavior of translucent-fiber posts: a 2-year prospective study. *Int J Prosthodont.* 2003 Nov-Dec;16(6):593-6.
53. Moraes RR, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA, Puppim-Rontani RM, Ogliari FA, Piva E. Light-activation of resin cement through ceramic: relationship between irradiance intensity and bond strength to dentin. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2008 Apr;85(1):160-5.

54. Nikaido T, Kunzelmann KH, Chen H, Ogata M, Harada N, Yamaguchi S, et al. Evaluation of thermal cycling and mechanical loading on bond strength of a self-etching primer system to dentin. *Dent Mater.* 2002 May;18(3):269-75.
55. Peutzfeldt A. Dual-cure resin cements: in vitro wear and effect of quantity of remaining double bonds, filler volume, and light curing. *Acta Odontol Scand.* 1995 Feb;53(1):29-34
56. Pianelli C, Devaux J, Bebelman S, Leloup G. The micro-Raman spectroscopy, a useful tool to determine the degree of conversion of light-activated composite resins. *J Biomed Mater Res.* 1999;48(5):675-81.
57. Pontius O, Hutter JW. Survival rate and fracture strength of incisors restored with different post and core systems and endodontically treated incisors without coronoradicular reinforcement. *J Endod.* 2002 Oct;28(10):710-5.
58. Qualtrough AJ, Mannocci F. Tooth-colored post systems: a review. *Oper Dent.* 2003 Jan-Feb;28(1):86-91
59. Reid LC, Kazemi RB, Meiers JC. Effect of fatigue testing on core integrity and post microleakage of teeth restored with different post systems. *J Endod.* 2003 Feb;29(2):125-31.
60. Roberts HW, Leonard DL, Vandewalle KS, Cohen ME, Charlton DG. The effect of a translucent post on resin composite depth of cure. *Dent Mater.* 2004 Sep;20(7):617-22
61. Schilke R, Lisson JA, Bauss O, Geurtsen W. Comparison of the number and diameter of dentinal tubules in human and bovine dentine by scanning electron microscopic investigation. *Arch Oral Biol.* 2000 May;45(5):355-61
62. Soares LE, Martin AA, Pinheiro AL, Pacheco MT. Vicker's hardness and Raman spectroscopy evaluation of a dental composite cured by

- an argon laser and a halogen lamp. *J Biomed Opt.* 2004 May-June; 9(3):601-8.
63. Souza RO, Lombardo GH, Michida SM, Galhano G, Bottino MA, Valandro LF. Influence of brush type as a carrier of adhesive solutions and paper points as an adhesive-excess remover on the resin bond to root dentin. *J Adhes Dent.* 2007 Dec;9(6):521-6.
64. Strub JR, Pontius O, Koutayas S. Survival rate and fracture strength of incisors restored with different post and core systems after exposure in the artificial mouth. *J Oral Rehabil.* 2001 Feb;28(2):120-4.
65. Ukon S, Moroi H, Okimoto K, Fujita M, Ishikawa M, Terada Y, et al. Influence of different elastic moduli of dowel and core on stress distribution in root. *Dent Mater J.* 2000 Mar;19(1):50-64
66. Vichi A, Grandini S, Davidson CL, Ferrari M. An SEM evaluation of several adhesive systems used for bonding fiber posts under clinical conditions. *Dent Mater.* 2002 Nov;18(7):495-502
67. Wiskott HW, Nicholls JI, Belser UC. Stress fatigue: basic principles and prosthodontic implications. *Int J Prosthodont.* 1995 Mar-Apr;8(2):105-16
68. Witzel MF, Braga RR, Singer J de M, Azevedo CL. Bond strength between polymer resin-based cement and porcelain-dentin surfaces: influence of polymerization mode and early cyclic loading. *Int J Prosthodont.* 2003 Mar-Apr;16(2):145-9.
69. Yoldas O, Alaçam T. Microhardness of composites in simulated root canals cured with light transmitting posts and glass-fiber reinforced composite posts. *J Endod.* 2005 Feb;31(2):104-6.

## Apêndice

 **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**  
**CAMPUS DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS**  
**FACULDADE DE ODONTOLOGIA**  
Av. Eng. Francisco José Longhi, 777 - Al. João Ulisses  
CEP- 12261-970 - F. (12) 3947-9079  
Fax (12) 3947-9010 / [unesp@fjoc.unesp.br](mailto:unesp@fjoc.unesp.br)



### **CERTIFICADO**

**Comitê de Ética em Pesquisa-Local**

**CERTIFICAMOS**, que o protocolo nº 015/2006-PH/CEP, sobre "Profundidade de polimerização de cimentos resinosos utilizados na cimentação de pinos translúcidos e sua influência sobre a resistência adesiva antes e pós ciclagem mecânica", sob a responsabilidade de **GRAZIELA ÁVILA PRADO GALHANO**, está de acordo com os Princípios Éticos, seguindo diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa, envolvendo seres humanos, conforme Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde e foi aprovado por este Comitê de Ética em Pesquisa.

São José dos Campos, 11 de abril de 2006.

**Prof. Dra. Suely Carvalho Mutti Naressi**  
**Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa-Local**

Galhano GAP. Depth of polymerization of resin cements used to bond translucent posts and its influence on the bond strength before and after mechanical cycling [doctorate thesis]. São José dos Campos: School of Dentistry of São José dos Campos, UNESP – São Paulo State University; 2008.

### **Abstract**

*This study aimed to evaluate the light transmittance of a translucent post in the root canal, as well as the effects of light polymerization onto fatigue resistance and bond strengths at the post/cement/tooth joint. Moreover, the bond strengths obtained with different types of resin cement were determined. 70 human teeth were used. The root canals were prepared with Light Post drills (Bisco Inc, EUA) (size 3). Afterwards, the outer surface of each tooth was covered with black nail varnish to avoid passage of light through the root lateral walls. All teeth were treated with All Bond 2 (Bisco) bonding agent. They were divided into groups according to the resin cement: G1) non light-cured Duo-link dual-cure cement (Bisco), G2) light-cured Duo-link dual-cure cement, G3) C&B chemical-cure cement (Bisco) and G4) Illusion light-cure resin cement (Bisco). Each group was divided into subgroups, to designate the specimens subjected to mechanical cycling or not. Following that, the teeth were sectioned perpendicular to their long axis into 2mm sections. Each section corresponded to one of three study regions (cervical, middle and apical regions of the root canal preparation), allowing the determination of the degree of conversion at different levels of the root by using Raman spectroscopy in three teeth per group. Afterwards, the segments were subjected to Push-out bond strength test. The light-activated cements had the lowest degree of conversion towards the apical region whereas the dual-activated one presented the highest values. As for bond strength, the light- and non light-activated Duo-link groups were statistically similar in the beginning, but the mechanical cycling decreased the bond strength of the non light-activated group. The light-activated cement had the lowest bond strengths and the chemical cement (C&B) presented the highest bond strength values before and after mechanical cycling.*

Key words: Resin cements, fiber post, bond strength, degree of conversion.