

MARCO ANTONIO FRANCO CANÇADO

**RESISTÊNCIA DE UNIÃO AO CISALHAMENTO DE PINOS DE FIBRA COM
DIFERENTES CONFIGURAÇÕES CIMENTADOS EM RAÍZES FRAGILIZADAS**

BRASÍLIA, 2015

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE**

MARCO ANTONIO FRANCO CANÇADO

**RESISTÊNCIA DE UNIÃO AO CISALHAMENTO DE PINOS DE FIBRA COM
DIFERENTES CONFIGURAÇÕES CIMENTADOS EM RAÍZES FRAGILIZADAS**

**Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do Título de Mestre em Ciências
da Saúde pelo Programa de Pós-graduação em
Ciências da Saúde da Universidade de Brasília.**

**Orientador: Prof. Dr. Jacy Ribeiro de Carvalho
Junior**

BRASÍLIA

2015

MARCO ANTONIO FRANCO CANÇADO

**RESISTÊNCIA DE UNIÃO AO CISALHAMENTO DE PINOS DE FIBRA COM
DIFERENTES CONFIGURAÇÕES CIMENTADOS EM RAÍZES FRAGILIZADAS**

**Dissertação apresentada como requisito parcial
para obtenção do Título de Mestre em Ciências
da Saúde pelo Programa de Pós-graduação em
Ciências da Saúde da Universidade de Brasília.**

Aprovado em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jacy Ribeiro de Carvalho Junior (Presidente)

Universidade de Brasília - UnB

Prof. Dr. Leandro Augusto Hilgert

Universidade de Brasília - UnB

Prof. Dr. Laudimar Alves de Oliveira

Universidade de Brasília - UnB

*A **Deus**, pela oportunidade de receber esse conhecimento, que com aprendizado e humildade será repassado a todos os que dele necessitarem.*

*À **minha esposa, Roseana**, que esteve presente e sempre me apoiou.*

*Ao **meu filho, João Vitor**, minha inspiração.*

Dedico este trabalho...

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao meu orientador, Prof. Dr. Jacy Ribeiro de Carvalho Junior, por acreditar no meu potencial e me acolher como aluno em mais uma etapa da minha jornada em busca desse objetivo tão sonhado, a docência. Obrigado pela oportunidade em aprender e de receber um pouco de todo o seu conhecimento sobre Endodontia e docência.

AGRADECIMENTOS

À Universidade de Brasília, na pessoa do Magnífico Reitor, **Prof. Dr. Ivan Marques de Toledo Camargo**.

À Faculdade de Ciências da Saúde, na pessoa da Digníssima Diretora, **Prof.^a Dr.^a Maria Fátima Sousa**.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, na pessoa da Coordenadora, **Prof.^a Dr.^a Eliete Neves da Silva Guerra**; aos **professores e funcionários**.

Ao **Prof. Dr. Celso de Freitas Pedrosa Filho**, meu coorientador extraoficial, que me mostrou o valor que tem uma pessoa que ama a profissão, que ama ensinar e que foi fundamental na conclusão deste trabalho.

Aos professores da disciplina de Endodontia do Departamento de Odontologia da Universidade de Brasília – UnB, **Prof. Dr. Edson Dias Costa Júnior, Roberto Machado Cruz e Laudimar Alves de Oliveira**.

Ao Departamento de Odontologia Restauradora, Laboratório de materiais dentários, da Faculdade de Odontologia de Piracicaba da UNICAMP, nas pessoas do **Prof. Dr. Lourenço Correr Sobrinho, Prof. Dr. Mário Alexandre Coelho Sinhoretí** e do **Engenheiro Marcos Blanco Cangiani**, por disponibilizarem a estrutura do Laboratório de Materiais Dentários para a realização da parte experimental desta pesquisa.

À **Profa. MSc. Daniele Machado da Silveira Pedrosa**, Professora Substituta das áreas de Prótese Dentária e Clínicas de Odontologia Integrada do Curso de Odontologia da Universidade Católica de Brasília – UCB, cuja colaboração técnico-científica foi essencial para a realização deste trabalho.

Ao técnico do Laboratório de Biomateriais do Departamento de Odontologia da Faculdade de Ciências da Saúde – UnB, **Edivaldo Batista Teles**, pela simpatia com que me acolheu, estando sempre pronto a me ajudar.

*Aos colegas de Mestrado, **Tainá Macedo do Vale e Vitor Hugo Marçal de Carvalho**, por dividirem comigo os desafios e as conquistas em cada uma das etapas desse Mestrado Acadêmico na UnB.*

A **todos aqueles** que, de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, o meu sincero agradecimento.

"A mente que se abre a uma ideia jamais voltará ao seu tamanho original."

(Albert Einstein)

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar, por meio do teste de micro *push-out*, o efeito de dois tipos de cimentos resinosos na resistência de união ao cisalhamento de pinos de fibra de vidro pré-fabricados, cônicos e com dupla conicidade, e reembasados, cimentados nos terços cervical, médio e apical do preparo protético em raízes fragilizadas. Sessenta caninos humanos, com um único canal e raízes retas, tiveram suas porções coronárias removidas obtendo raízes com tamanho de 16 mm a partir do ápice radicular. As raízes foram incluídas em cilindros de resina acrílica para facilitar a manipulação e proporcionar melhor alinhamento do canal radicular. Foi realizado o tratamento endodôntico, seguido pelo preparo protético do canal, utilizando brocas em baixa rotação e pontas diamantadas em alta rotação, com o objetivo de simular uma raiz fragilizada. As raízes foram divididas em três grandes grupos de acordo com o tipo de pino de fibra de vidro utilizado: Grupo PC, composto por pinos cônicos (n = 20); Grupo PDC, composto por pinos de dupla conicidade (n= 20); e Grupo PR, composto por pinos reembasados (n = 20). Em seguida, os grupos foram subdivididos de acordo com o tipo de cimento, resultando em um total de seis subgrupos: PC e RelyX ARC (PC-RA); PC e RelyX U200 (PC-RU); PDC e RelyX ARC (PDC-RA); PDC e RelyX U200 (PDC-RU); PR e RelyX ARC (PR-RA); e, PR e RelyX U200 (PR-RU). Os pinos foram cimentados de acordo com as recomendações do fabricante. Após 24 horas, todos os espécimes foram seccionados transversalmente em seis fatias, com 1 mm de espessura cada, obtendo uma fatia representativa para cada terço do preparo protético (cervical, médio e apical). Todas as fatias foram submetidas ao teste de micro *push-out*, com velocidade de 0,5 mm/min. As falhas de união foram analisadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV). Os dados (MPa) foram analisados por meio dos testes estatísticos ANOVA de três fatores e Tukey ($\alpha = 0,05$). Os valores de resistência de união (MPa) do grupo PR ($6,77 \pm 2,11$) foram superiores ($p < 0,05$) aos dos grupos PDC ($4,05 \pm 1,91$) e PC ($4,00 \pm 1,88$) (semelhantes entre si - $p > 0,05$). O cimento RU ($5,86 \pm 2,21$) apresentou maior resistência de união ($p < 0,05$) quando comparado ao cimento RA ($4,02 \pm 2,12$). Para todos os grupos testados, as resistências de união nos terços cervical ($5,74 \pm 2,34$) e médio ($5,16 \pm 2,23$) – semelhantes entre si – $p > 0,05$ – foram superiores ($p < 0,05$) à do terço apical

(3,92±2,12). Houve predominância de falha adesiva entre cimento e dentina em todos os grupos. Concluiu-se que o uso de pinos reembasados aumentou a retenção e o cimento RelyX U200 foi o mais eficiente, aumentando a retenção dos pinos de fibra em raízes fragilizadas. O terço apical foi a região com os menores valores de resistência de união.

Palavras chave: Cimentação; resistência ao cisalhamento; técnica para retentor intrarradicular.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate, by micro push-out test, the effect of two types of resin luting cements on shear bond strength of tapered, double-tapered and relined glass fiber posts luted into coronal, middle and apical thirds of the root canal in weakened roots. A total of 60 human canine teeth with straight roots had the crown removed, obtaining roots 16 mm in length from the radicular apex. The roots were embedded in acrylic resin blocks to facilitate handling and provide better alignment of the root canal. Endodontic treatment was performed followed by root canal enlargement with high speed diamond burs, to simulate a weakened root. Roots were divided into three major groups according to fiber post type used: Group TP composed of tapered posts ($n = 20$), Group DTP composed of double-tapered posts ($n=20$) and Group RP composed of relined posts ($n = 20$). Groups were further divided according to resin luting cement type used, resulting in a total of six subgroups: TP and RelyX ARC (TP-RA); TP and RelyX U200 (TP-RU); DTP and RelyX ARC (DTP-RA); DTP and RelyX U200 (DTP-RU); RP and RelyX ARC (RP-RA); and RP and RelyX U200 (RP-RU). Posts were luted according to manufacturer's instructions, and after 24 hours, all roots were sectioned transversely into six 1 mm thick slices, being used one slice for each root third (coronal, middle and apical). All samples were submitted to the micro push-out test with a cross-head speed of 0.5 mm/min until retention failure. Failure modes were evaluated with scanning electron microscopy (SEM). Data (MPa) were analyzed using three-way ANOVA and Tukey test ($\alpha=0.05$). The shear bond strength values (MPa) of the group RP (6.77 ± 2.11) were higher ($p<0.05$) than the groups DTP (4.05 ± 1.91) and TP (4.00 ± 1.88) (similar to each other - $p>0.05$). The RU luting cement (5.86 ± 2.21) showed higher bond strength ($p<0.05$) when compared to RA luting cement (4.02 ± 2.12). For all tested groups, bond strength in the coronal (5.74 ± 2.34) and middle thirds (5.16 ± 2.23) (similar to each other - $p>0.05$) was higher ($p<0.05$) than the apical third (3.92 ± 2.12). Overall, the most frequent type of failure was adhesive failure between cement and dentin. Therewith, it was concluded that the use of relined posts increased retention of glass fiber posts and that RelyX U200 was the most efficient resin luting cement tested, yielding increased retention of fiber posts in

weakened roots. The apical third was the region with the lowest bond strength values.

Keywords: Cementation; shear strength; post and core technique.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – A) Seleção dos dentes caninos humanos. B) Corte da porção coronária, restando 16 mm das raízes. C) Verificação do comprimento radicular com paquímetro digital	32
Figura 2 – A) Cilindro de PVC e delineador em posição. B) Imersão da raiz em resina acrílica. C) Raízes após a remoção dos cilindros de PVC	32
Figura 3 – A) Máquina padronizadora de preparos. B) Sequência de brocas	33
Figura 4 – A) Pino de fibra pré-fabricado Reforpost nº 2 utilizado para a confecção dos pinos reembasados. B) Pino de fibra pré-fabricado cônico Exacto nº 2. C) Pino de fibra pré-fabricado com dupla conicidade White Post DC nº 2	34
Figura 5 – A) Cimento resinoso adesivo dual RelyX ARC. B) Cimento resinoso autoadesivo RelyX U200	34
Figura 6 – A) Limpeza do pino com ácido fosfórico a 35%. B) Aplicação do agente silano. C) Aplicação do adesivo e posterior fotoativação	35
Figura 7 – A) Lubrificação do preparo protético. B) Pino de fibra envolto com resina composta de baixo escoamento. C) Pino de fibra inserido no preparo com as marcações para adequado posicionamento no momento da cimentação	36
Figura 8 – A) Pino após o reembasamento com resina composta. B) Polimerização do pino dentro do preparo radicular. C) Polimerização do pino reembasado fora do preparo, vestibular e palatina. D) Pino anatômico finalizado	37
Figura 9 – A) Condicionamento ácido do interior do preparo radicular. B) Secagem com cone de papel absorvente. C) Aplicação do sistema adesivo. D) Remoção do excesso do sistema adesivo com cone de papel absorvente	37
Figura 10 – A) Colocação do cimento no interior do preparo radicular com Lentulo. B) Inserção do pino no interior preparo, após a aplicação do cimento na superfície do pino. C) Pino instalado após a remoção do excesso do cimento, e polimerizado	38
Figura 11 – A) Máquina de corte com disco diamantado realizando os <i>slices</i> .	

B) <i>Slices</i> radiculares identificados por dente e por terços: cervical, médio e apical	39
Figura 12 – Máquina de ensaio universal Instron 4411 com um <i>slice</i> em posição, realizando o teste de <i>push-out</i>	40
Figura 13 – Representação gráfica do teste de Tukey para as médias de resistência de união ao cisalhamento entre os tipos de cimentos utilizados	44
Figura 14 – Representação gráfica do teste de Tukey para as médias de resistência de união ao cisalhamento entre os tipos de pinos de fibra de vidro utilizados	45
Figura 15 – Representação gráfica do teste de Tukey para as médias de resistência de união ao cisalhamento em relação aos terços radiculares do preparo protético	46
Figura 16 – Representação gráfica do teste de Tukey para as médias de resistência de união ao cisalhamento na interação entre o tipo de cimento e o tipo de retentor utilizados. Letras maiúsculas expressam diferença entre os diferentes pinos de fibra, e letras minúsculas diferença entre os cimentos resinosos para cada tipo de pino de fibra	47
Figura 17 – Amostras representativas dos grupos de pinos cônicos (Exacto) cimentados com cimento resinoso adesivo RelyX ARC nos terços cervical (A), médio (B) e apical (C) e com cimento resinoso autoadesivo RelyX U200 nos terços cervical (D), médio (E) e apical (F), após ensaio de micro <i>push-out</i> . Legenda: D = dentina; C = cimento; P = pino de fibra de vidro	48
Figura 18 – Amostras representativas dos grupos de pinos duplo-cônicos (WhitePost) cimentados com RelyX ARC nos terços cervical (A), médio (B) e apical (C) e com RelyX U200 nos terços cervical (D), médio (E) e apical (F), após ensaio de micro <i>push-out</i> . Legenda: D = dentina; C = cimento; P = pino de fibra de vidro	49
Figura 19 – Amostras representativas dos grupos de pinos anatômicos cimentados com cimento resinoso adesivo RelyX ARC nos terços cervical (A), médio (B) e apical (C) e com cimento resinoso autoadesivo RelyX U200 nos terços cervical (D), médio (E) e apical (F), após ensaio de micro <i>push-out</i> . Legenda: D = dentina; C = cimento; R = resina composta; P = pino de fibra de vidro	50

Figura 20 – Amostras representativas dos tipos de falhas observados após os testes de micro *push out*. A) e B) Setas indicam região onde ocorreram falhas adesivas na interface entre dentina e cimento. C) e D) Setas indicam regiões onde ocorreram falhas adesivas entre pino e cimento, cimento e dentina e ainda falha coesiva no cimento. E) e F) Setas indicam regiões onde ocorreram falhas adesivas entre dentina e cimento e falhas coesivas em dentina, caracterizando falha mista. Legenda: D = dentina; C = cimento; P = pino de fibra de vidro 52

Figura 21 – Figura 21 - Análise em microscopia eletrônica de varredura dos defeitos encontrados para as técnicas de cimentação utilizadas. A) e B) Presença de bolhas na camada de cimento e entre pino e cimento. B) Bolhas na camada de cimento resinoso. C) e D) Cimento com polimerização inadequada na região apical do preparo. Legenda: D = dentina; C = cimento; P = pino de fibra de vidro 53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Detalhamento da divisão dos grupos experimentais de acordo com o tipo de pino e de cimento utilizados	35
Tabela 2 – Médias dos valores de resistência de união (desvio padrão) para os tipos de pinos de fibra de vidro, cimentos e dos terços radiculares, em MPa	43
Tabela 3 – Médias dos valores de resistência de união (desvio padrão) na interação entre os tipos de cimentos e os retentores, em MPa	43
Tabela 4 – Análise de variância de três fatores referente aos valores de resistência de união ao cisalhamento, por meio do teste de micro <i>push-out</i> , avaliando-se diferentes tipos de pinos de fibra de vidro, cimentos e regiões radiculares do preparo protético	44
Tabela 5 – Descrição dos tipos de falhas observados por meio de microscopia eletrônica de varredura em aumentos de 35x e 200x	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

% – por cento

°C – Grau Celsius

GPa – Gigapascal

KgF – quilograma força

KV – quilovolt

MEV – Microscopia Eletrônica de Varredura

mm² – milímetro quadrado

µm – micrômetro

mA – miliampere

min – minuto

MPa – Megapascal

N – Newton

pH – potencial hidrogeniônico

PVC – policloreto de vinila

s – segundo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1 PINOS DE FIBRA DE VIDRO PRÉ-FABRICADOS CÔNICOS E COM DUPLA CONICIDADE	23
2.2 PINOS DE FIBRA DE VIDRO REEMBASADOS/ANATÔMICOS	24
2.3 AGENTES CIMENTANTES RESINOSOS	26
3 OBJETIVO	30
3.1 OBJETIVO GERAL	30
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	30
4 MÉTODOS	31
4.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	31
4.2 SELEÇÃO E PREPARO DAS RAÍZES	31
4.3 INCLUSÃO DAS RAÍZES	32
4.4 TRATAMENTO ENDODÔNTICO	32
4.5 PREPARO PROTÉTICO DOS CANAIS RADICULARES	33
4.6 DIVISÃO DOS GRUPOS	34
4.7 PREPARO DOS PINOS PARA CIMENTAÇÃO	35
4.7.1 Confecção dos pinos reembasados	36
4.8 CIMENTAÇÃO DOS PINOS DE FIBRA	37
4.8.1 Cimentação com cimento RelyX ARC	37
4.8.2 Cimentação com cimento RelyX U200	38
4.9 SECÇÃO DAS RAÍZES EM FORMA DE DISCO – FATIAS	39
4.10 TESTE DE MICRO <i>PUSH-OUT</i>	40
4.11 ANÁLISE DOS DADOS	41
4.12 ANÁLISE POR MEIO DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)	41
4.13 INFRAESTRUTURA PARA EXECUÇÃO DA PESQUISA	42
5 RESULTADOS	43
6 DISCUSSÃO	54

7 CONCLUSÃO	61
REFERÊNCIAS	62
ANEXOS	72

1 INTRODUÇÃO

A reabilitação de dentes tratados endodonticamente por meio da utilização de pinos de fibra de vidro tem sido tema de diversos estudos, tanto *in vitro* quanto *in vivo* (1,2). Mesmo com os avanços nas técnicas e materiais utilizados neste tipo de procedimento reabilitador, muitas questões precisam ser estudadas, principalmente no que tange a dentes com ausência coronária e remanescente radicular fragilizado, em que as condições de tratamento se tornam críticas (3,4,5,6,7,8,9,10).

Desde as primeiras tentativas de restauração final de dentes tratados endodonticamente com ausência de estrutura coronária, os núcleos metálicos apresentavam-se como o principal tipo de retenção protética (6,7,11,12). Mesmo possuindo alta retenção e uma fina camada de cimento para a sua instalação, estes retentores intrarradiculares apresentam um elevado módulo de elasticidade, quando comparado ao remanescente dentário, o que pode levar à fratura radicular, normalmente catastrófica, muitas vezes sem condições de reparo (11,13). Em contrapartida, os módulos de elasticidade dos pinos de fibra de vidro, das resinas compostas e dos cimentos resinosos apresentam valores próximos ao da dentina, o que se torna uma vantagem, do ponto de vista mecânico, ao conjunto restaurador (8,9,14,15,16). Quando cimentados à dentina, os pinos de fibra de vidro podem promover adequada distribuição das tensões ao longo de toda a estrutura dentária remanescente, diminuindo a possibilidade de concentração de tensões e, conseqüentemente, a predisposição a fraturas (17,18). Somado a isso, as características estéticas destes pinos de fibra de vidro têm contribuído para o crescimento de sua indicação (1,2,11).

A longevidade da restauração está diretamente relacionada com a quantidade de dentina remanescente pós-tratamento endodôntico e o preparo protético realizado para receber o pino de fibra de vidro (18), principalmente em relação à fratura (19) e à retenção (20), sendo esta última a principal causa de insucessos em restaurações com pinos de fibra de vidro (5,6,16,21). A retenção dos pinos de fibra de vidro pode ser comprometida por vários fatores, entre eles: pelos agentes contaminantes do preparo protético (16); pelo tipo de cimento e o mecanismo de união ao substrato dentinário (22); pelo acesso da luz fotoativadora à extensão do

preparo protético do canal radicular (23,24); e, pela configuração do pino de fibra de vidro (21,23).

Especificamente nos casos de raízes fragilizadas em consequência de destruição por cárie, por trauma e/ou pelo tratamento/retratamento endodôntico propriamente dito, a adaptação do pino de fibra de vidro ao interior do conduto intrarradicular pode ser prejudicada (4,18). Nessas condições clínicas, uma linha de cimentação excessivamente espessa será formada ao longo do preparo protético, principalmente na região cervical do preparo (25,26), acarretando maior tendência à formação de bolhas de ar (18,21). Além disso, alta tensão de polimerização é gerada, o que torna a área predisposta à perda da retenção (1,8,9).

Uma forma de permitir a redução da espessura da linha de cimentação e tentar conseguir maior adaptação do pino ao canal radicular é por meio do uso de pinos de fibra de vidro pré-fabricados com configuração (conicidade) próxima à do canal radicular (27,28). Existem no mercado pinos de fibra de vidro pré-fabricados cônicos, que possuem conicidade constante, e com dupla conicidade, que possuem dois níveis de conicidades, estando o maior localizado na porção mais cervical do pino. O uso de pinos de fibra de vidro pré-fabricados cônicos e com dupla conicidade tem ampla aceitação por parte dos profissionais, devido à praticidade quanto à execução do procedimento técnico de cimentação desse tipo de retentor no interior do canal radicular (29,30,31,32).

Uma alternativa viável, para tentar diminuir a espessura da linha de cimentação durante este procedimento nos pinos de fibra de vidro em raízes fragilizadas, devido à amplitude da luz do canal radicular, é a confecção de pinos de fibra reembasados com resina composta, também conhecidos como pinos anatômicos (16,33,34,35,36). Por meio dessa técnica de reembasamento, os pinos de fibra de vidro passam a ter configuração muito próxima à do preparo protético realizado no canal radicular, tal como é feito para os núcleos metálicos fundidos, proporcionando, assim, a redução da espessura da linha de cimentação (6,18,21,37). Com a diminuição da linha de cimentação, há aumento proporcional e direto do contato do pino reembasado com as paredes circundantes do canal radicular, proporcionando maior retenção friccional (27), e, conseqüentemente, menor dependência da união adesiva promovida pelo cimento (27,37), que é considerada crítica no interior do canal radicular (16). Dessa forma, mesmo cimentos com potencial adesivo inferior, mas que possuam propriedades mecânicas

satisfatórias, podem apresentar bons resultados na cimentação de pinos de fibra reembasados (38).

Assim, com a indicação cada vez mais frequente de pinos de fibra de vidro para a reabilitação de dentes anteriores com perdas estruturais coronárias – especialmente naqueles com canais radiculares amplos e raízes fragilizadas –, torna-se fundamental conhecer técnicas e materiais que propiciem restaurações mais duradouras, seja pela melhoria dos materiais dentários ou pelo aprimoramento das técnicas de cimentação dos pinos de fibra de vidro (39). Frente a isso, como ainda existem questionamentos quanto à técnica de cimentação de pinos de fibra de vidro cônicos, com dupla conicidade e reembasados com resina composta, justifica-se a avaliação da resistência de união ao cisalhamento de pinos de fibra com diferentes configurações cimentados em raízes fragilizadas, por meio do teste de micro *push-out*, nos terços cervical, médio e apical do preparo protético.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 PINOS DE FIBRA DE VIDRO PRÉ-FABRICADOS CÔNICOS E COM DUPLA CONICIDADE

Para o sucesso no tratamento reabilitador de dentes tratados endodonticamente, é fundamental a manutenção da restauração. Em alguns casos, principalmente em dentes com ausência de estrutura coronária, é necessário o uso de pinos intrarradiculares (3,5,6,7,8,9). Por vários anos, os núcleos metálicos fundidos (NMF) foram o modelo mais usado, e ainda hoje tem sua indicação para reabilitação de dentes com ausência de coroa e com comprometimento do alinhamento da raiz em virtude de inclinação méso-distal (13,40). Sabe-se, atualmente, que os retentores intrarradiculares não aumentam a resistência da raiz, mas aumentam a retenção mecânica da restauração (41,42,43), e que podem levar a fraturas radiculares (4,13,27). Apesar de sua indicação para dentes com grande destruição coronária, o NMF apresenta várias desvantagens, entre elas destacam-se o alto módulo de elasticidade, oxidação, manchamento do remanescente dentário, fraturas radiculares e falta de adesividade à estrutura dentinária (44).

Introduzidos no mercado há aproximadamente duas décadas, os pinos de fibra surgiram como opção de substituição aos NMF, e apresentam características que os tornaram amplamente utilizados na clínica odontológica. Os pinos de fibra possuem módulo de elasticidade próximo ao da dentina e com isso melhor distribuição das tensões no remanescente radicular (6,10,13,45,46,47), diminuindo a incidência de fraturas (48,49).

Os pinos de fibra de vidro têm seu uso aumentado por algumas razões, das quais destacam-se a estética superior, possibilitando melhores resultados em regiões anteriores (50), ser uma técnica mais econômica e de sessão única (33,51), além de ser mais conservadora, preservando tecido sadio no momento da preparação do canal radicular (51).

Os pinos reforçados por fibras podem ser compostos por fibras de carbono, quartzo ou vidro, embebidas em matriz de resina epóxica ou de metacrilato (1,14). As propriedades mecânicas desses pinos são diretamente influenciadas pela composição dos mesmos, sendo que, quanto maior a quantidade de fibras, maior a

rigidez do pino (37). As fibras são dispostas paralelamente ao longo eixo do pino, com diâmetro de 6 a 15 μ m, sendo sua densidade em torno de 25 a 35 por mm² (52). As fibras são responsáveis pela resistência à flexão, enquanto que a matriz resinosa proporciona resistência à compressão, além de interagir com o cimento resinoso (53).

Os pinos de fibra de vidro apresentam resistência à flexão de 17,5 GPa e módulo de elasticidade de 16 a 40 GPa – todos valores próximos aos da dentina –, permitindo com isso melhor absorção das tensões e distribuição mais homogênea ao longo das paredes do conduto radicular (4,17,46,47,52,54,17). Estudos revelaram que os casos de falhas por fratura em dentes restaurados com resina composta, que receberam pinos de fibra de vidro, ocorreram de forma reversível na restauração em resina, não atingindo o pino em si; ou seja, foram passíveis de reparo (54,55), e que havendo a indicação da substituição do pino de fibra de vidro, por necessidade endodôntica, por exemplo, o mesmo é passível de remoção (51,56).

Quanto à configuração, os pinos de fibra de vidro pré-fabricados podem apresentar-se cilíndricos, cônicos ou com dupla conicidade. Os pinos de fibra de vidro pré-fabricados cônicos e com dupla conicidade possuem configuração que tenta assemelhar-se ao formato do preparo protético do canal radicular, buscando uma adequada adaptação (29,30,31,32).

2.2 PINOS DE FIBRA DE VIDRO REEMBASADOS/ANATÔMICOS

Apesar de existir no mercado inúmeros tipos de pinos de fibra de vidro, com vários formatos e conicidades, ainda há casos em que o formato do pino não se adapta adequadamente ao espaço do preparo protético realizado no canal radicular. Sabe-se, também, que a maior causa de falhas destes tipos de pinos é a perda da retenção (18,57,58), e que boa adaptação do pino ao conduto produz uma linha de cimentação mais uniforme e mais delgada (26,59), reduzindo a incorporação de bolhas de ar (16,18,21). Como consequência dessa fina camada de cimento, diminui também o estresse da contração de polimerização, levando a menor possibilidade de microfraturas da linha de cimentação (25,59).

Algumas técnicas foram propostas para a redução dessa desadaptação do pino de fibra ao conduto radicular; entre elas podem-se citar os pinos acessórios (19) e o pino reembasado/anatômico, que é o reembasamento do pino de fibra de

vidro com resina composta fotopolimerizável (34,36,37,60). A técnica consiste em acrescentar, ao corpo do pino de fibra pré-fabricado, resina composta. Em seguida, leva-se o conjunto ao interior do canal radicular devidamente lubrificado, promovendo moldagem seguida da fotoativação da resina composta. A técnica resulta na confecção de um pino de fibra reembasado e individualizado, moldado ao canal radicular, assim como é o resultado da confecção de um NMF (4,6,16,33,35).

Por meio dessa técnica, que pode ser realizada em sessão única, os pinos reembasados podem promover maior adaptação ao canal radicular e, portanto, maior contato friccional (49,61). Em estudos comparativos entre pinos de fibra de vidro pré-fabricados cônicos, com dupla conicidade, cilíndrico-cônico e reembasados, observou-se que os pinos reembasados com resina composta apresentaram valores de resistência de união superiores (1,45,49,54,62).

Grandini et al. (37) realizaram a moldagem do canal radicular com pinos de fibra de vidro reembasados com resina composta e concluíram que a adaptação promovida pelo pino de fibra reembasado reduz a quantidade de cimento e produz uma linha de cimentação mais uniforme. Essa técnica é indicada para dentes tratados endodonticamente com raízes fragilizadas e canais radiculares amplos.

Em 2006, Pedrosa-Filho (16) avaliou a resistência à união por meio do teste de *push-out* de pinos de fibra de vidro pré-fabricados cilíndricos e reembasados, sendo que os resultados demonstraram que os pinos reembasados atingiram valores de resistência de união maiores quando comparados aos pré-fabricados cilíndricos. Vários estudos apontam que a técnica do pino reembasado tem demonstrado resultados superiores no que diz respeito à resistência de união (16,18,27), à resistência à fratura (4,12,19) e quanto ao tipo de falha ocorrida nas amostras (1,2,3,4,12,21).

Com o uso de pinos de fibra reembasados, aumenta-se também a retenção friccional; ou seja, produz maior embricamento mecânico (11,63), aumentando a resistência de união e evitando possíveis falhas (38,39). Além disso, outra propriedade decorrente dos pinos de fibra reembasados é a pressão gerada no cimento contra as paredes do conduto durante a cimentação (16,21). Essa maior pressão reduz a incorporação de água na interface de união entre o cimento e a dentina, diminuindo os efeitos negativos que a umidade acarreta (27). Reduz, também, a formação de bolhas de ar na linha de cimentação, o que favorece o

processo de retenção e aumenta a resistência de união do pino de fibra reembasados às paredes do canal radicular (21,22).

2.3 AGENTES CIMENTANTES RESINOSOS

Considerando que a composição química do pino de fibra de vidro é compatível com o cimento resinoso, a adesão entre os dois torna o conjunto restaurador uma unidade homogênea capaz de suportar melhor as tensões, o que favorece a união às paredes do canal radicular (17,25,33,64,65,66). Outra propriedade dos pinos de fibra de vidro é a capacidade das partículas inorgânicas em conduzir luz por toda a sua estrutura, favorecendo a polimerização do cimento nas regiões mais apicais. Tanto o pino de fibra de vidro quanto o cimento resinoso possuem maior capacidade estética, proporcionando restaurações livres de metal mais próximas do natural (67,68).

A causa mais comum de falhas em restaurações fixadas por meio de pinos de fibra é a perda de adesão (7,27,46,69). Dessa forma, a escolha do cimento, a técnica de cimentação, o conhecimento da anatomia das estruturas dentinárias e do próprio substrato em si, são fatores importantes para o sucesso da restauração de dentes tratados endodonticamente com ampla destruição coronária (14,61).

Vários tipos de cimentos foram testados, fosfato de zinco, ionômero de vidro, ionômero de vidro modificado por resina e os cimentos resinosos. Atualmente, os mais utilizados para cimentação de pinos de fibra são os cimentos resinosos, em que o mecanismo de união às paredes dentinárias é micromecânico, com formação de camada híbrida, proporcionando maior resistência de união entre o cimento e as paredes do canal radicular (7,37,62).

Alguns fatores podem interferir decisivamente na união entre o pino de fibra/cimento e a parede dentinária; entre eles pode-se citar a disposição dos túbulos dentinários no interior do canal radicular, nos diferentes terços (1,62), sendo que no terço apical a união é prejudicada devido à menor quantidade de túbulos dentinários disponíveis para a formação de microprolongamentos e pela presença de canais acessórios (68,70,71,72,73).

Estudos demonstraram que o eugenol presente em alguns cimentos endodônticos inibe a polimerização dos cimentos resinosos. Para se evitar essa

inibição da polimerização, recomenda-se o uso de cimentos livres de eugenol (26,74,75,76).

A contração de polimerização mostrou-se como fator importante na determinação da união adesiva na cimentação de pinos de fibra. Essa contração é determinada pela espessura da camada de cimento e o fator C (59,77). Por outro lado, Perdigão et al. (78) avaliaram a resistência de união de um mesmo tipo de pino de fibra de vidro cilíndrico de diferentes diâmetros cimentado em diferentes diâmetros de canais radiculares. A conduta promoveu a formação de diferentes espessuras de linhas de cimentação. Esses autores concluíram que não havia diferenças significativas na resistência à união.

Os cimentos resinosos, que foram desenvolvidos a partir das resinas compostas utilizadas em restaurações, são compostos por BisGMA-bisfenol glicidil metacrilato e TEGDMA-trietilenoglicol dimetacrilato (79). Os cimentos podem ser classificados quanto à polimerização como quimicamente ativados, fotoativados ou duais – associação dos dois tipos. Os cimentos resinosos podem ser convencionais ou autoadesivos, sendo que os convencionais necessitam de um sistema adesivo prévio à cimentação. O sistema autoadesivo é composto por grupos metacrilatos bifuncionais, de natureza ácida, que promove a desmineralização dentinária e posterior infiltração, resultando em maior retenção micromecânica quando comparado ao cimento resinoso convencional (11,80).

Os cimentos resinosos convencionais, adesivos, necessitam da aplicação de sistema adesivo prévio à cimentação para a sua correta utilização; com isso aumenta as possibilidades de insucesso. Com o objetivo de reduzir esses riscos no processo de cimentação de pinos de fibra, foram desenvolvidos os cimentos autoadesivos (81). Os cimentos resinosos autoadesivos são compostos por grupos metacrilatos bifuncionais, de natureza ácida, que promovem a desmineralização da dentina e posterior infiltração no tecido dentinário, proporcionando uma retenção micromecânica (11). A neutralização do ácido ocorre por meio da reação com os sais de hidroxiapatita da dentina durante o processo de polimerização do cimento (82).

Com isso, os agentes cimentantes autoadesivos promovem uma interação mais eficiente com a dentina devido à reação química entre os íons de cálcio da estrutura dentária e o cimento (83). No início, esses cimentos apresentam um pH baixo, tornando o cimento hidrofílico, promovendo uma boa adaptação à parede

dentinária. Durante a polimerização, os monômeros ácidos reagem com os componentes de carga do cimento e a hidroxiapatita, aumentando o pH. Após essa reação, o resultado apresenta características hidrofóbicas, baixo coeficiente de expansão e baixa solubilidade. Essa reação é responsável pela união química do cimento com a dentina, complementando a retenção micromecânica (15,84,85).

A adesão dos cimentos resinosos pode ser afetada por muitos fatores, materiais irrigadores, agentes antibacterianos, eugenol dos materiais obturadores, contaminação da dentina ou dos pinos, óleo do *spray* dos instrumentos rotatórios ou do ar do compressor, até mesmo da micromorfologia do canal radicular (76). A presença de eugenol nos cimentos endodônticos inibe a polimerização tanto dos cimentos resinosos quanto do adesivo, devendo-se esperar pelo menos sete dias para restauração de dentes obturadores com esse tipo de cimento endodôntico (74,75), sendo recomendado o uso de cimento endodôntico livre de eugenol (26).

Um fator que interfere na cimentação de pinos de fibra de vidro com cimentos resinosos é a contração de polimerização resultante do fator C (configuração cavitária) e pela camada de cimento (7,59,69). O fator C, razão entre as superfícies aderidas e não aderidas, enquanto na cimentação de pinos de fibra intrarradiculares pode exceder a 200 (77,83,86), promovendo uma alta contração de polimerização que pode levar a falhas na interface da cimentação (57,87). Para alguns autores, quanto maior o volume de cimento resinoso, maior será a contração de polimerização (24,77). Por outro lado, quanto mais fina a camada de cimento resinoso, maior será a força de contração, pois há menor área de superfície livre para a dissipação das tensões (59).

A utilização dos pinos de fibra de vidro reembasados e uma camada mais delgada de cimento permite maior retenção do conjunto ao canal radicular. Os cimentos possuem menor quantidade de partículas de carga e, conseqüentemente, valores menores de força coesiva (88). Isso se deve, também, à compatibilidade entre o pino de fibra, que possui matriz resinosa semelhante à da resina composta, além do silano como agente de união entre os dois (33).

Apesar de a polimerização lenta dos cimentos resinosos quimicamente ativados proporcionar menor contração de polimerização, para alguns autores o cimento dual ainda é o mais indicado para cimentação de pinos de fibra, pois proporciona melhor resistência de união (89,90). Devido ao fato de esses cimentos apresentarem o componente de ativação da reação química em menor quantidade,

a polimerização ocorre mais lentamente, possibilitando maior tempo para liberação das forças de estresse ao longo da linha de cimentação (25,50).

A disposição dos túbulos dentinários ao longo do conduto radicular é um fator importante na adesão dos cimentos resinosos, sendo observada uma maior densidade e diâmetro no terço cervical diminuindo em direção apical (73,78,91). A espessura da camada híbrida é diretamente proporcional à quantidade de túbulos dentinários, afetando significativamente a adesão nos diferentes terços da raiz (73,92). A dificuldade de acesso e inserção de materiais durante o procedimento de limpeza, secagem e adesão é um ponto crítico para o processo de adesão dos cimentos resinosos no terço apical dos condutos radiculares (24,93,94,95). A formação da camada híbrida no terço apical não é uniforme, sendo que os prolongamentos resinosos são poucos ou nem se formam (78). Apesar da baixa adesão nas regiões apicais, a resistência friccional contribui para a resistência ao deslocamento do pino (21,27).

3 OBJETIVO

3.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar, por meio de modelo experimental *in vitro*, utilizando-se o teste de micro *push-out*, o efeito de dois tipos de cimentos resinosos na resistência de união ao cisalhamento de pinos de fibra de vidro pré-fabricados, cônicos e com dupla conicidade, e reembasados, cimentados nos terços cervical, médio e apical do preparo protético em raízes fragilizadas.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar os valores de resistência de união ao cisalhamento dos pinos de fibra de vidro pré-fabricados cônicos, dos pinos de fibra de vidro pré-fabricados com dupla conicidade e dos pinos de fibra de vidro reembasados cimentados em raízes fragilizadas;
- Determinar os valores de resistência de união ao cisalhamento promovidos pelo cimento convencional RelyX ARC e pelo cimento autoadesivo RelyX U200, ao promoverem a cimentação de pinos de fibra de vidro em raízes fragilizadas;
- Determinar os valores de resistência de união ao cisalhamento dos pinos de fibra de vidro cimentados pelos cimentos resinosos nos terços cervical, médio e apical do preparo protético das raízes fragilizadas.

4 MÉTODOS

O presente Projeto de Pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos, da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília (CAAE: 39564914.5.0000.0030, Número do Parecer: 989.550).

4.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Este experimento foi delineado em esquema multifatorial (3 x 2 x 3), avaliando-se os fatores, três tipos de pinos de fibra de vidro: pino de fibra pré-fabricado cônico, pino de fibra pré-fabricado com dupla conicidade e pino de fibra reembasado; dois tipos de cimentos resinosos: convencional e autoadesivo; e terço radicular em três níveis: cervical, médio e apical. A resistência de união ao cisalhamento por extrusão (micro *push-out*) de pinos de fibra de vidro cimentados em raízes de caninos humanos foi analisada tendo como variável de resposta a resistência de união, com delineamento (distribuição) inteiramente ao acaso.

4.2 SELEÇÃO E PREPARO DAS RAÍZES

Foram selecionados sessenta dentes caninos humanos, com raízes retas e livres de trincas, recém-extraídos. Os dentes selecionados foram armazenados em solução de timol a 0,5% após limpeza com curetas periodontais. Em seguida, foi removida a porção coronária dos dentes, utilizando-se disco diamantado (KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil) e padronizando-se o comprimento das raízes em 16 mm, com auxílio de um paquímetro digital (Mitutoyo, Mitutoyo Sul Americana Ltda., Santo Amaro, SP, Brasil).

O conteúdo remanescente dos canais radiculares foi removida utilizando limas endodônticas tipo K (Dentsply-Maillefer, Tulsa, OK, EUA) de primeira série até a numeração #30, sob abundante irrigação com hipoclorito de sódio a 1,0% (CloroRio 1% Rioquímica, São José do Rio Preto, SP, Brasil) para arrasto e dissolução da matéria orgânica. Após esta etapa, as raízes foram numeradas, mantendo-as imersas em água destilada a 37°C, em estufa, por três dias.



Figura 1 – A) Seleção dos dentes caninos humanos. B) Corte da porção coronária, restando 16 mm das raízes. C) Verificação do comprimento radicular com paquímetro digital.

4.3 INCLUSÃO DAS RAÍZES

As raízes foram incluídas em cilindros de PVC (20 mm de diâmetro x 25 mm de altura), fixando estes a uma película radiográfica utilizando cera rosa 7. A raiz foi fixada à haste de um delineador protético com o auxílio de uma broca Gates Glidden nº 2 (Dentsply-Maillefer, Tulsa, OK, EUA) inserida no interior do canal radicular e fixada com cera utilidade, de modo que o canal radicular ficasse perpendicular à platina do delineador. Após esta fixação da raiz, o cilindro de PVC foi posicionado, centralizando na base do delineador e preenchido com resina acrílica autopolimerizável.



Figura 2 – A) Cilindro de PVC e delineador em posição. B) Imersão da raiz em resina acrílica. C) Raízes após a remoção dos cilindros de PVC.

4.4 TRATAMENTO ENDODÔNTICO

Os dentes foram instrumentados mecanicamente com comprimento de trabalho estabelecido a um milímetro aquém do forame apical, confeccionando o batente apical com lima tipo K #40 (Dentsply-Maillefer, Tulsa, OK, EUA). Foi realizada a técnica escalonada com limas tipo K (Dentsply-Maillefer, Tulsa, OK, EUA) de #45 a #60 e brocas Gates Glidden (Dentsply-Maillefer, Tulsa, OK, EUA) números 2, 3 e 4, acompanhada de irrigação abundante com hipoclorito de sódio a

2,5% (CloroRio 2,5% Rioquímica, São José do Rio Preto, SP, Brasil). As raízes instrumentadas foram obturadas com guta-percha (Dentsply Maillefer, Ballagues, Suíça) associada ao cimento endodôntico à base de resina epóxi, Sealer 26 (Dentsply Ind. e Com. Ltda., Petrópolis, RJ, Brasil). Após o tratamento endodôntico, as raízes foram armazenadas em 100% de umidade relativa, a 37°C, por pelo menos 72 horas, para permitir a polimerização do cimento endodôntico.

4.5 PREPARO PROTÉTICO DOS CANAIS RADICULARES

Para padronização do preparo protético dos canais radiculares, foi utilizada uma máquina padronizadora de preparos (Elquip – Equipamentos para Pesquisa Odontológica, São Carlos, SP, Brasil). Inicialmente, o cilindro de resina foi fixado na máquina e uma broca de Gates-Glidden (Dentsply-Maillefer, Tulsa, OK, EUA) nº 5 foi acoplada a esta. Em seguida, foi utilizada uma broca Largo (Dentsply-Maillefer, Tulsa, OK, USA) nº 5, ambas levadas até a profundidade de 9 mm e acionadas por meio de um motor de baixa rotação (KaVo do Brasil Ind. Com. Ltda., Joinville, SC, Brasil). Após esta etapa, foram utilizadas a ponta diamantada nº 4138 (KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil), seguida da ponta diamantada nº 4137 (KG Sorensen, Cotia, SP, Brasil), sob abundante irrigação, ambas também levadas até a profundidade de 9 mm e acionadas por meio de um motor de alta rotação (KaVo do Brasil Ind. Com. Ltda., Joinville, SC, Brasil). Toda a sequência foi planejada para estabelecer conicidade e promover amplo alargamento aos canais radiculares.



Figura 3 – A) Máquina padronizadora de preparos. B) Sequência de brocas.

4.6 DIVISÃO DOS GRUPOS

Após o preparo dos canais radiculares, as raízes foram distribuídas, previamente numeradas, por meio de sorteio, em três grandes grupos, de acordo com o tipo de retentor intrarradicular, que foram divididos em dois subgrupos cada, de acordo com o tipo de cimento utilizado.

Foram utilizados os pinos de fibra de vidro Reforpost nº 2 (Angelus Indústria de Produtos Odontológicos S/A, Londrina, PR, Brasil), com 1,3 mm de diâmetro para o grupo dos pinos anatômicos; pinos de fibra de vidro Exacto nº 2 (Angelus Indústria de Produtos Odontológicos S/A, Londrina, PR, Brasil) para o grupo dos pinos cônicos; e o White Post DC nº 2 (FGM Produtos Odontológicos S/A, Joinville, SC, Brasil) para o grupo dos pinos com dupla conicidade (Figura 4).



Figura 4 – A) Pino de fibra pré-fabricado Reforpost nº 2 utilizado para a confecção dos pinos reembasados. B) Pino de fibra pré-fabricado cônico Exacto nº 2. C) Pino de fibra pré-fabricado com dupla conicidade White Post DC nº 2.

Para a cimentação, foram utilizados o cimento resinoso adesivo dual RelyX ARC (3M ESPE, St. Paul, MN, USA) e o cimento resinoso autoadesivo RelyX U200 (3M ESPE, Neuss, Alemanha) (Figura 5).



Figura 5 – A) cimento resinoso adesivo dual RelyX ARC. B) Cimento resinoso autoadesivo RelyX U200.

Tabela 1 - Detalhamento da divisão dos grupos experimentais de acordo com o tipo de pino de cimento utilizados

Tipo de cimento	Tipo de pino de fibra			TOTAL
	Cônico	Com dupla conicidade	Reembasado	
RelyX ARC	PC-RA	PDC-RA	PR-RA	n = 30
Nº. de amostras	n = 10	n = 10	n = 10	
RelyX U200	PC-RU	PDC-RU	PR-RU	n = 30
Nº. de amostras	n = 10	n = 10	n = 10	
TOTAL	n = 20	n = 20	n = 20	n = 60

4.7 PREPARO DOS PINOS PARA CIMENTAÇÃO

A superfície dos pinos de fibra de vidro foi limpa utilizando gel de ácido fosfórico a 35% (3M-ESPE, St. Paul, MN, EUA), por vinte segundos. Em seguida, o pino de fibra de vidro foi lavado abundantemente com água, para a completa remoção do ácido, e seco posteriormente, partindo-se, então, para aplicação de agente silano (RelyX Ceramic Primer, 3M-ESPE, ST. Paul, MN, EUA), utilizando-se micropincéis aplicadores descartáveis (Microbrush, KG Sorensen, São Paulo, SP, Brasil). Após o tempo de espera de 1 minuto para reação química do silano, a superfície do pino de fibra de vidro foi seca com jato de ar, por cinco segundos, para posterior aplicação, secagem (evaporação) e fotoativação do sistema adesivo simplificado (Adper™ Single Bond 2, 3M-ESPE, St. Paul, MN, EUA) por 20 segundos, utilizando unidade fotoativadora LED de alta potência Radii-cal (1600 mW/cm²; SDI Ltd, Bayswater, Victoria, Austrália), sendo utilizada a mesma técnica para os pinos reembasados.



Figura 6 – A) Limpeza do pino com ácido fosfórico a 35%. B) Aplicação do agente silano. C) Aplicação do adesivo e posterior fotoativação.

4.7.1 Confeção dos pinos reembasados

Inicialmente o canal radicular foi lubrificado com gel lubrificante hidrossolúvel (KY – Gel Lubrificante, Johnson & Johnson do Brasil Ind. e Com. Ltda., São José dos Campos, SP, Brasil). Em seguida, o pino de fibra Reforpost nº 2 (Angelus Indústria de Produtos Odontológicos S/A, Londrina, PR, Brasil) preparado foi envolvido por resina composta micro-híbrida de baixo escoamento (Filtek™ P-60, 3M-ESPE, ST. Paul, MN, EUA). O conjunto foi inserido lentamente no interior do canal radicular e, ao chegar ao comprimento preparado, este foi retirado e reinsertado por duas vezes para evitar qualquer ponto de retenção dentro do canal radicular, removendo, em seguida, o excesso de compósito da porção cervical, utilizando-se uma espátula para compósito.



Figura 7 – A) Lubrificação do preparo protético. B) Pino de fibra envolto com resina composta de baixo escoamento. C) Pino de fibra inserido no preparo com as marcações para adequado posicionamento no momento da cimentação.

O conjunto foi fotoativado em posição, no interior do canal radicular, por 20 segundos, realizando, então, uma marca no remanescente do pino de fibra de vidro e no cilindro de resina acrílica referente à região vestibular, para servir de guia de reinsertão do pino de fibra de vidro durante a cimentação. O conjunto foi retirado do interior do canal radicular, sendo fotoativado imediatamente por 20 segundos, respectivamente, pelas superfícies vestibular e palatina. Concluído o reembasamento do pino de fibra de vidro, foi testada a inserção do pino anatômico no interior do preparo do conduto para verificar se não existiam interferências na adaptação deste. Em seguida, tanto o preparo do canal radicular quanto o pino anatômico foram lavados com jato de água abundante por 30 segundos, para remoção total do gel lubrificante, secando ambos totalmente.

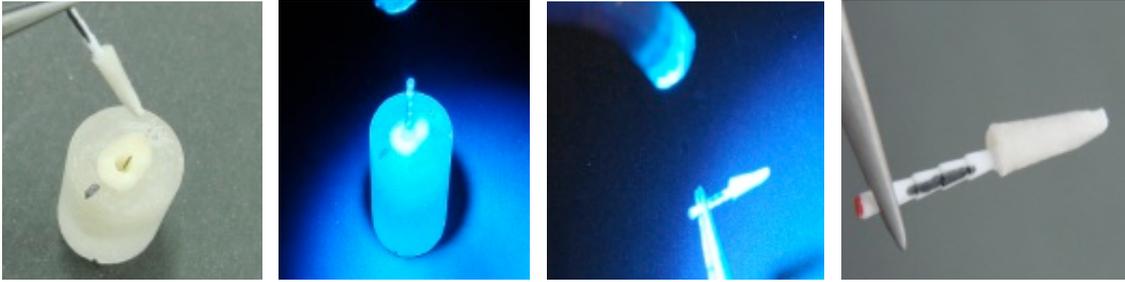


Figura 8 – A) Pino após o reembasamento com resina composta. B) Polimerização do pino dentro do preparo radicular. C) Polimerização do pino reembasado fora do preparo, vestibular e palatina. D) Pino anatômico finalizado.

4.8 CIMENTAÇÃO DOS PINOS DE FIBRA

4.8.1 Cimentação com cimento resinoso adesivo dual RelyX ARC

Para cimentação dos pinos de fibra de vidro dos subgrupos que receberam cimento resinoso adesivo dual Relyx ARC, primeiramente foi realizado o preparo da superfície dentinária. Para isso, o canal radicular foi condicionado com ácido fosfórico a 35% por 15 segundos, seguindo com a lavagem abundante com água pelo mesmo tempo de condicionamento, e o excesso de água foi removido do interior do conduto utilizando cones de papel absorvente (Dentsply-Maillefer, Tulsa, OK, EUA). Em seguida, foram aplicadas duas camadas consecutivas do sistema adesivo Adper™ Single Bond 2 sobre a superfície dentinária dos condutos, por meio de microaplicadores descartáveis, aplicando-se leve jato de ar por cinco segundos. O excesso de adesivo foi removido com cones de papel absorvente, realizando, então, a fotoativação por 40 segundos, mantendo-se a ponta da unidade fotoativadora posicionada à altura da embocadura do canal radicular.

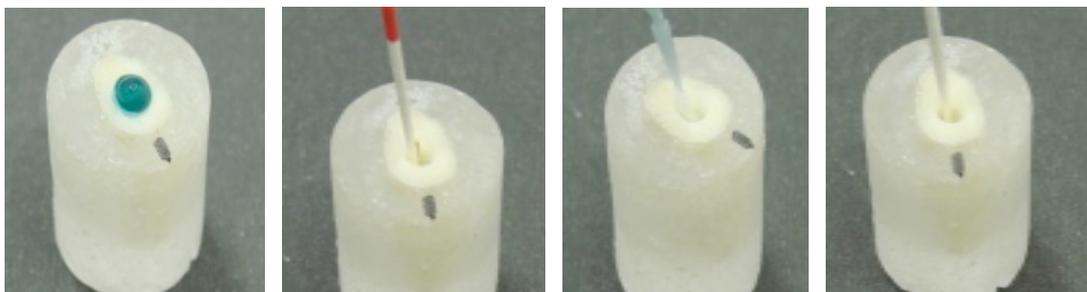


Figura 9 – A) Condicionamento ácido do interior do preparo radicular. B) Secagem com cone de papel absorvente. C) Aplicação do sistema adesivo. D) Remoção do excesso do sistema adesivo com cone de papel absorvente.

O cimento resinoso adesivo RelyX ARC foi manipulado e utilizado conforme recomendações do fabricante, sendo o cimento levado manualmente ao interior do canal radicular por meio de espiral de Lentulo 60 (Dentsply-Maillefer, Tulsa, OK, EUA), e aplicada também fina camada de cimento sobre a superfície do pino de fibra de vidro. O pino de fibra de vidro foi introduzido e posicionado no interior do canal radicular, estabilizando-o manualmente de forma que este ficasse paralelo ao longo eixo da raiz. Foram, então, removidos os excessos de cimento (Figura 9), utilizando-se espátula para compósito, e, após o tempo de espera de três minutos, foi realizada a fotoativação por 40 segundos no sentido ocluso-apical da raiz.

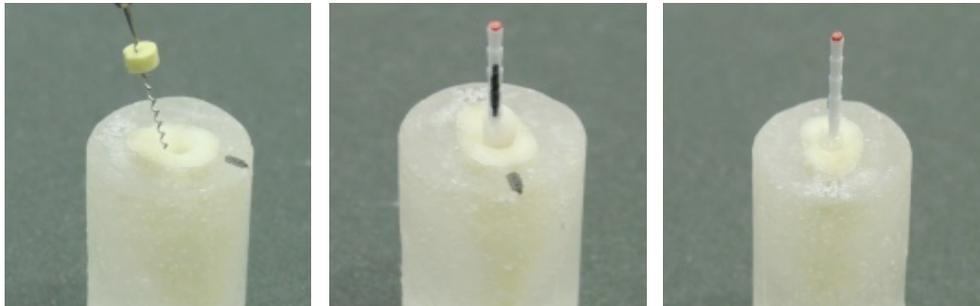


Figura 10 – A) Colocação do cimento no interior do preparo radicular com Lentulo. B) Inserção do pino no interior do preparo, após a aplicação do cimento na superfície do pino. C) Pino instalado após a remoção do excesso do cimento, e polimerizado.

4.8.2 Cimentação com cimento resinoso autoadesivo RelyX U200

Para a cimentação dos subgrupos de pinos de fibra de vidro com o cimento resinoso autoadesivo RelyX U200, os canais foram lavados com água abundantemente e secos com jato de ar e cones de papel absorvente, observando as recomendações do fabricante. Em seguida, foi manipulado o cimento em bloco de papel em proporções iguais, sendo aplicada fina camada desse cimento sobre a superfície do pino e no interior do conduto radicular com Lentulo 60. O pino foi introduzido no canal e posicionado o mais centralizado possível, sendo removidos os excessos de cimento (Figura 10), e após três minutos foi realizada a fotopolimerização por 40 segundos no sentido cérvico-apical.

4.9 SECÇÃO DAS RAÍZES EM FORMA DE DISCO - FATIAS

Terminados os procedimentos de cimentação dos pinos de fibra de vidro, os conjuntos foram imersos em água destilada, em estufa a 37°C, por 48 horas, para efetiva polimerização dos cimentos e hidratação das raízes. Ao final desse período, os espécimes foram fixados na máquina de corte de precisão Isomet (Buehler UK LTD, Lake Bluff, EUA) e seccionados perpendicularmente por meio de um disco diamantado (Extec Corp., Enfield, EUA) com 0,3 mm de espessura. Foram realizadas sete secções, sendo a primeira referente à porção mais cervical do espécime, com 0,5 mm de espessura, e as restantes com 1 mm de espessura cada. A primeira fatia obtida, onde se encontrava o excesso do pino, foi descartada, sendo utilizada uma fatia para cada terço (cervical, médio e apical) do preparo protético radicular, totalizando três fatias a serem testadas por raiz.

Cada fatia obtida foi identificada em sua face cervical com o número do espécime, seguido pela letra do terço radicular a que se refere (C, M ou A) e pelo número 1 ou 2, referente à primeira e a segunda fatia daquele terço. A segunda fatia de cada terço foi descartada. O número total de fatias utilizadas no experimento foi de 180 espécimes, sendo 30 espécimes para cada grupo. Ao fim desta etapa, todas as primeiras fatias de cada terço foram armazenadas em 100% de umidade relativa, a 37°C, por 24 horas, para posterior realização do ensaio mecânico de micro *push-out*.



Figura 11 – A) Máquina de corte com disco diamantado realizando os *slices*. B) *Slices* radiculares identificados por dente e por terços: cervical, médio e apical.

4.10 TESTE DE MICRO *PUSH-OUT*

Para o ensaio mecânico foi utilizada máquina de ensaio universal Instron 4411 (Instron Corporation, Norwood, MA, EUA) com célula de carga de 50 KgF e uma base metálica para ensaios de micro *push-out*. As fatias foram posicionadas nesta base metálica, que apresenta orifício maior com 20 mm de diâmetro e em seu interior um orifício menor ao centro, mantendo as fatias invertidas, com a porção cervical voltada para baixo e a região dos pinos de fibra de vidro cimentados coincidindo com o orifício menor.

Foi fixada, no mordente da máquina universal de ensaios, uma haste com ponta ativa cilíndrica com 1 mm de diâmetro, realizando, então, o ensaio de micro *push-out*, à velocidade de 0,5 mm/min até o deslocamento do pino de fibra de vidro do interior do canal radicular.

Os valores de resistência de união ao cisalhamento, alcançados por meio do teste de micro *push-out*, foram obtidos em quilograma-força (KgF) e convertidos em Newtons (N). Para calcular o valor da resistência de união em megapascal (MPa), realizou-se a divisão da força necessária para o deslocamento (N) dos pinos de fibra de vidro pela área da porção do conduto radicular em cada fatia (mm²). Para garantir uma maior precisão, as medidas de todas as fatias foram obtidas por meio de um paquímetro digital com a finalidade de individualizar o cálculo para cada fatia. As fórmulas e cálculos realizados foram descritos no Anexo A, e os dados obtidos foram tabulados para posterior análise estatística.

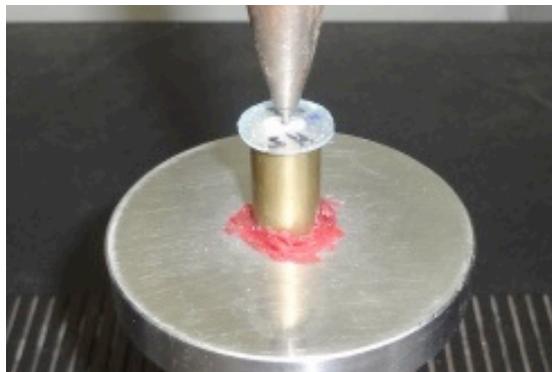


Figura 12 – Máquina de ensaio universal Instron 4411 com um *slice* em posição, realizando o teste de *push-out*

4.11 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados obtidos pelo ensaio mecânico de micro *push-out*, após tabulação e conversão, foram analisados inicialmente por meio da Análise de Variância de três fatores – tipo de pino de fibra de vidro, tipo de cimento, terço radicular e a interação destes – para verificação de diferenças estatísticas com nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Posteriormente, foi realizado o Teste de Tukey para identificar onde estas diferenças se encontravam, também com nível de significância a 5% ($\alpha = 0,05$).

Os padrões de falhas observados por meio da microscopia eletrônica de varredura (MEV) foram tabulados identificando o tipo de falha ocorrida após a extrusão dos pinos de fibra de vidro do interior do canal radicular. Também foram avaliadas, qualitativamente, as características morfológicas que pudessem explicar os resultados e os tipos de falhas ocorridas.

4.12 ANÁLISE POR MEIO DE MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

Após o ensaio micro *push-out*, as amostras foram preparadas para análise em microscopia eletrônica de varredura (MEV). Inicialmente, foi realizada a secagem das amostras em estufa a 70°C durante uma hora previamente ao procedimento de metalização. Para a metalização, as amostras foram fixadas em *stubs* utilizando fita de carbono dupla-face (Electron Microscopy Sciences, Hatfield, USA). Em seguida, os *stubs* foram posicionados em unidade metalizadora MED 10 (Balzers Union, Balzers, Alemanha) e os corpos-de-prova foram cobertos com fina camada de ouro, utilizando corrente de 45mA por 120s.

As imagens foram obtidas com microscópio eletrônico de varredura JSM 5410 (JEOL, Tóquio, Japão). Para cada amostra, foram obtidas cinco imagens – primeira, com aumento 35x, possibilitou a visualização de todo o retentor intrarradicular e parte da dentina adjacente ao preparo do pino, seguida de quatro imagens em aumento maior, de 200x, de toda extensão da interface de união, visando observar o tipo de falha nesta interface, bem como a presença de defeitos e características morfológicas.

4.13 INFRAESTRUTURA PARA EXECUÇÃO DA PESQUISA

O presente trabalho foi executado no Laboratório de Biomateriais do Curso de Odontologia da Universidade de Brasília, em conjunto com o Laboratório de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - FOP-UNICAMP e o Laboratório de Microscopia Eletrônica da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - FCAV-UNESP - Jaboticabal.

5 RESULTADOS

Para a análise estatística dos resultados obtidos de resistência de união ao cisalhamento, por meio do teste mecânico de micro *push-out*, foram calculadas as médias e os desvios padrões referentes aos tipos de pinos, aos tipos de cimentos e aos terços radiculares do preparo protético (Tabela 2) e para a interação do cimento com o tipo de retentor utilizados (Tabela 3).

Tabela 2 – Médias dos valores de resistência de união (desvio padrão) para os tipos de pinos de fibra de vidro, cimentos e dos terços radiculares, em MPa

Tipo de cimento	Terço radicular do preparo protético	Tipo de pino de fibra			Média global do tipo de cimento
		Cônico	Com dupla conicidade	Reembasado	
RelyX ARC	Cervical	3,44 (1,13)	4,26 (1,90)	6,60 (2,11)	4,02 (2,12)
	Médio	2,87 (1,17)	4,16 (1,98)	5,79 (1,75)	
	Apical	1,85 (0,81)	2,47 (1,55)	4,72 (1,55)	
Média do tipo de pino		2,72 (1,21)	3,63 (1,94)	5,70 (1,92)	
RelyX U200	Cervical	6,03 (1,17)	5,09 (1,61)	8,99 (1,10)	5,86 (2,21)
	Médio	5,45 (1,45)	4,63 (1,53)	8,04 (1,70)	
	Apical	4,33 (1,52)	3,66 (2,10)	6,48 (1,42)	
Média do tipo de pino		5,27 (1,52)	4,46 (1,81)	7,83 (1,73)	
Média global do tipo de pino		4,00 (1,88)	4,05 (1,91)	6,77 (2,11)	

Tabela 3 – Médias dos valores de resistência de união (desvio padrão) na interação entre os tipos de cimentos e os retentores, em MPa

Tipo de pino de fibra	Terço radicular do preparo protético		
	Cervical	Médio	Apical
Cônico	4,74 (1,74)	4,16 (1,85)	3,09 (1,74)
Com dupla conicidade	4,68 (1,77)	4,40 (1,74)	3,07 (1,90)
Reembasado	7,79 (2,04)	6,91 (2,04)	5,60 (1,71)
Média global do terço radicular	5,74 (2,34)	5,16 (2,23)	3,92 (2,12)

Os dados foram submetidos à Análise de Variância de três fatores com o objetivo de observar a presença de diferenças estatísticas para os tipos de pinos de fibra de vidro, os tipos de cimentos e os terços radiculares do preparo protético, além da interação entre eles. A análise demonstrou diferença significativa estatisticamente para os fatores: tipo de pino de fibra de vidro ($p < 0,00001$), tipo de cimento ($p < 0,00001$), terços radiculares ($p < 0,00001$) e a interação do tipo de cimento com o tipo de pino de fibra de vidro ($p < 0,00865$). Por outro lado, não detectou diferença significativa estatisticamente nas demais interações ($p > 0,05$).

Tabela 4 – Análise de variância de três fatores referente aos valores de resistência de união ao cisalhamento, por meio do teste de micro *push-out*, avaliando-se diferentes tipos de pinos de fibra de vidro, cimentos e regiões radiculares do preparo protético

Causas da variância	G.L.	S.Q.	Q.M.	Valor F	Prob.>F
Cimento	1	151,9108411	151,9108411	61,5447	0,00001
Pinos	2	301,9699556	150,9849778	61,1696	0,00001
Terços	2	103,3033599	51,6516799	20,9260	0,00001
Cimentos*Pinos	2	24,2318141	12,1159071	4,9086	0,00865
Cimentos*Terços	2	0,2234334	0,1117167	0,0453	0,95582
Pinos*Terços	4	2,9167895	0,7291974	0,2954	0,88054
Cimento*Pinos*Terços	4	2,1410496	0,5352624	0,2169	0,92721
Resíduo	162	399,8649514	2,4683022		
Total	179	986,5621946			

Em seguida, foi realizado o Teste de Tukey, ao nível de variância de 5% ($\alpha=0,05$), verificando onde se encontravam as diferenças para cada fator avaliado. Os resultados do Teste de Tukey demonstraram que a resistência de união ao cisalhamento para o cimento RelyX U200 ($5,86 \pm 2,21$ MPa) foi significativamente maior quando comparado ao cimento RelyX ARC ($4,02 \pm 2,12$ MPa) (Figura 13).

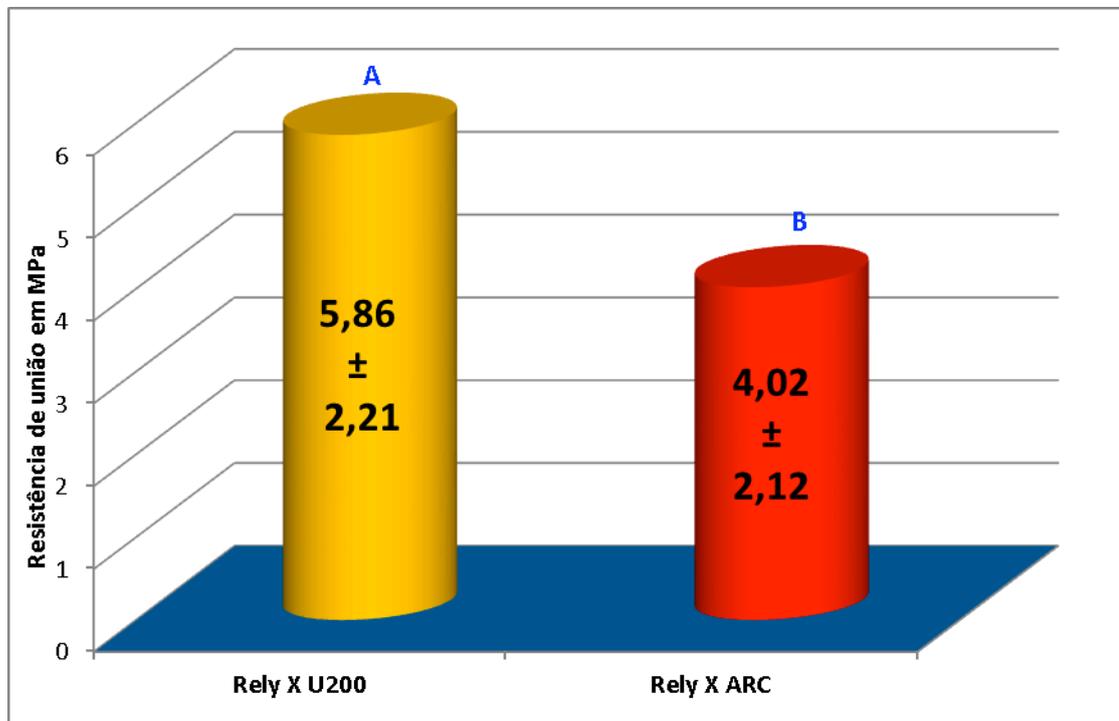


Figura 13 - Representação gráfica do teste de Tukey para as médias de resistência de união ao cisalhamento entre os tipos de cimentos utilizados

O Teste de Tukey, realizado para a verificação da diferença entre os pinos de fibra, demonstrou que o pino reembasado ($6,77 \pm 2,11$ MPa) apresentou valores de resistência de união significativamente maiores ($p < 0,05$) quando comparado aos demais pinos de fibra testados. O pino de fibra pré-fabricado com dupla conicidade ($4,05 \pm 1,91$ MPa) apresentou valores de resistência de união estatisticamente semelhantes ($p > 0,05$) ao pino de fibra pré-fabricado cônico ($4,00 \pm 1,88$ MPa) (Figura 14).

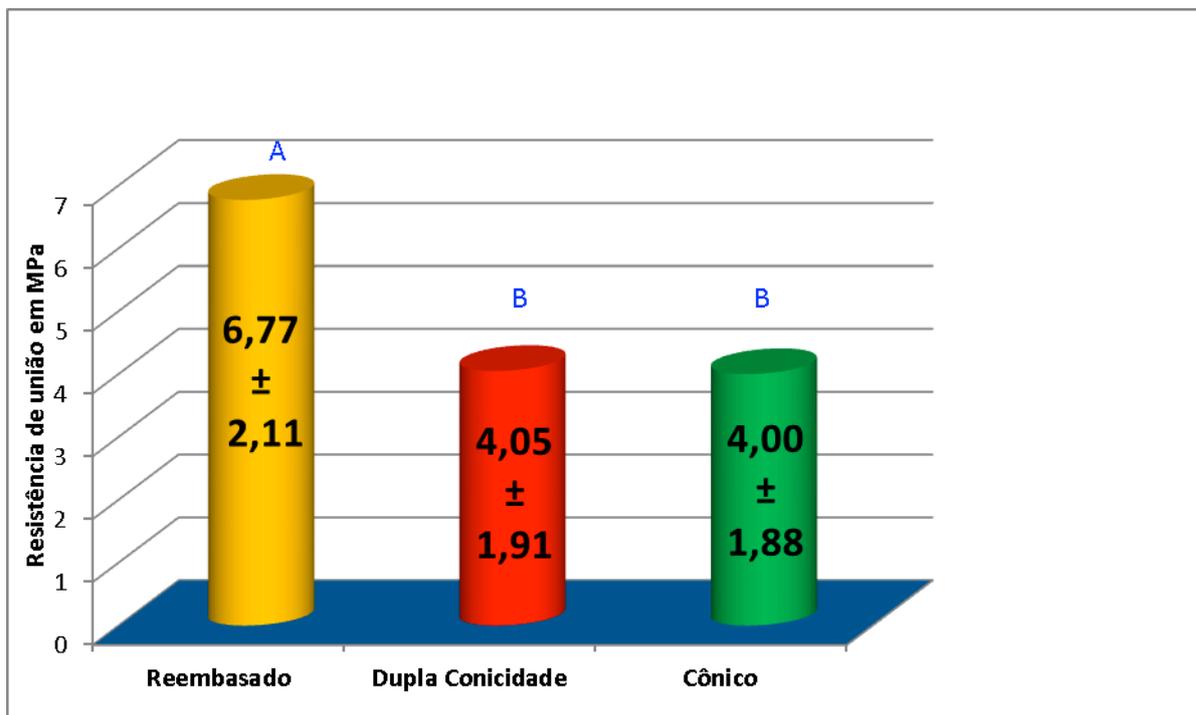


Figura 14 - Representação gráfica do teste de Tukey para as médias de resistência de união ao cisalhamento entre os tipos de pinos de fibra de vidro utilizados

Na análise dos terços radiculares do preparo protético (Figura 15), a região apical apresentou valores de resistência de união ($3,92 \pm 2,12$ MPa) inferiores aos demais terços ($p < 0,05$). No entanto, nessa mesma análise os valores de resistência de união do terço médio ($5,16 \pm 2,23$ MPa) foram ligeiramente menores do que os valores encontrados para o terço cervical ($5,74 \pm 2,34$ MPa), porém estatisticamente semelhantes ($p > 0,05$).

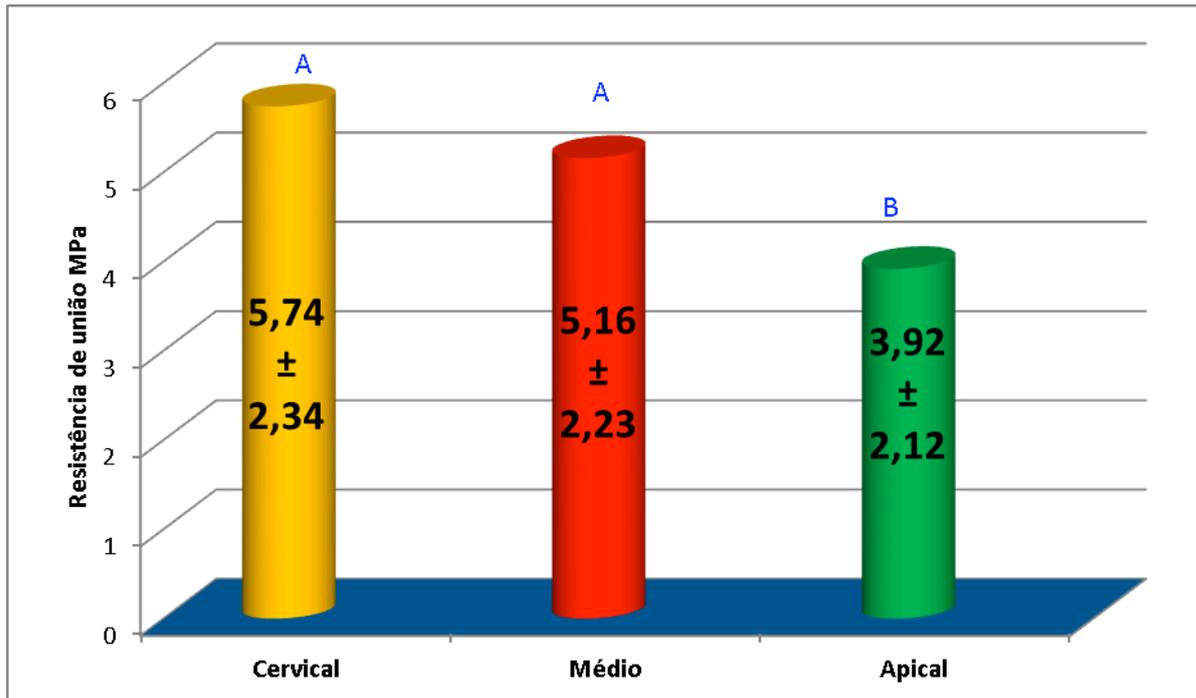


Figura 15 – Representação gráfica do teste de Tukey para as médias de resistência de união ao cisalhamento em relação aos terços radiculares do preparo protético

No Teste de Tukey, quando se analisou a interação entre o tipo de cimento utilizado e o tipo de pino de fibra de vidro (Figura 16), foi observado que, independentemente da configuração do pino de fibra utilizado, o cimento resinoso autoadesivo RelyX U200 apresentou valores de resistência de união superiores quando comparado ao cimento resinoso convencional RelyX ARC ($p < 0,05$). Ainda, a interação mostrou que o pino de fibra reembasado, independentemente do tipo de cimento resinoso utilizado, apresentou comportamento superior ($p < 0,05$) aos demais tipos de pinos de fibra, que foram estatisticamente semelhantes entre si ($p > 0,05$).

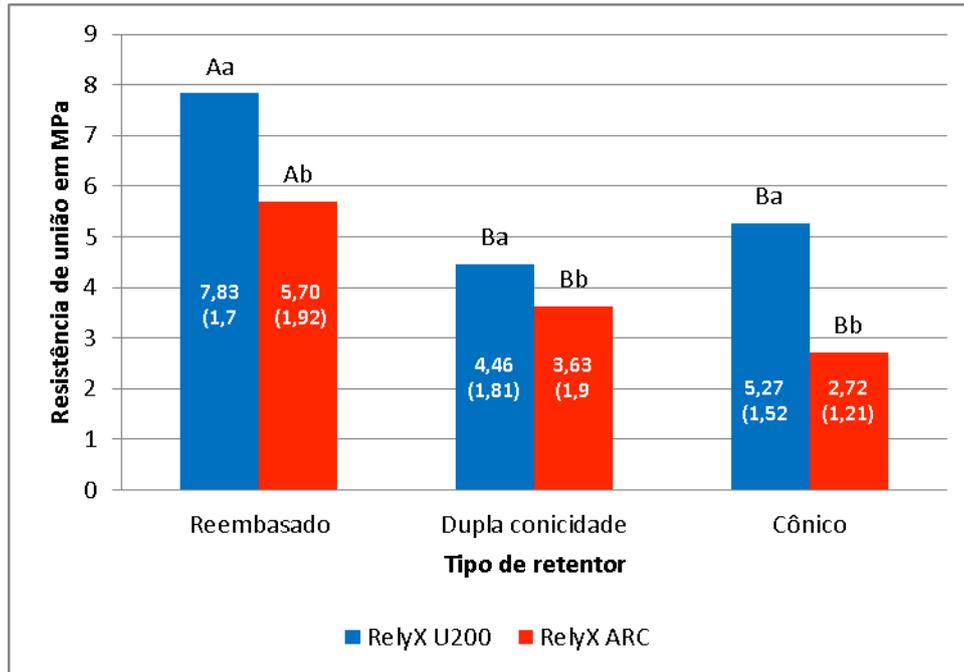


Figura 16 – Representação gráfica do teste de Tukey para as médias de resistência de união ao cisalhamento na interação entre o tipo de cimento e o tipo de retentor utilizados. Letras maiúsculas expressam diferença entre os diferentes pinos de fibra, e letras minúsculas diferença entre os cimentos resinosos para cada tipo de pino de fibra.

Todas as amostras foram analisadas por meio da MEV, com a finalidade de se observarem os tipos de falhas, bem como a presença de defeitos e características morfológicas. Inicialmente, realizaram-se análises em aumento menor de 35x, visando a observação geral da extrusão do retentor e selecionaram-se amostras representativas de todos os grupos estudados para ilustrar a análise realizada, representadas pelas Figuras 17 (pinos cônicos), 18 (pinos de dupla conicidade) e 19 (pinos reembasados). Dentro de cada Figura – que se refere a um tipo de pino –, as imagens identificadas pelas letras de A a C representam, respectivamente, os terços cervical, médio e apical cimentados com cimento resinoso adesivo RelyX ARC, enquanto que as imagens representadas pelas letras D a F representam, respectivamente, os terços cervical, médio e apical fixados com cimento resinoso autoadesivo RelyX U200.

P P P P C C C C D D D

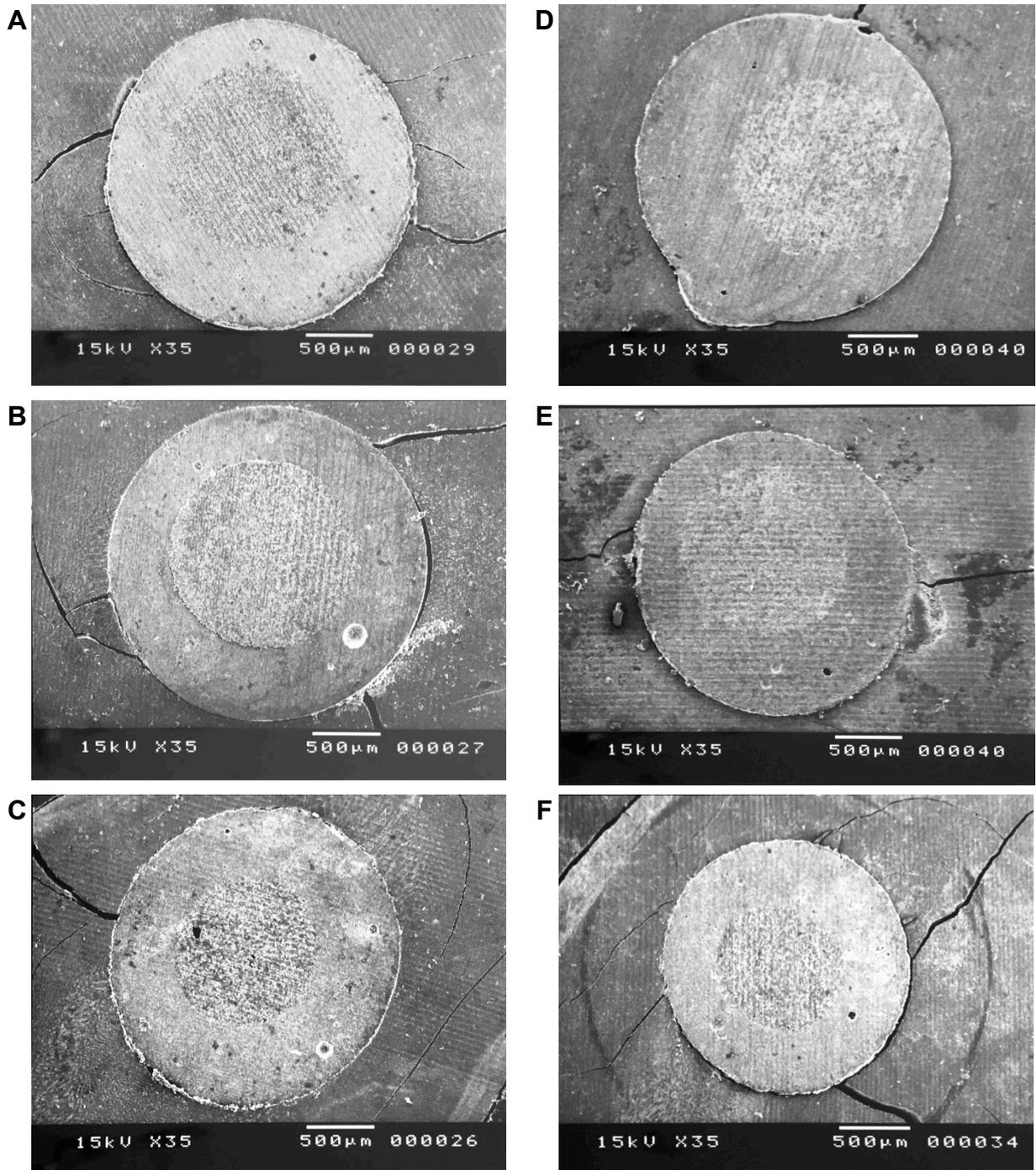


Figura 17 - Amostras representativas dos grupos de pinos cônicos (Exacto) cimentados com cimento resinoso adesivo RelyX ARC nos terços cervical (A), médio (B) e apical (C) e com cimento resinoso autoadesivo RelyX U200 nos terços cervical (D), médio (E) e apical (F), após ensaio de micro *push-out*
 Legenda: D = dentina; C = cimento; P = pino de fibra de vidro

P PP CC DD
 PP CC DD

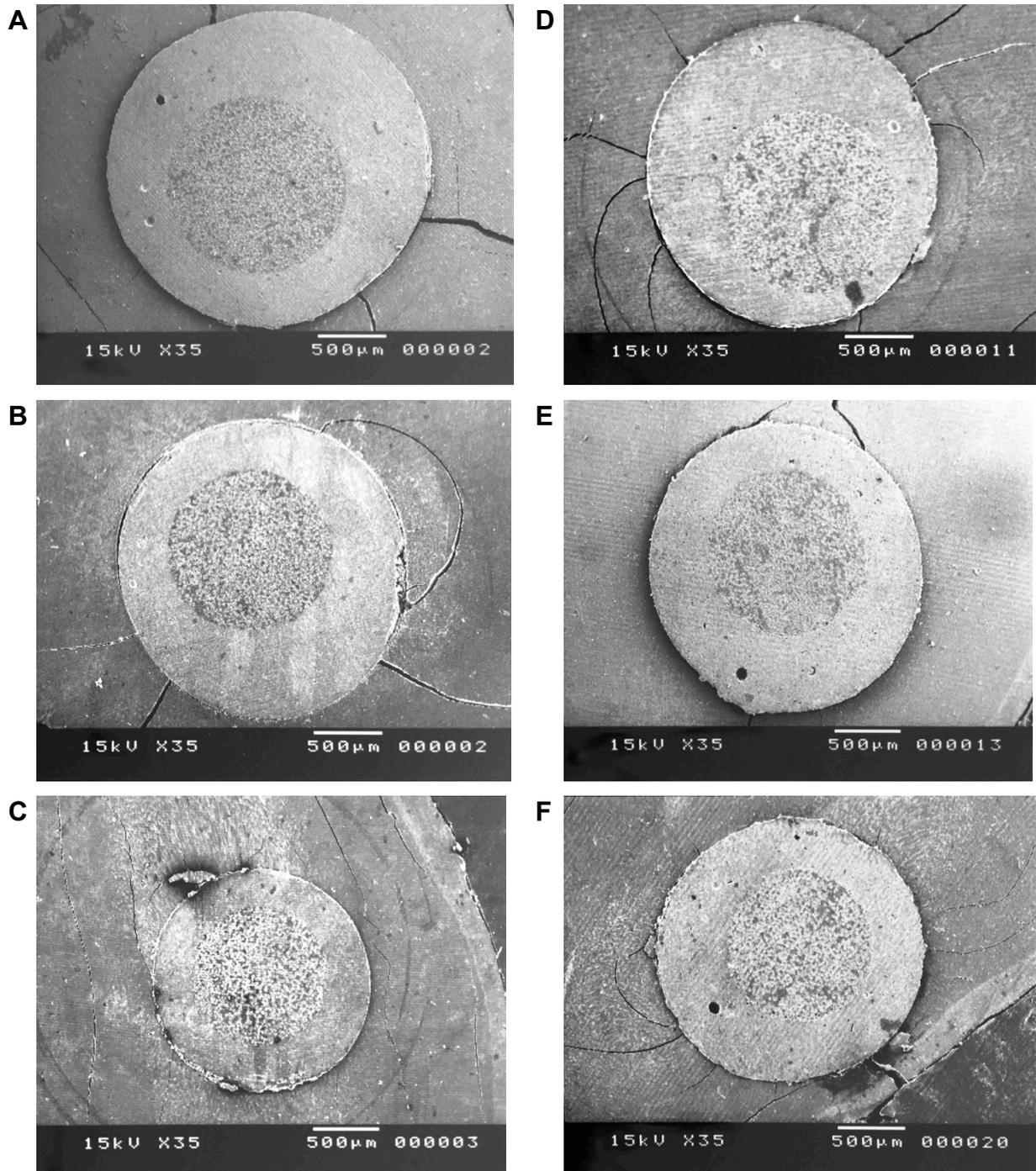


Figura 18 - Amostras representativas dos grupos de pinos com dupla conicidade (WhitePost) cimentados com RelyX ARC nos terços cervical (A), médio (B) e apical (C) e com RelyX U200 nos terços cervical (D), médio (E) e apical (F), após ensaio de micro *push-out*
 Legenda: D = dentina; C = cimento; P = pino de fibra de vidro

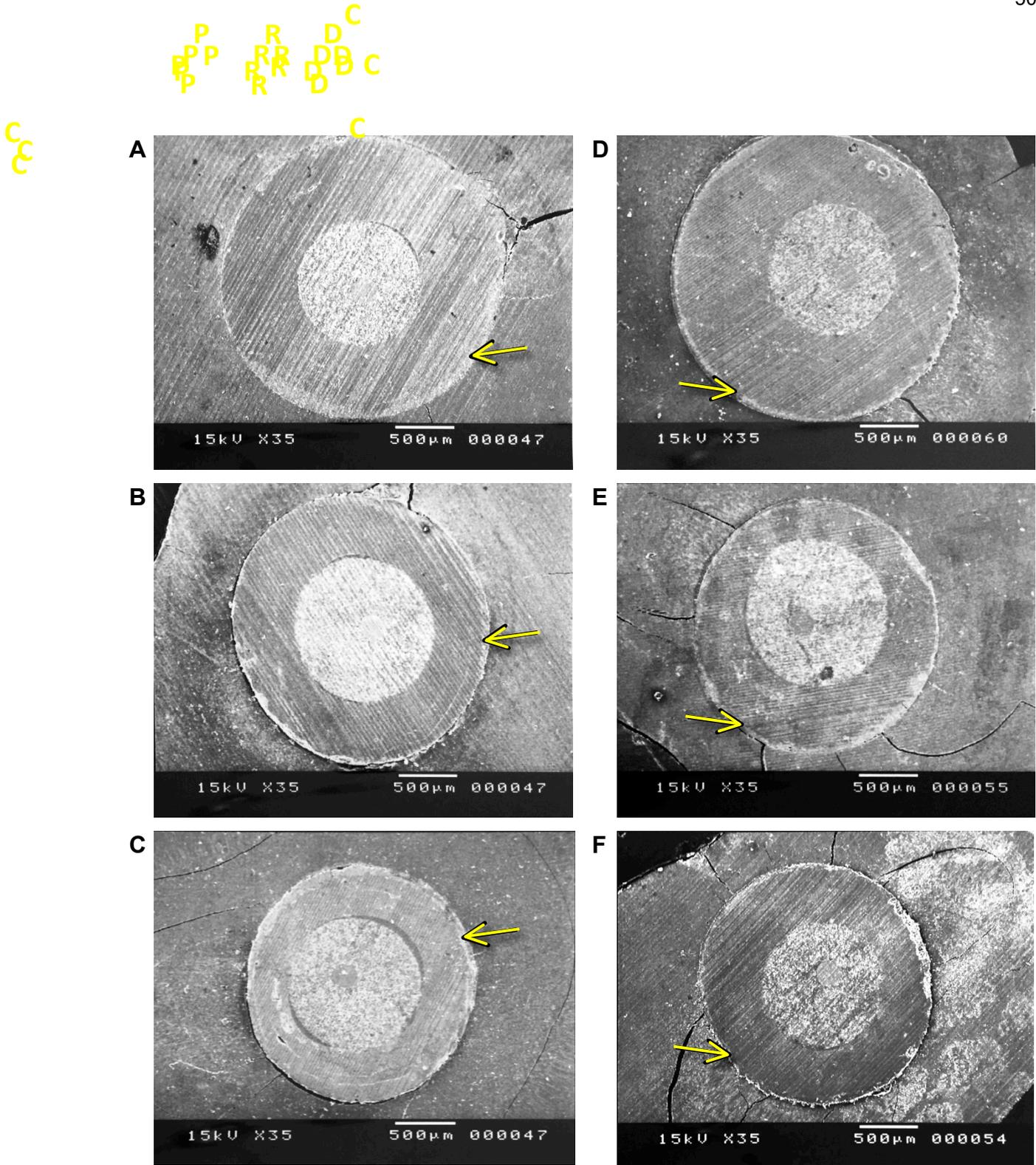


Figura 19 - Amostras representativas dos grupos de pinos reembasados cimentados com cimento resinoso adesivo RelyX ARC nos terços cervical (A), médio (B) e apical (C) e com cimento resinoso autoadesivo RelyX U200 nos terços cervical (D), médio (E) e apical (F), após ensaio de micro *push-out* Legenda: D = dentina; C = cimento; R = resina composta; P = pino de fibra de vidro

A análise dos tipos de falhas apresentados pelos espécimes após o teste de micro *push-out* está descrita na Tabela 5. A observação por meio de MEV em dois diferentes aumentos – 35x e 200x – mostrou como quadro geral predominância de

falhas adesivas entre cimento e dentina (65,0%), seguida pelas falhas mistas (26,7%), falhas adesivas mistas entre cimento/dentina e cimento/pino (7,2%) e falhas entre pino e cimento (1,1%). Falhas puramente coesivas, sejam em dentina, cimento, resina ou pino, não foram observadas e, desta maneira, não foi incluído este item na análise das falhas.

Tabela 5 – Descrição dos tipos de falhas observados por meio de microscopia eletrônica de varredura em aumentos de 35x e 200x

Tipo de Cimento	Tipo de Pino de Fibra de Vidro	Terço Radicular	Tipos de Falhas*			
			ACD	APC	AM	M
RelyX U200	Reembasado	Cervical	8	0	1	1
		Médio	6	0	0	4
		Apical	9	0	0	1
		%	76,7	0,0	3,3	20,0
	Dupla Conicidade	Cervical	6	0	2	2
		Médio	7	0	0	3
		Apical	4	0	2	4
		%	56,7	0,0	13,3	30,0
	Cônico	Cervical	5	0	0	5
		Médio	4	0	0	6
		Apical	6	0	0	4
		%	50,0	0,0	0,0	50,0
		Total	55	0	5	30
		%	61,1	0,0	5,6	33,3
RelyX ARC	Reembasado	Cervical	7	0	0	3
		Médio	9	0	0	1
		Apical	8	0	0	2
		%	80,0	0,0	0,0%	20,0
	Dupla Conicidade	Cervical	7	0	0	3
		Médio	5	0	3	2
		Apical	6	0	2	2
		%	60,0	0,0	16,7	23,3
	Cônico	Cervical	6	2	1	1
		Médio	7	0	1	2
		Apical	7	0	1	2
		%	66,7	6,7	10,0	16,7
		Total	62	2	8	18
		%	68,9%	2,2%	8,9%	20,0%
Total Geral			117	2	13	48
% Geral			65,0%	1,1%	7,2%	26,7%

C
P P C B

* Tipos de falhas: ACD – adesiva entre cimento e dentina; APC – adesiva entre pino e cimento ou compósito; AM – adesiva mista entre dentina/cimento e entre cimento ou compósito/pino; M – mista, sendo adesiva e coesiva em dentina, cimento e/ou compósito

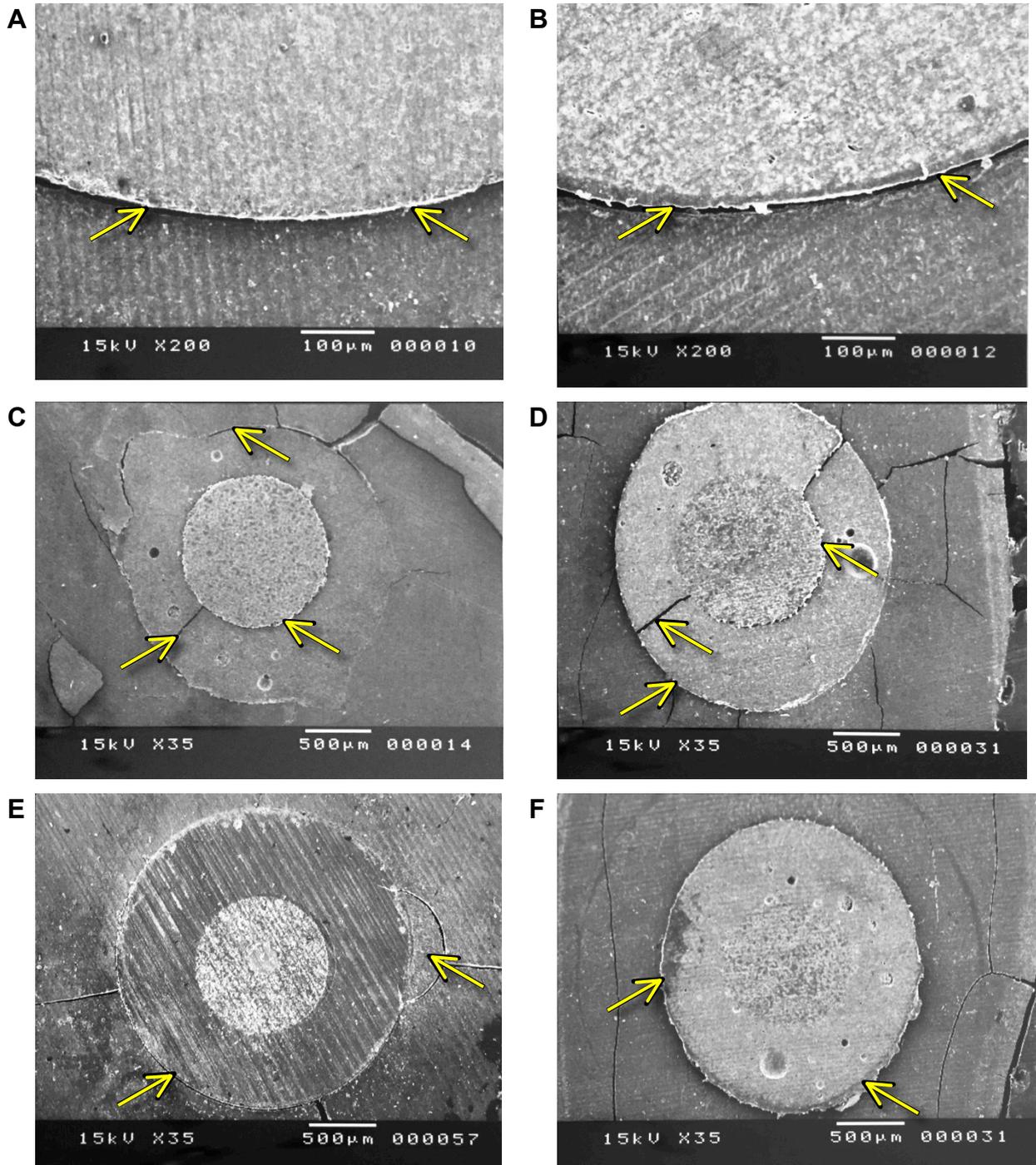


Figura 20 - Amostras representativas dos tipos de falhas observados após os testes de micro *push out*. A) e B) Setas indicam região onde ocorreram falhas adesivas na interface entre dentina e cimento. C) e D) Setas indicam regiões onde ocorreram falhas adesivas entre pino e cimento, cimento e dentina e ainda falha coesiva no cimento. E) e F) Setas indicam regiões onde ocorreram falhas adesivas entre dentina e cimento e falhas coesivas em dentina, caracterizando falha mista. Legenda: D = dentina; C = cimento; P = pino de fibra de vidro

P PC C D

Em observação mais detalhada de cada grupo, ficou demonstrado que a falha adesiva entre dentina e cimento foi a mais frequente para todas as combinações de pinos e cimentos (Figuras 20A e 20B); exceto para o grupo de pinos cônicos cimentados com RelyX U200, que apresentou equilíbrio de falhas adesivas entre dentina e cimento (50%) e falhas mistas (50%). As demais falhas seguiram o padrão observado pelo contexto geral da amostra e, nas Figuras 20C a 20F, é possível observar algumas destas falhas ilustradas pelas imagens.

Foram observadas falhas e bolhas, frequentes, na camada de cimento resinoso (Figuras 21A e 21B), especialmente para os grupos não reembasados, onde a camada de cimento era bastante espessa. Analisando o terço apical das amostras para todos os grupos, foi encontrada, em muitas delas, a presença de região não completamente polimerizada do cimento resinoso (Figuras 21C e 21D).

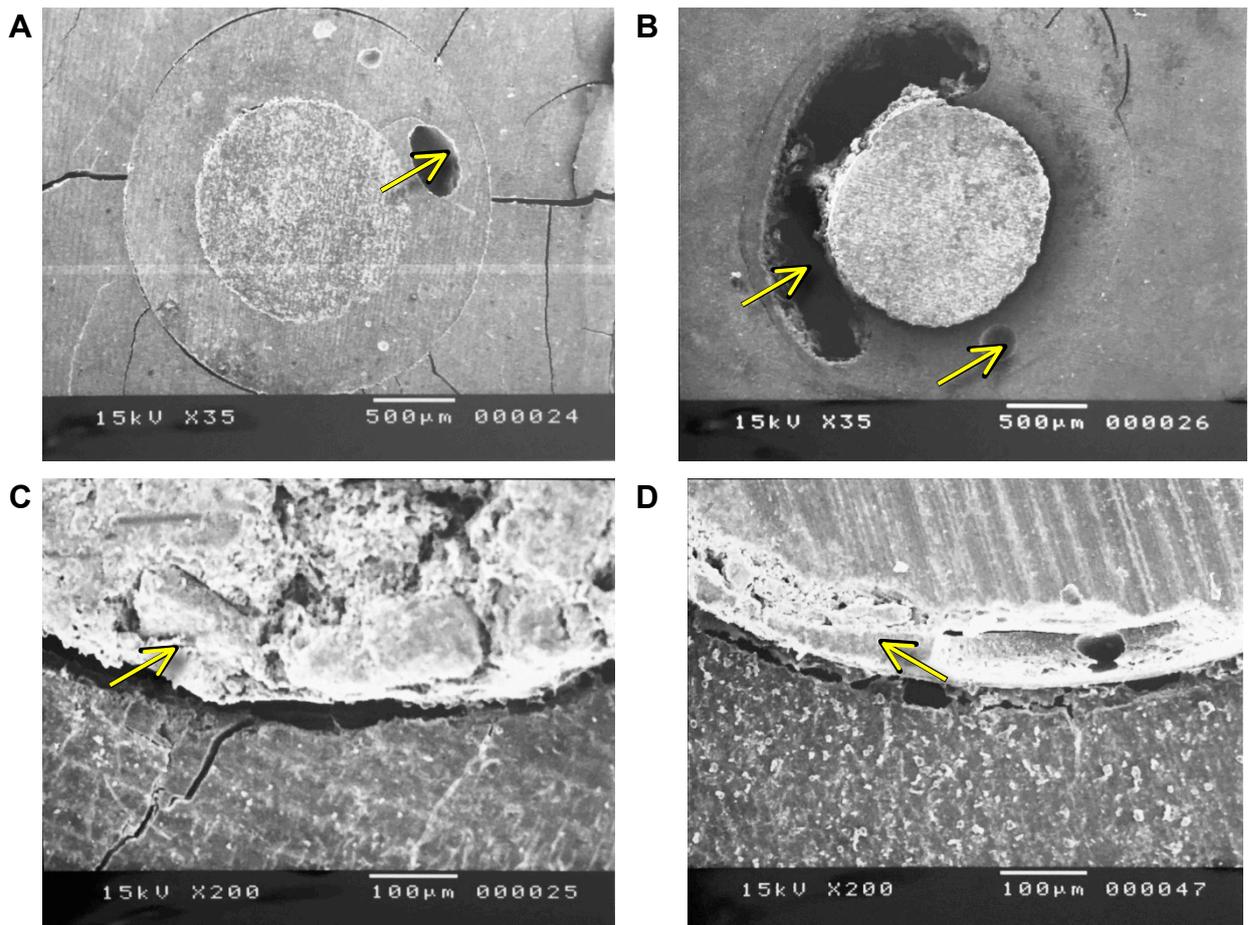


Figura 21 - Análise em microscopia eletrônica de varredura dos defeitos encontrados para as técnicas de cimentação utilizadas. A) e B) Presença de bolhas na camada de cimento e entre pino e cimento. B) Bolhas na camada de cimento resinoso. C) e D) Cimento com polimerização inadequada na região apical do preparo

Legenda: D = dentina; C = cimento; P = pino de fibra de vidro

6 DISCUSSÃO

A restauração de dentes tratados endodonticamente com ausência de estrutura coronária é um desafio na prática odontológica, visto que este tipo de dente possui maior probabilidade de fratura quando comparado aos dentes que possuem maior quantidade de remanescente dentinário (4,12,13,19,20). Neste contexto, os pinos de fibra de vidro têm sido amplamente utilizados para esse fim, com boa previsibilidade, desde que atendidos os passos na utilização dos variados tipos de pinos e na técnica de cimentação (13,17,33).

Vários tipos de testes mecânicos são utilizados para avaliar a resistência de união dos pinos de fibra de vidro, como os testes de micro *push-out* (96, 97,98,99,100,101,102), *pull-out* (34,103) e microtração (8,47, 60,104,105,106,107,108). Neste estudo foi utilizado o teste de *push-out* para se determinar a resistência de união ao cisalhamento, sendo a força aplicada direcionada ao centro do pino, evitando-se, assim, aumento da força friccional nas paredes da dentina e possíveis distorções (109).

Em seu estudo, Goracci et al. (96) compararam os testes mecânicos de microtração e *push-out*, e observaram no teste de *push-out* que nenhuma falha prematura de união ocorreu, que a variabilidade dos dados foi aceitável e, por fim, que os valores de resistência de união para cada terço radicular na mesma amostra puderam ser determinados. Esses autores demonstraram também que o teste de *push-out* apresenta-se como um ensaio mecânico menos sensível e que suas amostras são menos susceptíveis a estresses durante o manejo que as amostras do teste de microtração. Assim, afirmam que teste de micro *push-out* é o mais indicado para determinar a resistência de união dos pinos de fibra de vidro (96).

O teste de *push-out* proporciona melhor simulação clínica quando comparado com o teste de microtração para avaliação da resistência de união do pino de fibra, levando em consideração fatores importantes na técnica de cimentação intracanal, como o fator C. Assim, a reprodução da contração de polimerização é semelhante ao que ocorre com o procedimento clínico (78), além de proporcionar melhor estimativa dessa resistência, visto que a força exercida atua paralelamente à interface parede dentinária/pino (47,95,96).

Existem atualmente, no mercado, os mais variados tipos e configurações de pinos de fibra de vidro, cabendo ao profissional a escolha do mais adequado ao caso clínico que está realizando, sendo que sua função principal é o auxílio na retenção de restaurações em dentes com estrutura dentinária insuficiente ou amplamente comprometidos (1,16). Dentre as qualidades dos pinos de fibra de vidro, podemos citar: módulo de elasticidade próximo ao da dentina (13,46,47); melhor distribuição das tensões na parede radicular (17); menor possibilidade de fraturas tanto da raiz quanto do pino (1); possibilidade de realização da técnica em sessão única e redução dos custos de laboratório (33,16). Outro fator importante no sucesso dessa técnica de reabilitação é a compatibilidade química do pino de fibra de vidro com as resinas e cimentos resinosos (17,25,33,64,65,66).

A restauração com pinos de fibra de vidro em dentes tratados endodonticamente com canais amplos pode apresentar falhas na sua confecção, e a mais comum é a perda de retenção (22,46,63,72), que pode estar associada a alguns fatores, dentre eles podemos citar: camada espessa de cimento (16,18), tipo de cimento e adesivo (39) e características anatômicas (11,49,61). Uma vez que o objetivo do preparo protético realizado neste estudo foi o de produzir canais radiculares amplos, simulando raízes fragilizadas, realizou-se, até o comprimento de 9 mm das raízes, uma sequência de preparo com uso da broca de Largo nº 5 e das pontas diamantadas nº 4138 e nº 4137. A ponta diamantada nº 4137 possui 9 mm de comprimento de parte ativa, resultando num preparo protético com diâmetro apical de 1,75 mm e diâmetro cervical de 2,50 mm.

Na tentativa de diminuir os casos de falhas de união, foram desenvolvidos materiais e técnicas que promovessem uma maior adaptação do pino às paredes do canal radicular (33,37). Assim, a escolha por pinos de fibra que possuíssem conicidade deveu-se a essa busca por uma maior adaptação do pino ao preparo protético produzido no canal radicular e a uma linha de cimentação mais fina e uniforme, que poderia proporcionar aumento da retenção micromecânica e, conseqüentemente, da resistência de união. Neste sentido, foram usados, neste estudo, pinos de fibra de vidro pré-fabricados com configurações mais compatíveis ao preparo protético do canal radicular, como o pino de fibra Exacto nº 2, com desenho cônico, e o White Post DC nº 2, com dupla conicidade. Pinos de fibra de vidro reembasados com resina composta também foram testados.

Após a análise dos dados obtidos, ficou demonstrado que o pino de fibra de vidro reembasado apresentou valores de resistência de união ($6,77 \pm 2,11$ MPa) superior aos demais pinos testados ($4,05 \pm 1,91$ MPa) e ($4,00 \pm 1,88$ MPa), independente da região radicular e do tipo de cimento usados neste estudo. Esses dados corroboram com achados da literatura que atestam que a diminuição da espessura da linha de cimentação no interior do canal radicular promove aumento dos valores de resistência de união (16,37).

Sendo os pinos de fibra reembasados mais adaptados às paredes dentinárias, promove-se uma camada mais delgada e homogênea de cimento, diminuindo a possibilidade de formação de bolhas de ar e falhas com conseqüente redução da resistência de união (16,18,27,49). Isto também pôde ser verificado pela análise em microscopia eletrônica de varredura quando avaliados os pinos reembasados com compósito, pois estes apresentaram menor incidência de bolhas e falhas, que pode estar relacionada ao menor volume de cimento inserido no interior do canal radicular. Com o aumento da adaptação do pino ao conduto, gera-se um aumento da retenção friccional, levando a melhora da resistência de união (13,45), e demonstrando que o mecanismo de retenção do pino ao canal radicular é mais associado à imbricação mecânica do mesmo, quando comparado à adesão (45,54) – fato que pôde ser verificado neste estudo, em que foram observados valores de resistência de união ao cisalhamento dos pinos de fibra reembasados maiores quando comparados aos cônicos e com dupla conicidade.

A aplicação de pressão contínua durante a cimentação aumenta o contato do cimento com a dentina, demonstrando melhores resultados de resistência de união dos pinos de fibra reembasados, visto que possuem melhor adaptação ao longo do canal radicular (18). Por outro lado, os menores resultados de resistência dos pinos cônicos e com dupla conicidade devem-se ao menor contato com a parede de dentina e por produzir camadas de cimento não uniformes e mais espessas, reduzindo a força coesiva do cimento (4,23). Para estes grupos, a microscopia mostrou uma camada mais espessa de cimento com maior incidência de bolhas e falhas.

O pino de fibra de vidro pré-fabricado cônico Exacto nº 2 possui 17 mm de comprimento e o pino de fibra de vidro pré-fabricado com dupla conicidade White Post DC nº 2 possui 20 mm de comprimento. A porção cimentada dos pinos foi de 9 mm, contada a partir da ponta de cada um dos pinos. O pino de fibra de vidro pré-

fabricado cônico Exacto nº 2 possui um diâmetro apical de 1,10 mm; a 4,5 mm da porção apical, ou seja, no terço médio do preparo, 1,45 mm de diâmetro; e, a 9 mm da porção apical, 1,60 mm de diâmetro cervical. Já o pino de fibra de vidro pré-fabricado com dupla conicidade White Post DC nº 2 possui um diâmetro apical de 1,10 mm ; a 4,5 mm da porção apical, ou seja, no terço médio do preparo, 1,30 mm de diâmetro; e, a 9 mm da porção apical, 1,65 mm de diâmetro cervical. Como o preparo protético produzido neste experimento possuía um diâmetro apical de 1,75 mm e a 9 mm da porção apical, um diâmetro cervical de 2,50 mm, as linhas de cimentação para os pinos de fibra de vidro pré-fabricados não reembasados foram de 0,65 mm (apical) e 0,90 mm (cervical) para o pino cônico Exacto nº 2 e 0,65 mm (apical) e 0,85 mm (cervical) para o pino com dupla conicidade White Post DC nº 2.

Na cimentação dos pinos de fibra com cimentos resinosos, vários fatores podem interferir na resistência de união, e um que afeta diretamente é a contração de polimerização gerada na interface adesiva (11,86). Vários estudos demonstraram que o aumento do volume de cimento leva ao aumento de forças de estresse de cimentação (24,27). Pôde-se observar, nos dados obtidos neste estudo, que os maiores valores de resistência dos pinos de fibra reembasados podem estar relacionados a menor espessura de cimento e camada mais homogênea de cimento (3,39). Porém, quanto menor a camada de cimentação maior é o fator cavitário, ou fator C, o que pode gerar grandes tensões de polimerização e consequente perda de adesão na interface cimento/dentina (25,59). Mesmo assim, os pinos de fibra reembasados apresentam valores maiores de resistência de união devido, em grande parte, ao embricamento micromecânico, do que a adesão às paredes dentinárias (16,18,23).

Obtiveram-se os seguintes valores de resistência de união ao cisalhamento para os tipos de cimentos RelyX U200 ($5,86 \pm 2,21$ MPa) e RelyX ARC ($4,02 \pm 2,12$ MPa), o que demonstra uma diferença significativa do cimento autoadesivo em relação do cimento resinoso convencional, independentemente do terço radicular do preparo protético, confirmando estudos anteriores (11,57). Um dos fatores que pode ter contribuído para valores superiores do cimento autoadesivo é o fato de possuir maior quantidade de partículas inorgânicas quando comparado ao cimento resinoso convencional (63); quanto maior o conteúdo de carga inorgânica menor sua contração de polimerização e maior sua resistência e estabilidade (21). O cimento autoadesivo pode apresentar menor contração de polimerização devido às

propriedades viscoelásticas, proporcionando maior contato com as paredes do canal radicular, o que produz maior retenção friccional (11,22,83).

Pelo fato de o cimento autoadesivo possuir monômeros fosfatados ácidos em sua composição, responsável por condicionar a dentina, diminuindo a quantidade de passos no processo de cimentação, torna-se mais rápido e menos suscetível a erros (11,81). Este aspecto também pode estar relacionado ao melhor comportamento do cimento autoadesivo, uma vez que não necessita da aplicação prévia de um sistema adesivo; ou seja, controlar todas as variáveis envolvidas no processo de hibridização da dentina radicular por meio de um sistema adesivo é bem mais complexo, tornando-o mais sujeito a falhas, especialmente no que tange ao controle da umidade no interior do canal. Por outro lado, durante a polimerização do cimento autoadesivo, a água resultante da neutralização do ácido melhora o contato na interface cimento/dentina, aumentando a tolerância à umidade (50,71).

Estudos demonstram que o cimento autoadesivo, quando comparado aos cimentos resinosos convencionais, promove menor preenchimento dos túbulos dentinários e apresenta formação de camada híbrida menos espessa (1,27,58). Isto pode ocorrer pelo fato de o cimento autoadesivo interagir muito superficialmente com a dentina (72,81); assim, a presença da *smear plug* na embocadura dos túbulos dentinários (81) pode afetar negativamente o potencial de desmineralização e penetração dos cimentos resinosos autoadesivos (14). No entanto, o mecanismo de adesão desse cimento é fundamentado na microrretenção e na adesão química aumentada com o cálcio da hidroxiapatita (22,71,83), o que explicaria os maiores valores de resistência de união do cimento autoadesivo na cimentação dos pinos de fibra de vidro.

Na avaliação dos terços radiculares, demonstrou-se que o terço apical foi o que apresentou significativamente os menores valores de resistência de união, independente do tipo de cimento e do tipo de retentor utilizado. Por outro lado, os terços cervical e médio apresentaram valores estatisticamente semelhantes, fato este comprovado em vários estudos anteriores (50,71,83), e que pode ser atribuído a alguns fatores, como a dificuldade de penetração de luz fotoativadora até o terço apical (91,109), criando maior dependência de ativação química do cimento resinoso, sendo que este possui pequena capacidade de conversão do cimento na ausência de luz (7,87). Esta característica pode ser observada nas microscopias onde foram encontradas regiões em que o cimento apresentou polimerização

deficiente na região apical do preparo (Figuras 21C e 21D). Outro fator que pode ser observado é a influência da densidade dos canalículos e área de dentina tubular (72), sendo que o número decrescente de túbulos dentinários de cervical para apical pode explicar a maior força de união ocorrida no terço cervical (65). Além desses fatores, o acesso aos terços cervical e médio do canal radicular facilita a execução dos procedimentos nestas regiões, podendo gerar diferenças em relação ao terço apical do preparo protético (57,71).

A resistência de união depende de vários fatores, como a anatomia radicular, a densidade e orientação dos túbulos dentinários do canal intrarradicular, a presença de umidade no interior dos túbulos, a compatibilidade do cimento com o adesivo e a interação do cimento com a dentina (11). Além do fato da formação de camada mais espessa de *smear layer* com restos do preparo protético do canal, e restos de gutapercha e cimento endodôntico que eventualmente podem permanecer nesta região (18,86,109), acarreta uma maior predisposição de formação de bolhas no terço apical do preparo protético do cana radicular (4,87). A análise morfológica das microscopias mostrou maior incidência de bolhas e falhas na camada de cimento nesta região apical, o que pode ter influenciado para diminuição da resistência de união nesta porção do preparo para o pino (Figura 21B).

A análise dos modos de falha por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV), após o teste de micro *push-out*, mostrou que as falhas adesivas entre cimentos e a dentina foram as mais comumente observadas (65,0%). Isto indica que o elo fraco está localizado, principalmente, na interface de união entre o retentor e a dentina (25,26,50,62,84), fato este que reforça a importância de se buscar um aumento da retenção friccional (13,45,54,64,71), uma vez que os pinos reembasados, independentemente do cimento utilizado e da região do preparo, apresentaram retenção significativamente superior. As falhas mistas também foram bastante frequentes (26,7%), representando o segundo tipo mais comum para todos os grupos e podem estar relacionadas tanto à capacidade de união dos cimentos aos substratos quanto à resistência coesiva do próprio material, pois na maioria das ocorrências deste tipo de falha houve o rompimento da interface de união entre dentina e cimento e fratura coesiva do cimento resinoso utilizado, e apenas em algumas amostras a falha coesiva foi em dentina, como exemplificado nas Figuras 20E e 20F.

O uso de pinos de fibra de vidro reembasados promoveu uma efetiva melhora na sua retenção às paredes do preparo protético radicular, aumentando a resistência friccional do mesmo em todos os terços radiculares do preparo protético. Ainda, o reembasamento do pino de fibra de vidro promoveu uma linha de cimentação mais fina e homogênea, comprovada pela MEV, o que pode ter favorecido a interação dos cimentos com a superfície dentinária. Estes resultados sugerem que o uso do reembasamento com resina composta, bem como a seleção de um cimento resinoso autoadesivo é fundamental para uma retenção mais previsível dos pinos de fibra de vidro em raízes fragilizadas. Por outro lado, deve ser levado em consideração o fato de este estudo apresentar limitações por se tratar de pesquisa laboratorial e, apesar dos resultados apontarem as vantagens já citadas, ainda existe a necessidade de mais estudos, especialmente estudos clínicos.

7 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos a partir do estudo apresentado, pôde-se concluir:

1- O uso de pinos reembasados aumentou a retenção do pino de fibra pré-fabricado em raízes fragilizadas;

2- O cimento RelyX U200 foi mais eficiente que o RelyX ARC, aumentando a retenção dos pinos de fibra em raízes fragilizadas;

3- O terço apical foi a região do preparo protético dos canais radiculares com os menores valores de resistência de união dos pinos de fibra em raízes fragilizadas.

REFERÊNCIAS

- (1) Goracci C, Ferrari M. Current perspectives on post systems: a literature review. *Aust Dent J*. 2011 Jun;56 Suppl 1:77-83.
- (2) da Costa RG, de Moraes EC, Leão MP, Bindo MJ, Campos EA, Correr GM. Three-year follow up of customized glass fiber esthetic posts. *Eur J Dent*. 2011 Jan;5(1):107-12.
- (3) Zogheib LV, Saavedra GS, Cardoso PE, Valera MC, Araújo MA. Resistance to compression of weakened roots subjected to different root reconstruction protocols. *J Appl Oral Sci*. 2011 Nov-Dec;19(6):648-54.
- (4) Clavijo VG, Reis JM, Kabbach W, Silva AL, Oliveira Junior OB, Andrade MF. Fracture strength of flared bovine roots restored with different intraradicular posts. *J Appl Oral Sci*. 2009 Nov-Dec;17(6):574-8.
- (5) Scotti N, Rota R, Scansseti M, Paolino DS, Chiandussi G, Pasqualini D, Berutti E. Influence of adhesive techniques on fracture resistance of endodontically treated premolars with various residual wall thicknesses. *J Prosthet Dent* 2013;(110):376-382.
- (6) Shiratori FK, do Vale AL, Pegoraro TA, Carvalho RM, Pereira JR. Influence of technique and manipulation on self-adhesive resin cements used to cement intraradicular posts. *J Prosthet Dent* 2013;(110):56-60.
- (7) Faria-e-Silva AL, Menezes Mde S, Silva FP, Reis GR, Moraes RR. Intra-radicular dentin treatments and retention of fiber posts with self-adhesive resin cements. *Braz Oral Res*. 2013 Jan-Feb;27(1):14-9.
- (8) Torres-Sánchez C, Montoya-Salazar V, Cordoba P, Velez C, Guzman-Duran A, Gutierrez-Perez JL, Torres-Lagares D. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with glass fiber reinforced posts and gold post and cores cemented with three cements. *J Prosthet Dent* 2013;(110):127-133.
- (9) Franco EB, Valle AL, Almeida AL, Rubo JH, Pereira JR. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with glass fiber posts of diferente lengths. *J Prosthet Dent* 2014;(111):30-34).

- (10) Barcellos RR, Correia DP, Farina AP, Mesquita MF, Ferraz CC, Cecchin D. Fracture resistance of endodontically treated teeth restored with intra-radicular post: The effects of post system and dentin thickness. *J Biomech* 2013;(46):2572-2577.
- (11) Soares CJ, Pereira JC, Valdivia AD, Novais VR, Meneses MS. Influence of resin cement and post configuration on bond strength to root dentine. *Int Endod J.* 2012 Feb;45(2):136-45.
- (12) Bonfante G, Kaizer OB, Pegoraro LF, do Valle AL. Tensile bond strength of glass fiber posts luted with different cements. *Braz Oral Res.* 2007 Apr-Jun;21(2):159-64.
- (13) Silva NR, Raposo LH, Versluis A, Fernandes-Neto AJ, Soares CJ. The effect of post, core, crown type, and ferrule presence on the biomechanical behavior of endodontically treated bovine anterior teeth. *J Prosthet Dent* 2010 Nov;104(5):306-17.
- (14) Baba NZ, Golden G, Goodacre CJ. Nonmetallic prefabricated dowels: a review of compositions, properties, laboratory, and clinical test results. *J Prosth.* 2009 Aug;18(6):527-36.
- (15) Saskalauskaite E, Tam LE, McComb D. Flexural strength, elastic modulus, and pH profile of self-etch resin luting cements. *J Prosth.* 2008 Jun;17(4):262-8.
- (16) Pedrosa Filho CF. Influência do reembasamento com resina composta na resistência à extrusão de retentores intrarradiculares de fibra de vidro [tese de doutorado]. Piracicaba: Faculdade de Odontologia da Universidade Estadual de Campinas; 2006.
- (17) Belli S, Eraslan O, Eskitascioglu G, Karbhari V. Monoblocks in root canals: a finite elemental stress analysis study. *Int Endod J.* 2011 Sep;44(9):817-26.
- (18) Pedrosa-Filho CF, Silveira-Pedrosa DM, Pedrosa SF. Efeito do reembasamento com resina composta na retenção de pinos de fibra de vidro em canais radiculares amplos. *Rev ABO Nac.* 2012 Fev/Mar;20(1):30-5.
- (19) Silva GR, Santos-Filho PC, Simamoto-Júnior PC, Martins LR, Mota AS, Soares CJ. Effect of post type and restorative techniques on the strain and fracture resistance of flared incisor roots. *Braz Dent J.* 2011;22(3):230-7.
- (20) Li Q, Xu B, Wang Y, Cai Y. Effects of auxiliary fiber posts on endodontically treated teeth with flared canals. *Oper Dent.* 2011 Jul-Aug;36(4):380-9.

- (21) Faria-e-Silva AL, Pedrosa-Filho CF, Menezes MS, Silveira DM, Martins LR. Effect of relining on fiber post retention to root canal. *J Appl Oral Sci.* 2009 Nov-Dec;17(6):600-4.
- (22) Macedo VC. Avaliação da retenção de pinos de fibra de vidro reembasados (pinos anatômicos) e não reembasados cimentados em diferentes condições [dissertação de mestrado]. Piracicaba: UNICAMP; 2009.
- (23) Silveira-Pedrosa DM. Resistência de união ao cisalhamento de diferentes tipos de pinos de fibra de vidro cimentados em raízes fragilizadas [tese de mestrado]. Brasília: Universidade de Brasília; 2013.
- (24) Kalkan M, Usumez A, Ozturk AN, Belli S, Eskitascioglu G. Bond strength between root dentin and three glass-fiber post systems. *J Prosthet Dent.* 2006 Jul;96(1):41-6.
- (25) Tay FR, Loushine RJ, Lambrechts P, Weller N, Pashley DH. Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: a theoretical modeling approach. *J. Endod.* 2005 Aug;31(8):584-589.
- (26) Cecchin D, de Almeida JF, Gomes BP, Zaia AA, Ferraz CC. Effect of chlorhexidine and ethanol on the durability of the adhesion of the fiber post relined with resin composite to the root canal. *J Endod.* 2011 May;37(5):678-83.
- (27) Macedo VC, Faria e Silva AL, Martins LR. Effect of cement type, relining procedure, and length of cementation on pull-out bond strength of fiber posts. *J Endod.* 2010 Sep;36(9):1543-6.
- (28) D'Arcangelo C, Cineli M, De Angelis F, D'Amario M. The effect of resin cement film thickness on the pullout strenght of a fiber-reinforced post system. *J Prosthet Dent* 2007 Sep;(98):193-198.
- (29) Amaral M, Santini MF, Wandscher V, Amaral R, Valandro LF. An in vitro comparison of different cementation strategies on the pull-out strength of a glass fiber post. *Oper Dent.* 2009 Jul-Aug;34(4):443-51.
- (30) Leme AA, Coutinho M, Insaurralde AF, Scaffa PM, da Silva LM. The influence of time and cement type on push-out bond strength of fiber posts to root dentin. *Oper Dent.* 2011 Nov-Dec;36(6):643-8.
- (31) Zaitter S, Sousa-Neto MD, Roperto RC, Silva-Sousa YT, El-Mowafy O. Microtensile bond strength of glass fiber posts cemented with self-adhesive and self-etching resin cements. *J Adhes Dent.* 2011 Feb;13(1):55-9.

- (32) de Rosatto CM, Roscoe MG, Novais VR, Menezes Mde S, Soares CJ. Effect of silane type and air-drying temperature on bonding fiber post to composite core and resin cement. *Braz Dent J.* 2014;25(3):217-24.
- (33) Grandini S, Sapio S, Simonetti M. Use of anatomic post and core for reconstructing an endodontically treated tooth: a case report. *J Adhes Dent.* 2003 Fall;5(3):243-7.
- (34) Nova V, Karygianni L, Altenburger M, Wolkewitz M, Kielbassa A, Wrbas KT. Pull-out bond strength of a fibre-reinforced composite post system luted with self-adhesive resin cements. *J Dent* 2013;(41):1020-1026.
- (35) Arisu HD, Kıvanç BH, Sağlam BC, Şimşek E, Görgül. Effect of post-space treatments on the push-out bond strength and failure modes of glass fibre posts. *Aust Endod J* 2013;(39):19-24.
- (36) Pereira JR, Rosa RA, Valle AL, Ghizoni JS, Só MV, Shiratori FK. The influence of different cements on the pull-out bond strength of fiber posts. *J Prosthet Dent.* 2014 Jul;112(1):59-63.
- (37) Grandini S, Goracci C, Monticelli F, Borracchini A, Ferrari M. SEM evaluation of the cement layer thickness after luting two different posts. *J Adhes Dent.* 2005 Autumn;7(3):235-40.
- (38) Naumann M, Sterzenbach G, Rosentritt M, Beuer F, Frankenberger R. Is adhesive cementation of endodontic posts necessary? *J Endod.* 2008 Aug;34(8):1006-10.
- (39) Jongsma LA, Bolhuis PB, Pallav P, Feilzer AJ, Kleverlaan CJ. Benefits of a two-step cementation procedure for prefabricated fiber posts. *J Adhes Dent.* 2010 Feb;12(1):55-62.
- (40) Cheung, W. A review of the management of endodontically treated teeth: Post, core and the final restoration. *J Am Dent Assoc.* 2005 May;136(5):611-19.
- (41) Heydecke G, Butz F, Strub JR. Fracture strength and survival rate of endodontically treated maxillary incisors with approximal cavities after restoration with different post and core systems: an in-vitro study. *J Dent* 2001;29(6):427-33.
- (42) Balkaya MC, Birdal IS. Effect of resin-based materials on fracture resistance of endodontically treated thin-walled teeth. *J Prosthet Dent* 2013;109(5):296-303.
- (43) Zicari F, Coutinho E, Scotti R, Van Meerbeek B, Naert I. Mechanical properties and micro-morphology of fiber posts. *Dent Mat* 2013;29(4)e:45-52.

- (44) Silva RS, Castro CG, Santos-Filho PC, Silva GR, Campos RE, Soares PV, Soares CJ. Influence of different post design and composition on stress distribution in maxillary central incisor: finite element analysis. *Indian J Dent Res.* 2009 Apr-Jun;20(2):153-8.
- (45) Pegoretti A, Fambri L, Zappini G, Bianchetti M. Finite element analysis of a glass fibre reinforced composite endodontic post. *Biomaterials.* 2002 Jul;23(13):2667-82.
- (46) Cagidiaco MC, Goracci C, Garcia-Godoy F, Ferrari M. Clinical studies of fiber posts: a literature review. *Int J Prosthodont.* 2008 Jul-Aug;21(4):328-36.
- (47) Soares CJ, Santana FR, Castro CG, Santos-Filho PC, Soares PV, Qian F, Armstrong SR. Finite element analysis and bond strength of a glass post to intraradicular dentin: comparison between microtensile and push-out tests. *Dent Mater.* 2008 Oct;24(10):1405-11.
- (48) Mannocci F, Qualtrough AJ, Worthington HV, Watson TF, Pitt Ford TR. Randomized clinical comparison of endodontically treated teeth restored with amalgam or with fiber posts and resin composite: five-year results. *Oper Dent.* 2005 Jan-Feb;30(1):9-15.
- (49) Torbjörner A, Karlsson S, Syverud M, Hensten-Pettersen A. Carbon fiber reinforced root canal posts. Mechanical and cytotoxic properties. *Eur J Oral Sci.* 1996 Oct-Dec;104(5-6):605-11.
- (50) Mumcu E, Erdemir U, Topcu FT. Comparison of micro push-out bond strengths of two fiber posts luted using simplified adhesive approaches. *Dent Mater J.* 2010 May;29(3):286-96.
- (51) Christensen, GJ. Post concepts are changing. *J Am Dent Assoc.* 2004 Sep;135(9):1308-10.
- (52) Novais VR, Quagliatto PS, Bona AD, Correr-Sobrinho L, Soares CJ. Flexural modulus, flexural strength, and stiffness of fiber-reinforced posts. *Indian J Dent Res.* 2009 Jul-Sep;20(3):277-81.
- (53) Mannocci F, Sherriff M, Watson TF. Three-point bending test of fiber posts. *J Endod.* 2001 Dec;27(12):758-61.
- (54) Plotino G, Grande NM, Bedini R, Pameijer CH, Somma F. Flexural properties of endodontic posts and human root dentin. *Dent Mater.* 2007 Sep;23(9):1129-35.
- (55) Stewardson DA, Shortall AC, Marquis PM, Lumley PJ. The flexural properties of endodontic post materials. *Dent Mater.* 2010 Aug;26(8):730-6.

- (56) Pfeiffer P, Schulz A, Nergiz I, Schmage P. Yield strength of zirconia and glass fibre-reinforced posts. *J Oral Rehabil.* 2006 Jan;33(1):70-4.
- (57) Amaral M, Santini MF, Wandscher V, Amaral R, Valandro LF. An in vitro comparison of different cementation strategies on the pull-out strength of a glass fiber post. *Oper Dent.* 2009 Jul-Aug;34(4):443-51.
- (58) Bitter K, Perdigão J, Exner M, Neumann K, Kielbassa A, Sterzenbach G. Reliability of fiber post bonding to root canal dentin after simulated clinical function in vitro. *Oper Dent.* 2012 Jul-Aug;37(4):397-405.
- (59) Aksornmuang J, Nakajima M, Senawongse P, Tagami J. Effects of C-factor and resin volume on the bonding to root canal with and without fibre post insertion. *J Dent.* 2011 Jun;39(6):422-9.
- (60) Asakawa Y, Takahashi H, Kobayashi M, Iwasaki N. Y. Effect of components and surface treatments of fiber-reinforced composite posts on bond strength to composite resin. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2013 Oct;26:23-33.
- (61) Goodacre CJ, Bernal G, Rungcharassaeng K, Kan JY. Clinical complications in fixed prosthodontics. *J Prosthet Dent.* 2003 Jul;90(1):31-41.
- (62) Ferrari M, Vichi A, Grandini S, Goracci C. Efficacy of a self-curing adhesive-resin cement system on luting glassfiber posts into root canals: an SEM investigation. *Int J Prosthodont.* 2001 Nov-Dec;14(6):543-9.
- (63) Schmage P, Pfeiffer P, Pinto E, Platzer U, Nergiz I. Influence of oversized dowel space preparation on the bond strengths of FRC posts. *Oper Dent.* 2009 Jan-Feb;34(1):93-101.
- (64) Boudrias P, Sakkal S, Petrova Y. Anatomical post design meets quartz fiber technology: rationale and case report. *Compend Contin Educ Dent.* 2001 Apr;22(4):337-40, 342, 344 passim; quiz 350.
- (65) Ferrari M, Vichi A, Grandini S, Geppi S. Influence of microbrush on efficacy of bonding into root canals. *Am J Dent.* 2002 Aug;15(4):227-31.
- (66) Mannocci F, Qualtrough AJ, Worthington HV, Watson TF, Pitt Ford TR. Randomized clinical comparison of endodontically treated teeth restored with amalgam or with fiber posts and resin composite: five-year results. *Oper Dent.* 2005 Jan-Feb;30(1):9-15.
- (69) Aleisa K, Al-Dwairi ZN, Alghabban R, Goodacre CJ. Effect of luting agents on the tensile bond strength of glass fiber posts: An in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2013 Sep;110(3):216-22.

- (70) Mastoras K, Vasiliadis L, Koulaouzidou E, Gogos C. Evaluation of push-out bond strength of two endodontic post systems. *J Endod.* 2012 Apr;38(4):510-4.
- (71) Gomes GM, Gomes OM, Reis A, Gomes JC, Loguercio AD, Calixto AL. Regional bond strengths to root canal dentin of fiber posts luted with three cementation systems. *Braz Dent J.* 2011;22(6):460-7.
- (72) Zicari F, De Munck J, Scotti R, Naert I, Van Meerbeek B. Factors affecting the cement-post interface. *Dent Mater.* 2012 Mar;28(3):287-97.
- (73) Mjör IA, Smith MR, Ferrari M, Mannocci F. The structure of dentin in the apical region of human teeth. *Int Endod J.* 2001 Jul;34(5):346-53.
- (74) Menezes MS, Queiroz EC, Campos RE, Martins LR, Soares CJ. Influence of endodontic sealer cement of fibreglass post bond strength to root dentine. *Int Endod J.* 2008 Jun;41(6):476-84.
- (75) Vano M, Cury AH, Goracci C, Chieffi N, Gabriele M, Tay FR, Ferrari M. The effect of immediate versus delayed cementation on the retention of different types of fiber post in canals obturated using a eugenol sealer. *J Endod.* 2006 Sep;32(9):882-5.
- (76) Baldissara P, Zicari F, Valandro LF, Scotti R. Effect of root canal treatments on quartz fiber posts bonding to root dentin. *J Endod.* 2006 Oct;32(10):985-8.
- (77) 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.
- (78) Soares CJ, Pereira JC, Valdivia AD, Novais VR, Meneses MS. Influence of resin cement and post configuration on bond strength to root dentine. *Int Endod J.* 2012 Feb;45(2):136-45.
- (79) Sideridou I, Tserki V, Papanastasiou G. Effect of chemical structure on degree of conversion in light-cured dimethacrylate-based dental resins. *Biomaterials.* 2002 Apr;23(8):1819-29.
- (80) Manso AP, Silva NR, Bonfante EA, Pegoraro TA, Dias RA, Carvalho RM. Cements and adhesives for all-ceramic restorations. *Dent Clin North Am.* 2011 Apr;55(2):311-32.
- (81) Farina AP, Cecchin D, Garcia Lda F, Naves LZ, Sobrinho LC, Pires-de-Souza Fde C. Bond strength of fiber posts in different root thirds using resin cement. *J Adhes Dent.* 2011 Apr;13(2):179-86.

- (82) Abo-Hamar SE, Hiller KA, Jung H, Federlin M, Friedl KH, Schmalz G. Bond strength of a new universal self-adhesive resin luting cement to dentin and enamel. *Clin Oral Investig*. 2005;9(3):161-7.
- (83) Kahnamouei MA, Mohammadi N, Navimipour EJ, Shakerifar M. Push-out bond strength of quartz fibre posts to root canal dentin using total-etch and self-adhesive resin cements. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2012 Mar 1;17(2):e337-44.
- (84) Gerth HU, Dammaschke T, Züchner H, Schäfer E. Chemical analysis and bonding reaction of RelyX Unicem and Bifix composites - a comparative study. *Dent Mater*. 2006 Oct;22(10):934-41.
- (85) Radovic I, Mazzitelli C, Chieffi N, Ferrari M. Evaluation of the adhesion of fiber posts cemented using different adhesive approaches. *Eur J Oral Sci*. 2008 Dec;116(6):557-63.
- (86) Calixto LR, Bandéca MC, Clavijo V, Andrade MF, Vaz LG, Campos EA. Effect of resin cement system and root region on the push-out bond strength of a translucent fiber post. *Oper Dent*. 2012 Jan-Feb;37(1):80-6.
- (87) Erdemir U, Mumcu E, Topcu FT, Yildiz E, Yamanel K, Akyol M. Micro push-out bond strengths of 2 fiber post types luted using different adhesive strategies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2010 Oct;110(4):534-44.
- (88) Kumbuloglu, O. et al. A study of the physical and chemical properties of four resin composite luting cements. *Int J Prosthodont*, n.3, v. 17, p. 357-363, 2004.
- (89) Bitter K, Paris S, Martus P, Schartner R, Kielbassa AM. A confocal laser scanning microscope investigation of different dental adhesives bonded to root canal dentine. *Int Endod J*. 2004 Dec;37(12):840-8.
- (90) Spinell T, Schedle A, Watts DC. Polymerization shrinkage kinetics of dimethacrylate resin-cements. *Dent Mater*. 2009 Aug;25(8):1058-66.
- (91) Giovannetti A, Goracci C, Vichi A, Chieffi N, Polimeni A, Ferrari M. Post retentive ability of a new resin composite with low stress behaviour. *J Dent*. 2012 Apr;40(4):322-8.
- (92) 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.

- (93) Giachetti L, Scaminaci Russo D, Baldini M, Bertini F, Steier L, Ferrari M. Push-out strength of translucent fibre posts cemented using a dual-curing technique or a light-curing self-adhering material. *Int Endod J*. 2012 Mar;45(3):249-56.
- (94) Zicari F, Couthino E, De Munck J, Poitevin A, Scotti R, Naert I, Van Meerbeek B. Bonding effectiveness and sealing ability of fiber-post bonding. *Dent Mater*. 2008 Jul;24(7):967-77.
- (95) Goracci C, Grandini S, Bossù M, Bertelli E, Ferrari M. Laboratory assessment of the retentive potential of adhesive posts: a review. *J Dent*. 2007 Nov;35(11):827-35.
- (96) Goracci C, Tavares AU, Fabianelli A, Monticelli F, Raffaelli O, Cardoso PC, Tay F, Ferrari M. 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.
- (97) Li XJ, Zhao SJ, Niu LN, Tay FR, Jiao K, Gao Y, Chen JH. Effect of luting cement and thermomechanical loading on retention of glass fibre posts in root canals. *J Dent*. 2014 Jan;42(1):75-83.
- (98) Pereira JR, Lins do Valle A, Ghizoni JS, Lorenzoni FC, Ramos MB, Dos Reis Só MV. Push-out bond strengths of different dental cements used to cement glass fiber posts. *J Prosthet Dent*. 2013 Aug;110(2):134-40.
- (99) Druck CC, Bergoli CD, Pereira GK, Valandro LF. Effect of two resin cements and two fiber post surface treatments on push-out bond strength between fiber post and root dentin. *J Contemp Dent Pract*. 2015 Jan 1;16(1):7-12.
- (100) Aleisa KI, Almufleh BS, Morgano SM, Lynch CD. Effect of types of luting agent on push-out bond strength of zirconium oxide posts. *J Dent*. 2013 Apr;41(4):377-83.
- (101) Juloski J, Fadda GM, Radovic I, Chieffi N, Vulicevic ZR, Aragonese JM, Ferrari M. Push-out bond strength of an experimental self-adhesive resin cement. *Eur J Oral Sci*. 2013 Feb;121(1):50-6.
- (102) El-Ma'aita AM, Qualtrough AJ, Watts DC. The effect of smear layer on the push-out bond strength of root canal calcium silicate cements. *Dent Mater*. 2013 Jul;29(7):797-803.
- (103) de Santis R, Prisco D, Apicella A, Ambrosio L, Rengo S, Nicolais L. Carbon fiber post adhesion to resin luting cement in the restoration of endodontically treated teeth. *J Mater Sci Mater Med*. 2000 Apr;11(4):201-6.
- (104) van Noort R, Noroozi S, Howard IC, Cardew G. A critique of bond strength measurements. *J Dent*. 1989 Apr;17(2):61-7.

- (105) Pashley DH, Ciucchi B, Sano H, Carvalho RM, Russel CM. Bond strenght versus dentine structure: a modeling approach. *Arch Oral Biol.* 1995;40(12):1109-18.
- (106) Versluis A, Tantbirojn D, Douglas WH. Why do shear bond tests pull-out dentin? *J Dent Res.* 1997 Jun;76(6):1298-307.
- (107) Sudsangiam S, van Noort R. Do dentin bond strength tests serve a useful purpose? *J Adhes Dent.* 1999 Spring;1(1):57-67.
- (108) Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho R, et al. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength-evaluation of a micro-tensile bond test. *Dent Mater* 1994;10(4):236-40.
- (109) Zorba YO, Erdemir A, Turkyilmaz A, Eldeniz AU. Effects of different curing units and luting agents on push-out bond strength of translucent posts. *J Endod.* 2010 Sep;36(9):1521-5.

ANEXO A

FÓRMULAS UTILIZADAS PARA CONVERSÃO DOS DADOS OBTIDOS EM KgF PARA MPa

1) Conversão dos valores obtidos em quilograma-força para Newton:

$$F = \text{Kgf} \cdot 9,8$$

- F = força em Newtons (N)
- Kgf = resistência registrada pela máquina de ensaios em quilograma-força (kgf)
- 1N = 9,8 m/ s²

2) Cálculo da área de superfície interna do segmento radicular:

- Área lateral de tronco de cone

$$A_L = \pi(R+r) \cdot [h^2 + (R-r)^2]^{0,5}$$

3) Cálculo da tensão de retenção para o teste *push-out*:

$$T = F/A$$

- T = tensão de extrusão (MPa)
- F = força necessária para extrusão (N)
- A = área de superfície aderida (mm²)

ANEXO B



Universidade de Brasília
Faculdade de Ciências da Saúde
Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/FS

PROCESSO DE ANÁLISE DE PROJETO DE PESQUISA

Título do Projeto: “RESISTÊNCIA DE UNIÃO AO CISALHAMENTO DE PINOS DE FIBRA COM DIFERENTES CONFIGURAÇÕES/CONICIDADES, CIMENTADOS EM DENTES FRAGILIZADOS.”.

Pesquisadora Responsável: MARCO ANTÔNIO FRANCO CANÇADO

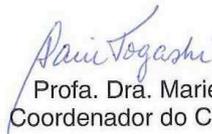
Data de Entrada: 16/03/2015

CAAE: 39564914.5.0000.0030

Com base na Resolução 466/12, do CNS/MS, que regulamenta a ética em pesquisa com seres humanos, o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade de Brasília, após análise dos aspectos éticos e do contexto técnico-científico, resolveu APROVAR o projeto intitulado “RESISTÊNCIA DE UNIÃO AO CISALHAMENTO DE PINOS DE FIBRA COM DIFERENTES CONFIGURAÇÕES/CONICIDADES, CIMENTADOS EM DENTES FRAGILIZADOS.” Parecer nº 989.550, em 18/03/2015.

Notifica-se o(a) pesquisador(a) responsável da obrigatoriedade da apresentação de um relatório semestral e relatório final sobre o desenvolvimento do projeto, no prazo de 1 (um) ano a contar da data de aprovação.

Brasília, 27 de abril de 2015.


Prof. Dra. Marie Togashi
Coordenador do CEP-FS/UnB

Prof. Dra. Marie Togashi
Coordenadora
Comitê de Ética em Pesquisa
com Seres Humanos (CEP/FS) - UnB