



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

**ESCOLA DE CIÊNCIAS DA VIDA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO CLÍNICA ODONTOLÓGICA
INTEGRADA**

KARINE SANTOS FRASQUETTI

**EFEITO DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE
SECAGEM DA DENTINA RADICULAR NA RESISTÊNCIA DE
UNIÃO DE CIMENTOS ENDODÔNTICOS BIOCERÂMICOS**

Curitiba

2021

KARINE SANTOS FRASQUETTI

**EFEITO DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE
SECAGEM DA DENTINA RADICULAR NA RESISTÊNCIA DE
UNIÃO DE CIMENTOS ENDODÔNTICOS BIOCERÂMICOS**

**Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Odontologia da
Pontifícia Universidade Católica do Paraná,
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Odontologia, Área
de Concentração em Clínica Odontológica
Integrada (Ênfase em Endodontia).**

**Orientador: Prof. Dr. Ulisses Xavier da Silva
Neto**

**Curitiba
2021**

Dados da Catalogação na Publicação
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR
Biblioteca Central
Sônia Maria Magalhães da Silva – CRB-9/191

F842e
2021 Fraschetti, Karine Santos
 Efeito de diferentes protocolos de secagem da dentina radicular na resistência
de união de cimentos endodônticos biocerâmicos / Karine Santos Fraschetti ;
orientador: Ulisses Xavier da Silva Neto. – 2021.
52 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba,
2021.
Bibliografia: f. 29-31

1. Odontologia. 2. Cimentos dentários. 3. Canal radicular - Tratamento. 4.
Endodontia. I. Silva Neto, Ulisses Xavier da. II. Pontifícia Universidade Católica do
Paraná. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título.

CDD. 22. ed. – 617.6



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

Escola de Ciências da Vida

Programa de Pós-Graduação em Odontologia

KARINE SANTOS FRASQUETTI

**EFEITO DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE SECAGEM DA DENTINA
RADICULAR NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE CIMENTOS ENDODÔNTICOS
BIOCERÂMICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como parte dos requisitos parciais para a obtenção do Título de **Mestre em Odontologia**, Área de Concentração em **Clínica Odontológica Integrada - Endodontia**.

Orientador(a): Prof. Dr. Ulisses Xavier da
Silva Neto

Programa de Pós-Graduação em Odontologia, PUCPR

Prof. Dr. Alexandre Kowalczyk

Programa de Pós-Graduação em Odontologia, PUCPR

Profª Drª Lucila Piasecki

Programa de Pós-Graduação, UBNY- EUA

Curitiba, 22 de novembro de 2021.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ulisses Xavier da Silva Neto, pelo apoio, confiança e disponibilidade em me orientar. Por todos os ensinamentos transmitidos desde a graduação. Muito obrigada!

A Profa. Dra Evelise Machado de Souza, por compartilhar a experiência sobre o assunto e sempre estar disposta a ajudar. Sua participação foi de extrema importância neste estudo.

Ao Prof. Dr. Sérgio Ignácio, pela sua competência em realizar a análise estatística.

Ao colaborador Cleomar Rodrigues Lemos, pelo auxílio na utilização das máquinas e por esclarecer minhas dúvidas sempre que precisei.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por iluminar meu caminho e me manter com fé em todos os momentos.

Aos meus pais, Marcell e Ailton, por sempre me incentivarem a seguir o caminho da educação. Pelos seus valores, por tudo que fizeram e ainda fazem por mim.

Ao meu irmão, Wagner, pelo apoio e parceria. Sou grata por ter você em minha vida.

Ao meu namorado, Diego, pelo amor, amizade, ajuda e companheirismo sempre.

À Profa Dra. Vânia Portela Dietzel Westphalen, ao Prof Dr. Alexandre Kowalczyk, ao Prof. Dr. Everdan Carneiro, ao Prof. Dr. Ulisses Xavier da Silva Neto pela competência e dedicação para com o ensino da Endodontia. Por me inspirarem a seguir esta especialidade. Admiro muito todos vocês.

À minha colega Luiza Cassol pela ajuda, parceria e amizade.

Aos funcionários da Clínica Odontológica da PUC-PR.

À todos que contribuíram para minha formação profissional: Professores, pacientes, funcionários e amigos.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SCR	Sistema de canais radiculares
CEB	Cimentos endodônticos biocerâmicos
%	Por cento
mm	Milímetros
ml	Mililitros
Na OCl	Hipoclorito de Sódio
SP P	Sealer Plus BC com protocolo de secagem com pontas de papel absorvente
SP C	Sealer Plus BC com protocolo de secagem com cânulas flexíveis de silicone
BIO P	Bio-C Sealer com protocolo de secagem com pontas de papel absorvente
BIO C	Bio-C Sealer com protocolo de secagem com cânulas flexíveis de silicone
mm/min	Milímetros por minuto
X	Aumentos
MPa	Mega Pascal

SUMÁRIO

ARTIGO EM PORTUGUÊS	1
Página título	1
Resumo	2
Introdução	3
Material e Métodos	4
Resultados	7
Discussão	10
Conclusão	13
Referências	14
ARTIGO EM INGLÊS	17
Title page	17
Abstract	18
Introduction	19
Material and Methods	20
Results	23
Discussion	26
Conclusion	28
References	29
ANEXOS	32
Parecer de comitê de ética	32
Análise estatística	32
Normas para publicação – Journal of Endodontics	38

ARTIGO EM PORTUGUÊS

Página título

Efeito de diferentes protocolos de secagem da dentina radicular na resistência de união de cimentos endodônticos biocerâmicos.

AUTORES:

Karine Santos Frassetto^a, DDS

Alexandre Kowalczyk^a, DDS, MSC, PhD

Everdan Carneiro ^a, DDS, MSC, PhD

Vânia Portela Ditzel Westphalen^a , DDS, MSC, PhD

Ulisses Xavier da Silva Neto^a, DDS, MSC, PhD

^aPontifícia Universidade Católica do Paraná, Escola de Ciências da Vida, Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Departamento de Endodontia, Curitiba, Brasil.

Resumo

Introdução: O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência de união à dentina dos cimentos biocerâmicos, em dois protocolos de secagem do canal radicular.

Materiais e métodos: Sessenta pré-molares monorradiculares inferiores foram selecionados em que as coroas foram seccionadas, os canais preparados e obturados. Assim, foram divididos aleatoriamente em 4 grupos (n=15). Os grupos foram avaliados de acordo com o protocolo de secagem (postas de papel absorvente- P), ou (cânulas de aspiração- C), e cimento biocerâmico obturador (Sealer Plus BC-SP) ou (Bio C Sealer- BIO). Para os Grupos C, previamente às obturações, os canais foram irrigados com 10 ml de soro fisiológico, e aspirados conforme protocolo. Cada terço das raízes foi seccionado em fatias de 2mm em cortadeira de precisão. A resistência de união dos materiais de obturação à dentina radicular foi avaliada usando o teste push-out em máquina de teste universal. O modo de falha foi determinado por exame em microscópio ótico com magnificação de 40x . Os dados foram analisados pelo teste de ANOVA a três fatores seguida do teste de Games-Howell (α 5%).

Resultados: Em todos os grupos ocorreu diferença estatisticamente significativa na comparação entre terços para cimento e protocolo de secagem, em que a maior resistência de união foi em nível apical. O grupo SP P apresentou valor médio de resistência de união maior e estatisticamente diferente ($p<0,01$) em nível cervical e médio. A análise do modo de falha mostrou que em todos os grupos o modo coesivo de falha no cimento foi o modo mais predominante.

Conclusão: A resistência de união do cimento biocerâmico Sealer Plus BC foi afetada pelo protocolo de secagem do canal radicular em que o grupo SP P obteve maior resistência de união em nível cervical e médio. Em nível apical não existe interferência do protocolo de secagem. E os grupos que utilizaram o cimento Bio-C Sealer não apresentaram diferença estatística quando comparados os terços nos protocolos de secagem propostos

Palavras-chaves: Cimento Biocerâmico; Cimento endodôntico; Dentina Resistência de união; Secagem do canal radicular; Teste push-out;

Introdução

Dentro da terapia pulpar, a obturação consiste na etapa final em que se promove o preenchimento do espaço do sistema de canais radiculares (SCR) com materiais inertes ou antissépticos buscando um selamento tridimensional (1). Existe um grande desafio em relação à adesão dos materiais obturadores às paredes dentinárias, pois a falha no selamento tridimensional, seja ela apical ou lateral, pode permitir a invasão de microrganismos, resultando numa possível falha do tratamento (2,3).

Não existe um cimento endodôntico ideal, porém quanto mais propriedades ele possuir maior a chance de um tratamento de sucesso. Com isso, os cimentos endodônticos biocerâmicos (CEB) foram desenvolvidos com diversas vantagens, como: pH alcalino, atividade antibacteriana, radiopacidade e biocompatibilidade adequadas, além de não sofrer contração volumétrica e serem quimicamente estáveis em ambiente biológico (4–7). Outra vantagem, é sua bioatividade, ou seja, a capacidade de formação de hidroxiapatita durante o processo de endurecimento que exerce influência direta na união entre a dentina e o material obturador (6).

Os CEB com pontas de auto mistura se apresentam comercialmente na forma de seringa os quais podem ser inseridos imediatamente nos canais radiculares sem qualquer necessidade de espatulação, além de possuírem adequado tempo de trabalho sendo de aproximadamente 4 horas à temperatura ambiente (8). Já o endurecimento destes materiais é dado somente quando expostos a um ambiente com umidade. Um estudo mostrou que o comportamento de um cimento, considerando as porções de pasta retiradas do início das bisnagas, é diferente quando comparados às do meio e final das mesmas(9), então sugere-se que como os CEB são materiais prontos para uso a umidade do próprio material pode estar prejudicada, ou até mesmo não existir, restando apenas a umidade dentinária para o endurecimento do material. Quando inserido em um meio desidratado, os CEB tendem a ter seu tempo de endurecimento aumentado, o que pode levar à redução de seu potencial adesivo (5).

Com isso, estudos vêm sendo realizados mantendo certo grau de umidade no interior do SCR na etapa da obturação com o objetivo de permitir que os cimentos biocerâmicos tenham tempo adequado de endurecimento, ou maior união

do cimento à dentina (10–17). No entanto, os mesmos não informam as recomendações clínicas exatas para que seja possível alcançar tais resultados (10). Estudos avaliando a resistência de união dos cimentos biocerâmicos Sealer Plus BC (MK Life, Porto Alegre, RS, Brasil) e BIO C Sealer (Angelus, Londrina, PR, Brasil) não estão relatados até o presente momento, somente com biocerâmicos de outras marcas comerciais. Frente ao fato, observa-se a necessidade da realização de estudos para que seja avaliada a resistência de união de dois materiais obturadores biocerâmicos de acordo com diferentes protocolos de secagem do SCR.

O objetivo deste estudo foi avaliar a resistência de união à dentina dos cimentos biocerâmicos, em dois protocolos de secagem do canal radicular.

A partir do objetivo estabelecido na presente pesquisa definiu-se a hipótese nula (H0): Não existe diferença estatisticamente significativa entre os valores médios da variável Resistência de união (MPa) segundo Cimento, Protocolo de Secagem e Terço do canal radicular.

Material e Métodos

Após aprovação do projeto deste estudo pelo Comitê de Ética local, cujo número do parecer é 4.210.161, foram selecionados 60 (sessenta) pré-molares monorradiculares inferiores humanos, com raízes retas, de comprimento semelhantes e de no mínimo 15mm de comprimento radicular, obtidos junto ao banco de dentes local.

a) Critérios para exclusão

Dentes com raízes de formação incompleta ou raízes curvas foram excluídos. Após análise visual, foram realizadas tomografias computadorizadas cone beam Scandora 3D (Soredex, Tuusula, Finlândia), e em seguida, foram eliminados os dentes que apresentaram tratamentos endodônticos realizados, ou os quais possuísem obliteração ou ausência de luz do canal ao longo de seu trajeto ou que possuísem canais radiculares ovais ou achatados, em que foram classificados como canais ovais/ achatados, canais com diâmetro VL 2,5mm maior que o diâmetro MD em nível de 6mm do ápice radicular (18). Ou seja, foram

utilizados no estudo dentes com canal radicular circular, em que a diferença do diâmetro VL e MD foi menor ou igual a 2,5mm.

b) O Preparo dos dentes e obturação

Os dentes foram removidos da Cloramina T a 0,5% e lavados abundantemente com soro fisiológico e, então, foram secos com compressa de gaze de algodão e ar comprimido. Após a limpeza, as coroas foram removidas e o comprimento da raiz foi padronizada em 15mm. O comprimento total do canal radicular foi definido através da inserção de uma lima manual tipo-K (Dentsply-Sirona, Ballaigues, Switzerland) de calibre 10 até a sua visualização no forame apical, o comprimento total foi registrado, e o comprimento de trabalho (CT) foi definido como 1 mm aquém do comprimento total do canal. Os canais foram irrigados com 2ml de hipoclorito de sódio 2,5% e esvaziados manualmente com instrumentos tipo-K 10 e 15 (Dentsply- Sirona, Ballaigues, Switzerland) em seu comprimento de trabalho.

As raízes foram preparadas com instrumento V File 50 (#50//. 05; TDKaFiles Shenzhen Superline, Guangming, China), que é um instrumento reciprocante de uso único, os canais foram irrigados com 2mL de NaOCl a 2,5% utilizando seringa e agulha Navitip (30 G, Ultradent, South Jordan, EUA) calibrada 1 mm aquém do CT. Ao final, os espécimes foram irrigados com 3 ml de EDTA 17% que permaneceram no interior dos canais durante 3 minutos. O conteúdo foi aspirado com cânulas de silicone flexíveis(SS Plus, Maringá, Brasil) durante 10 segundos na porção cervical da amostra e nova irrigação com 5 ml de hipoclorito de sódio a 2,5% foi realizada (19,20). Os canais foram aspirados na porção cervical e secos com 03 pontas de papel absorvente de diâmetro 50. 05 (TDKaFiles Shenzhen Superline, Guangming, China).

As raízes foram divididas aleatoriamente em 4 grupos de 15 espécimes (n=15). Os grupos foram avaliados de acordo com o protocolo de secagem (postas de papel absorvente- P), ou (cânulas de aspiração- C), e cimento biocerâmico obturador (Sealer Plus BC-SP) ou (Bio C Sealer- BIO). Em que no grupo SP P e BIO P as amostras mantiveram o protocolo de secagem com 3 pontas de papel absorvente. Já nos grupos SP C e BIO C as amostras receberam uma irrigação

final com 10 ml de soro fisiológico, sendo que o excesso foi aspirado na porção cervical da amostra com cânulas de silicone flexíveis (SS Plus, Maringá, Brasil) por 5 segundos. As amostras foram submetidas a técnica de obturação de cone único com cone de guta-percha V File 50.05 (TDKaFiles Shenzhen Superline, Guangming, China), em que nos grupos SP foi utilizado o cimento Sealer Plus BC (MK Life, Porto Alegre TS, Brasil) e nos grupos BIO o cimento BIO- C Sealer (Angelus, Londrina, Brasil). As amostras foram armazenadas em estufa a 37°C imersas em água destilada por 7 dias para permitir o endurecimento completo do cimento.

c) Preparo dos espécimes para o teste de push-out

Cada terço da raiz (coronal, médio e apical) foi seccionado perpendicularmente ao seu eixo longo em uma fatia de 2 mm de espessura, cca. Antes da obtenção dos espécimes, a primeira secção na porção mais cervical da raiz, com espessura de aproximadamente 2 mm, e a última porção mais apical da raiz com espessura de 2 mm foram descartadas.

Portanto, foram obtidas três fatias de cada amostra, com um total de 45 seções por grupo. Cada fatia foi marcada em seu lado apical com uma caneta permanente. A fatia obtida de cada terço do canal radicular foi submetida ao teste de push-out em uma máquina de teste universal (EMIC DL200MF, São José dos Pinhás, PR, Brasil), a uma velocidade de 0,5mm/ min até a falha usando uma ponta de aço inoxidável de 0,40, 0,50 e 0,70mm de diâmetro para o terço apical, médio e coronal respectivamente (21). A superfície apical exibindo o ponto de tinta (da caneta permanente) foi colocada em contato com a ponta do cilindro, garantindo que as forças de carga fossem introduzidas de uma direção apical para coronal, evitando assim qualquer limitação ao movimento do material. Este método assegurou o alinhamento das amostras de maneira precisa e reproduzível, mantendo o eixo centralizado e evitando o contato com a dentina quando o material foi empurrado e desalojado da parede do canal.

A resistência de união em MPa para cada espécime foi calculada dividindo a carga em newtons (N) pela área da interface. A área da interface foi calculada de acordo com a fórmula: $A = \pi (R + r) \sqrt{h^2 + (R - r)^2}$, onde π é mantido constante

em 3,14, h a espessura da fatia, R o raio maior do material obturador e r o raio menor do material obturador, obtido nos diâmetros coronal e apical de cada fatia respectivamente.

d) Análise do modo de falha

Após a conclusão do teste de push-out, as amostras foram examinadas sob um microscópio óptico (Olympus, Tóquio, Japão) em magnificação de 40X e os modos de falha (adesivo, coesivo ou misto), foram atribuídos. A falha foi considerada da seguinte forma:

- Adesiva: se o cimento foi totalmente separado da dentina (superfície da dentina sem material).
- Coesiva: se a falha ocorreu dentro do cimento (cimento totalmente unido à superfície dentinária).
- Mista: quando uma combinação de falha adesiva e coesiva ocorre (cimento parcialmente unido à superfície dentinária)

e) Análise estatística

Visando comparar se existe diferença estatisticamente significativa na resistência de união segundo Cimento, Protocolo de Secagem e Terço do canal radicular (três fatores) testou-se inicialmente a normalidade dos dados uma vez que $n < 30$. Dessa forma a comparação foi feita utilizando o teste paramétrico ANOVA a três fatores modelo fatorial completo, permitindo avaliar as diferenças nos valores médios segundo os três fatores e a interação entre eles, uma vez que o teste de homogeneidade de variâncias de Levene indicou variâncias heterogêneas. O teste de comparações múltiplas paramétricas 2 a 2 de Games Howell para variâncias heterogêneas ($p < 0,05$) foi realizado para detectar diferenças estatísticas entre as variáveis e comparar os grupos.

Resultados

No sentido de avaliar diferenças entre os valores médios da variável Resistência de união (MPa) segundo Cimento, Protocolo de Secagem e Terço do canal, originou os dados da Tabela 1.

Tabela 1- Estatísticas descritivas da Resistência de união (MPa) segundo Cimento, Protocolo de secagem e Terço do canal.

Cimento x protocolo de secagem	Cervical		Médio		Apical	
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
SP P	8.2518 aA	4,4918	29.1123 bA	10.3506	37.8540 cA	17.7125
SP C	2.8984 aB	1,6839	8.5241 bB	4.2721	33.6960 cA	11.3123
Bio P	5.4053 aAB	2,8125	17.9738 bAC	5.7908	26.1158 cA	13.7483
Bio C	6.3300 aAB	3,5351	12.1688 bBC	3.9656	25.7325 cA	8.5498

Nota: Letras minúsculas na linha indicam comparação entre terços para cada combinação de Cimento e Protocolo de secagem. Letras maiúsculas na coluna indicam comparação dentro de cada terço entre Cimento e Protocolo de secagem. Teste de comparações múltiplas paramétricas 2 a 2 de Games Howell para variâncias heterogêneas ($p < 0,05$).

Abreviaturas: SP – Sealer Plus BC; BIO- Bio C Sealer; P- secagem com pontas de papel absorvente; C- Irrigação com 10 ml de soro fisiológico e aspiração com cânulas flexíveis de silicone

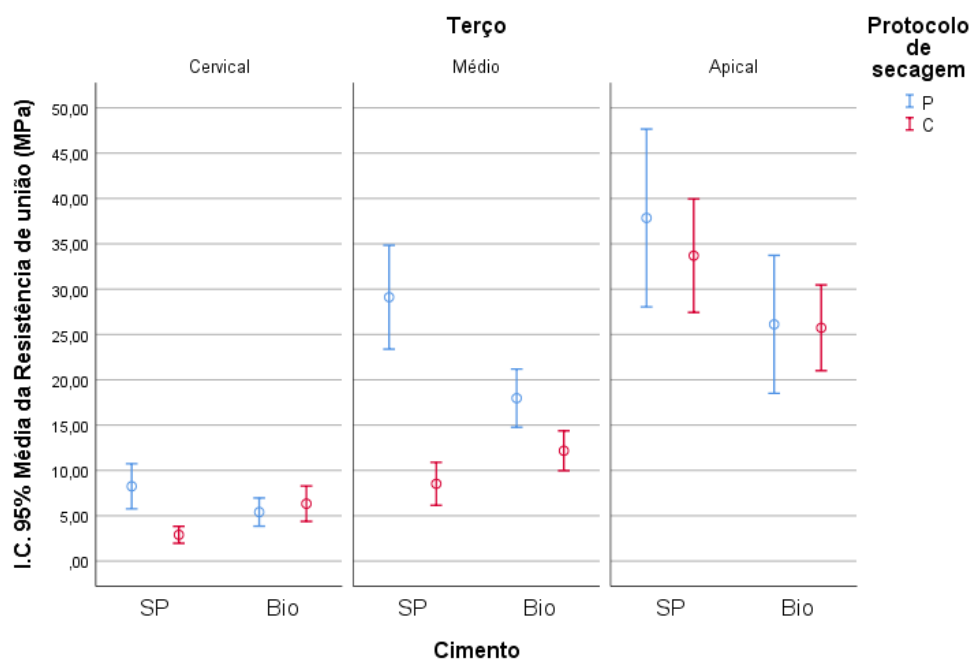
Observa-se na Tabela 1 que os valores médios de Resistência de união (MPa) apresentaram diferença estatisticamente significativa em relação à interação Cimento X Protocolo de Secagem X Terço do canal. Para cada combinação entre cimento e protocolo de secagem existe diferença estatisticamente significativa entre terço, no sentido que a maior resistência de união foi em nível apical, seguida do terço médio e cervical ($p < 0,05$). Já na comparação dentro de cada terço entre cimento e protocolo de secagem foi possível observar diferença estatística entre os grupos SP P e SP C, em que a maior resistência de união foi encontrada no grupo SP P em nível cervical e médio. Em nível apical não existe diferença estatisticamente significativa entre protocolo de secagem independente do cimento utilizado.

Os grupos compostos pelo cimento Bio- C Selar não apresentaram diferença estatisticamente significativa quando comparados os terços nos protocolos de secagem propostos.

O Gráfico 1 a seguir apresenta os intervalos de confiança (95%) para os valores médios da variável Resistência de união (MPa) segundo Cimento X Protocolo de Secagem x Terço do canal.

Gráfico 1 – Intervalo de Confiança (95%) da Média de Resistência de união (MPa) segundo Terço

x Cimento x Protocolo de secagem



No sentido de avaliar diferenças entre o modo de falha segundo Cimento, Protocolo de Secagem e Terço do canal, originou os dados da Tabela 2.

Tabela 2- Estatísticas do modo de falha segundo Cimento, Protocolo de secagem e Terço do canal

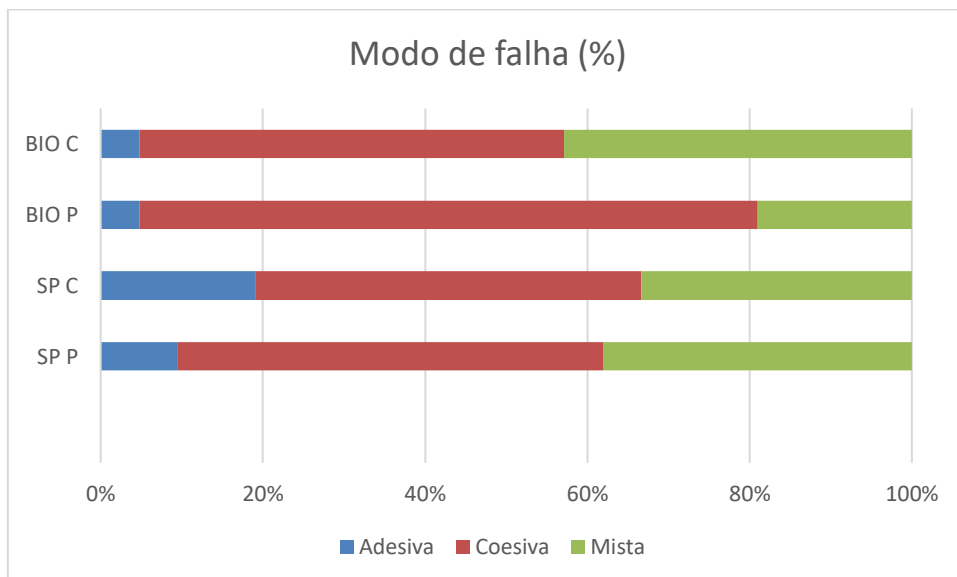
	Valor	gl	Valor p
Qui-quadrado de Pearson	20,817 ^a	22	,532
Razão de verossimilhança	25,325	22	,282
Associação Linear por Linear	,031	1	,860
N de Casos Válidos	84		

a. 36 células (100,0%) esperavam uma contagem menor que 5. A contagem mínima esperada é ,75.

Observa-se na Tabela 2 que não houve diferença estatisticamente significativa em relação ao modo de falha, segundo Cimento X Protocolo de Secagem X Terço do canal, uma vez que $p > 0,05$.

A análise do modo de falha das amostras é mostrada no Gráfico 2. Em que o modo coesivo de falha foi o mais predominante seguido pelo misto e o menor foi o modo adesivo em todos os grupos.

Gráfico 2 – Modo de falha dos grupos avaliados



Discussão

A baixa resistência de união do cimento à superfície da dentina dos SCR pode ter um impacto no comportamento clínico do dente, já que a capacidade do material de resistir à ruptura por microrretenção mecânica ou fricção é necessária durante a função dentária ou durante o preparo do canal para a reabilitação dentária (13). Até o momento, poucos estudos foram realizados para avaliar as propriedades físico-químicas dos cimentos biocerâmicos Sealer Plus BC e Bio-C Sealer (22–25). O presente estudo foi motivado pela atual inexistência de estudos que investiguem a resistência de união em diferentes protocolos de secagem entre os cimentos biocerâmicos Sealer Plus BC e Bio-C Sealer.

Os cimentos biocerâmicos utilizado no presente estudo, possuem composições distintas. O Bio-C Sealer é um material composto a base de silicato de cálcio, aluminato de cálcio, óxido de cálcio, óxido de zircônio, óxido de ferro, dióxido de silicato e o agente dispersante é não descrito. Possui tempo de trabalho de aproximadamente 60 minutos e tempo de presa de 120 minutos após a inserção no canal radicular. Já o cimento endodôntico Sealer Plus BC apresenta em sua composição dissilicato de cálcio, trissilicato de cálcio, óxido de zircônico, hidróxido

de cálcio e polietilenoglicol como agente dispersante, que é diferente de outros cimentos biocerâmicos. Possui tempo de trabalho superior a 4 horas, assim como seu tempo de presa.

Essas diferenças podem interferir nas propriedades físico-químicas e também na biocompatibilidade e o potencial bioativo desses materiais (22). Podendo explicar o resultado deste trabalho de que o Grupo SP P em nível cervical e médio apresentou valor médio de Resistência de união (MPa) maior e estatisticamente diferente dos demais grupos, que não diferiram entre si.

Mesmo sabendo das limitações de que o teste de resistência de união não prevê o comportamento clínico dos materiais, a opção por esse tipo de teste foi por ser um dos melhores para medir a resistência de união disponíveis até o momento (14). O estudo é *in vitro* e que é diferente do *in vivo*, onde o dente está assentado em seu alvéolo com ligamento periodontal e com temperatura da cavidade bucal, que são fatores que podem influenciar nas propriedades de um cimento endodôntico.

A adesão dentinária dos cimentos biocerâmicos pode ter influência devido a condições de umidade do SCR antes da obturação. Segundo os fabricantes, o processo de endurecimento do cimento Sealer Plus BC e Bio-C Sealer depende da presença de umidade nos túbulos dentinários. Ou seja, a quantidade de umidade necessária para a reação dos respectivos cimentos biocerâmicos deve ser fornecida pelos túbulos dentinários e não é necessário adicionar umidade ao canal antes da obturação. Porém a dúvida é se a secagem da dentina com cones de papel absorvente pode diminuir a água dos túbulos dentinários e, dessa forma prejudicar a reação de endurecimento desses materiais e consequentemente suas propriedades.

Alguns trabalhos anteriores, utilizaram outras soluções para aumento de umidade nos canais radiculares na etapa da obturação, tais como álcool isopropílico e água destilada (10,12), porém não se sabe se isso poderia interferir em outras propriedades dos cimentos e por isso optamos realizar a irrigação com soro fisiológico a fim de termos uma solução salina, isotônica e estéril. Já a

utilização das cânulas flexíveis de silicone foi motivada para que os canais radiculares não ficassem molhados e sim úmidos para avaliação da resistência de união dos cimentos biocerâmicos.

O estudo mostrou que o grupo SP P apresentou maiores valores de resistência de união em nível cervical e médio quando comparado ao grupo SP C e os grupos que utilizaram o Bio-C Sealer não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre os grupos BIO P e BIO C. Esse resultado pode ser devido a secagem da dentina com papel absorvente manter ainda, certo grau de umidade proveniente dos túbulos dentinários, sendo suficiente para manutenção do endurecimento e propriedades dos materiais e sendo afirmado por outros estudo (10,11), que obtiveram resultados semelhantes, porém com cimentos biocerâmicos de outras marcas comerciais.

Na comparação entre terços para cada combinação de cimento e protocolo de secagem a resistência de união em nível apical foi maior do que em nível médio e cervical, assim como em outros trabalhos já realizados (10,24,26–28). Isso pode ser explicado devido ao cone principal ter o diâmetro correspondente ao nível apical, que pode gerar alta força hidráulica que pode melhorar a adaptação ao canal radicular do cimento endodôntico. Um cone bem adaptado cria uma fina camada de cimento, o que pode aumentar a resistência de união ao nível apical (28). Outra explicação pode ser devido ao fato de os biocerâmicos conterem nanopartículas que se expandem após a reação de endurecimento (29,30), e a sua propriedade hidrofílica (6). Os cimentos biocerâmicos tem um tamanho de partícula menor, em média de 0,2 μm , o que pode melhorar a distribuição dessas partículas nos túbulos dentinários (31), especialmente túbulos menores que se localizam no terço apical. Todos esses fatores podem explicar os maiores valores de resistência de união a força push-out na região apical de todos os grupos.

Em relação ao modo de falha, não ocorreu diferença estatisticamente significativa entre os grupos, na comparação de cimento, protocolo de secagem e terço do canal, mas todos os grupos mostraram baixa frequência de falhas adesivas, afirmando a boa união dos cimentos às paredes dentinárias. Esses cimentos atingem performances semelhantes às de cimentos de referência (15,16).

Conclusão

A resistência de união do cimento biocerâmico Sealer Plus BC em nível Cervical e Médio foi afetada pelo protocolo de secagem do canal radicular em que o grupo SP P obteve maior resistência de união. Em nível apical não existe interferência do protocolo de secagem independente do cimento utilizado. E os grupos que utilizaram o cimento Bio-C Sealer não apresentaram diferença estatística quando comparados os terços nos protocolos de secagem propostos.

Referências

1. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: Systematic review of the literature - Part 2. Influence of clinical factors. *Int Endod J*. 2008;41(1):6–31.
2. Sjögren U, Hägglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod*. 1990;16(10):498–504.
3. Nair PN. On the Causes of Persistent Apical Periodontitis-a Review. *Int Endod J*. 2006;39(4):249–81.
4. Koch KA, Brave DG. Bioceramics, part I: the clinician's viewpoint. *Dent Today*. 2012;31(1):130–5.
5. Loushine BA, Bryan TE, Looney SW, Gillen BM, Loushine RJ, Weller RN, et al. Setting properties and cytotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer. *J Endod*. 2011;37(5):673–7.
6. Zhang H, Shen Y, Ruse ND, Haapasalo M. Antibacterial Activity of Endodontic Sealers by Modified Direct Contact Test Against *Enterococcus faecalis*. *J Endod*. 2009;35(7):1051–5.
7. Carvalho CN, Grazziotin-Soares R, de Miranda Candeiro GT, Gallego Martinez L, de Souza JP, Santos Oliveira P, et al. Micro Push-out Bond Strength and Bioactivity Analysis of a Bioceramic Root Canal Sealer. *Iran Endod J*. 2017;12(3):343–8.
8. Hess D, Solomon E, Spears R, He J. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *J Endod*. 2011;37(11):1547–9.
9. Baldi J V., Bernardes RA, Duarte MAH, Ordinola-Zapata R, Cavenago BC, Moraes JCS, et al. Variability of physicochemical properties of an epoxy resin sealer taken from different parts of the same tube. *Int Endod J*. 2012;45(10):915–20.
10. Nagas E, Uyanik MO, Eymirli A, Cehreli ZC, Vallittu PK, Lassila LVJ, et al. Dentin Moisture Conditions Affect the Adhesion of Root Canal Sealers. *J Endod*. 2012;38(2):240–4.
11. Razmi H, Bolhari B, Karamzadeh Dashti N, Fazlyab M. The Effect of Canal Dryness on Bond Strength of Bioceramic and Epoxy-resin Sealers after Irrigation with Sodium Hypochlorite or Chlorhexidine. *Iran Endod J*.

- 2016;11(2):129–33.
12. Singh G, Nigam AS, Jangra B, Chourasia HR, Khurana N, Mansoori K. Effect of Drying Protocols on the Bond Strength of Bioceramic, MTA and Resin-based Sealer Obturated Teeth. *Int J Clin Pediatr Dent.* 2019;12(1):33–6.
 13. Huffman BP, Mai S, Pinna L, Weller RN, Primus CM, Gutmann JL, et al. Dislocation resistance of ProRoot Endo Sealer, a calcium silicate-based root canal sealer, from radicular dentine. *Int Endod J.* 2009;42(1):34–46.
 14. Pane ES, Palamara JEA, Messer HH. Critical Evaluation of the Push-out Test for Root Canal Filling Materials. *J Endod.* 2013;39(5):669–73.
 15. Carvalho CN, Grazziotin-Soares R, De Miranda Candeiro GT, Martinez LG, De Souza JP, Oliveira PS, et al. Micro push-out bond strength and bioactivity analysis of a bioceramic root canal sealer. *Iran Endod J.* 2017;12(3):343–8.
 16. Shokouhinejad N, Gorjestani H, Nasseh AA, Hoseini A, Mohammadi M, Shamshiri AR. Push-out bond strength of gutta-percha with a new bioceramic sealer in the presence or absence of smear layer. *Aust Endod J.* 2013;39(3):102–6.
 17. Ozlek E, Gündüz H, Akkol E, Neelakantan P. Dentin moisture conditions strongly influence its interactions with bioactive root canal sealers. *Restor Dent Endod.* 2020;45(2):1–9.
 18. Wu MK, R'oris A, Barkis D, Wesselink PR. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2000;89(6):739–43.
 19. Ma R, Liu Z, Zhu C lian. A comparative study of root smear layer removal using different pH EDTA salts. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue.* 2003;12(3):197–9.
 20. Machado Silveira L, Silveira C, Martos J, Suita de Castro L. Evaluation of the different irrigation regimens with sodium hypochlorite and EDTA in removing the smear layer during root canal preparation. *J Microsc Ultrastruct.* 2013;1(1):51.
 21. Machado R, Da Silva Neto UX, Carneiro E, Fariniuk LF, Westphalen VPD, Cunha RS. Lack of correlation between tubular dentine cement penetration, adhesiveness and leakage in roots filled with gutta percha and an endodontic

- cement based on epoxy amine resin. *J Appl Oral Sci.* 2014;22(1):22–8.
22. Alves Silva EC, Tanomaru-Filho M, da Silva GF, Delfino MM, Cerri PS, Guerreiro-Tanomaru JM. Biocompatibility and Bioactive Potential of New Calcium Silicate–based Endodontic Sealers: Bio-C Sealer and Sealer Plus BC. *J Endod.* 2020;46(10):1470–7.
 23. Mendes AT, Silva PB da, Só BB, Hashizume LN, Vivan RR, Rosa RA da, et al. Evaluation of Physicochemical Properties of New Calcium Silicate-Based Sealer. *Braz Dent J.* 2018;29(6):536–40.
 24. Osiri S, Banomyong D, Sattabanasuk V, Yanpiset K. Root Reinforcement after Obturation with Calcium Silicate–based Sealer and Modified Gutta-percha Cone. *J Endod.* 2018;44(12):1843–8.
 25. Torres FFE, Zordan-Bronzel CL, Guerreiro-Tanomaru JM, Chávez-Andrade GM, Pinto JC, Tanomaru-Filho M. Effect of immersion in distilled water or phosphate-buffered saline on the solubility, volumetric change and presence of voids within new calcium silicate-based root canal sealers. *Int Endod J.* 2020;53(3):385–91.
 26. Mahdi AA, Bolanos-Carmona V, Gonzalez-Lopez S. Bond strength to root dentin and fluid filtration test of AH Plus/gutta-percha, EndoREZ and RealSeal systems. *J Appl Oral Sci.* 2013;21(4):369–75.
 27. Sagsen B, Aslan B. Effect of bonded restorations on the fracture resistance of root filled teeth. *Int Endod J.* 2006;39(11):900–4.
 28. Osiri S, Banomyong D, Sattabanasuk V, Yanpiset K. Root Reinforcement after Obturation with Calcium Silicate–based Sealer and Modified Gutta-percha Cone. *J Endod.* 2018;44(12):1843–8.
 29. Stevens RW, Strother JM, McClanahan SB. Leakage and Sealer Penetration in Smear-free Dentin After a Final Rinse With 95% Ethanol. *J Endod.* 2006;32(8):785–8.
 30. Zhou H, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng Y, Haapasalo M. Physical Properties of 5 Root Canal Sealers. *J Endod.* 2013;39(10):1281–6.
 31. Primus CM. Products and distinctions. In: Camilleri J ed. *Mineral Trioxide Aggregate in Dentistry: From Preparation to Application.* London: Springer Berlin Heidelberg. 2014. 151–6 p.

ARTIGO EM INGLÊS

Title page

Effect of different root dentin drying protocols on the bond strength of bioceramic endodontic cements

AUTHORS:

Karine Santos Frasquetti^a, DDS

Alexandre Kowalczuck^a, DDS, MSC, PhD

Everdan Carneiro ^a, DDS, MSC, PhD

Vânia Portela Ditzel Westphalen^a , DDS, MSC, PhD

Ulisses Xavier da Silva Neto^a, DDS, MSC, PhD

^aDepartment of Endodontics, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, School of life sciences. Curitiba, Brazil.

Abstract

Introduction: The objective of this study was to evaluate the dentin bond strength of two different bioceramic cements using different root canal drying protocols.

Materials and methods: Sixty human mandibular single-root premolars (n=60) were obtained from a local tooth bank. The crowns were sectioned, and canals were prepared and obturated. The roots were randomly divided into four groups, which were then evaluated according to different drying protocols (absorbent paper pieces, P; aspiration cannulas, C) and bioceramic obturator cements (Sealer Plus BC, SP or Bio C Sealer, BIO). For Group C, prior to obturation, the canals were irrigated with 10 mL of saline solution and aspirated according to the protocol. Each third of the roots was cut into 2-mm slices using carborundum discs. The bond strength of the filling materials to the root dentin was evaluated using a push-out test on a universal testing machine. The samples were examined under an optical microscope at $\times 4$ magnification and the failure modes (adhesive, cohesive, or mixed) were assessed. The data were analyzed using the three-way ANOVA test followed by the Games–Howell test ($\alpha=5\%$).

Results: In all groups, there was a statistically significant difference when comparing the root canal thirds of the cement and drying protocols for which the highest bond strength was obtained at the apical level. The SP P group had a higher and statistically different mean bond strength ($p<0.01$) at the cervical and medium levels. Failure mode analysis revealed that, in all groups, the cohesive failure mode in the cement was the predominant mode.

Conclusion: The bond strength of Sealer Plus BC bioceramic cement was affected by the root canal drying protocol wherein the SP group had higher bond strength at the cervical and medium levels. This study found that there was no interference compared with the drying protocols at apical levels. The groups that used Bio-C Sealer cement did not exhibit any difference compared with the root canal thirds in the proposed drying protocols.

Keywords: Bioceramic Cement; Endodontic Cement; Dentin bonding strength; Drying protocol; Push-out test

Introduction

In endodontic therapy, filling is the final step wherein the space of the root canal system (RCS) is filled with inert or antiseptic materials to obtain a three-dimensional seal [1]. The adhesion of filling materials to the dentin wall is very challenging because failure in the three-dimensional sealing, whether apical or lateral, can allow the invasion of microorganisms, resulting in possible treatment failure [2, 3].

There is no ideal endodontic cement, but more biological properties enhance the effectiveness of root canal treatment (RCT). Thus, bioceramic endodontic cements (BEC) have several advantages, such as alkaline pH, antibacterial activity, adequate radiopacity, and biocompatibility, in addition to not undergoing volumetric contraction and being chemically stable in a biological environment [4–7]. Another advantage is their ability to form hydroxyapatite during the hardening process, which directly influences the union between dentin and the filling material [6].

Notably, BECs with self-mixing tips are commercially available in syringes, and can be inserted immediately into the RCS without any need for spatulation. Additionally, BECs have an adequate working time of approximately 4 h [8]. The hardening of such materials is only achieved when the materials are exposed to humid environments. A study showed that the behavior of a cement, considering the portions of paste removed from the upper part of the tubes, is different when compared to those from the middle and the end of the tubes [9]. Therefore, it is suggested that, because BECs are ready-to-use materials, the moisture of the material itself may be impaired, leaving only the dentin moisture for the material to harden. When inserted into a dehydrated medium, the hardening time of EBCs tends to increase, which can lead to the weakening of their bonding properties [5].

Therefore, studies have been carried out maintaining a certain degree of humidity inside the RCS during the filling stage, with the objective of allowing adequate hardening time for the bioceramic cements or the greater bonding of cement to the dentin [10–17]. However, these studies did not provide exact clinical recommendations for how to achieve these results [10]. Although Sealer Plus BC (MK Life, Porto Alegre, RS, Brazil) and BIO C Sealer (Angelus, Londrina, PR, Brazil) have been used in endodontic clinical practice, studies evaluating the bond strength

of such properties have not yet been reported. Therefore, there is a need to assess the bond strength of two bioceramic filling materials according to different RCS drying protocols. The objective of this study was to evaluate the dentin bond strength of two bioceramic cements using two root canal drying protocols. The null hypothesis (H0) of this study is that there is no statistically significant difference between the mean values of the variable bond strength (MPa) according to the cement, drying protocol, and root canal third groups.

Material and Methods

After receiving approval from the local ethics committee (4.210.161.), 60 human mandibular single-root premolars were obtained from a local tooth bank. The inclusion criteria included teeth with straight roots, similar length, and root length of at least 15 mm.

f) Exclusion criteria

Immature teeth or curved roots were excluded from this study. After visual analysis, CBCT scans were performed using Scanora 3D (Soredex, Tuusula, Finland). Teeth with the following criteria were excluded from this study: teeth that had undergone endodontic treatment; teeth with partially obliterated or absent canal space; oval or flattened RCS teeth; RCS with a VL diameter greater than 2.5 mm compared with the MD diameter at the level of 6 mm from the root apex [18]. Therefore, this study only used teeth with circular root canals, for which the difference between the VL and MD diameter was less than or equal to 2.5 mm.

g) Preparation of teeth and obturation

All teeth were removed from 0.5% chloramine T, washed thoroughly with saline solution, and then dried with a cotton gauze pad and compressed air. After cleaning, the crowns were removed using carborundum discs, and the root length was set to 15 mm. The total length of the root canal was defined by inserting a manual #10 K-file (Dentsply–Sirona, Ballaigues, Switzerland) until the apical foramen could be visualized. The total length was recorded, and the working length (WL) was defined as less by 1 mm compared with the entire canal length. The canals were irrigated

with 2 mL of 2.5% sodium hypochlorite and manually emptied with #10 and #15 K-file instruments (Dentsply–Sirona, Ballaigues, Switzerland) in the WL.

All roots were prepared using a single-use reciprocating V File 50 instrument (#50//.05) (TDKaFiles Shenzhen Superline, Guangming, China). The canals were irrigated with 2 mL of 2.5% NaOCl using a syringe and Navitip needle (30 G, Ultradent, South Jordan, USA) calibrated at 1 mm less than CT. Finally, the specimens were irrigated with 3 mL of 17% EDTA, remaining inside the RCS for 3 min. The contents were aspirated with flexible silicone cannulas (SS Plus, Maringá, Brazil) for 10 s in the cervical portion of the sample, and a new irrigation with 5 mL of 2.5% sodium hypochlorite was performed [19, 20]. The teeth were aspirated in the cervical portion and dried with 3 absorbent paper tips with a diameter of 50.05 (TDKaFiles Shenzhen Superline, Guangming, China).

The roots were randomly divided into four groups of 15 specimens (n=15). The groups were evaluated according to the drying protocol (absorbent paper pieces, P; or aspiration cannulas, C), and bioceramic obturator cement (Sealer Plus BC, SP; or Bio C Sealer, BIO). In the SP P and BIO P groups, the samples maintained the drying protocol with three absorbent paper tips. In the SP C and BIO C groups, the samples underwent a final irrigation with 10 mL of saline solution, and the excess amount was aspirated from the cervical portion of the sample with flexible silicone cannulas (SS Plus, Maringá, Brazil) for 5 s. The samples were treated using a single cone obturation technique with a V File #50.05 gutta-percha cone (TDKaFiles Shenzhen Superline, Guangming, China), where Sealer Plus BC cement (MK Life, Porto Alegre TS, Brazil) was used for the SP groups and BIO-C Sealer (Angelus, Londrina, Brazil) was used for the BIO groups. The samples were stored at 37 °C and immersed in distilled water for seven days to allow the complete hardening of the cement.

h) Preparation of push-out test specimens

Each third of the root (coronal, middle, and apical) was sectioned perpendicular to its long axis in a 2-mm thick slice, using a precision cutter with a diamond disk (Isomet 1000, Buehler, Lake Bluff, IL). Before obtaining the specimens, the first section with a thickness of approximately 2 mm in the most

cervical portion of the root, and the last most apical portion of the root with a thickness of 2 mm, were discarded.

Therefore, three slices were obtained from each sample, with a total of 45 sections per group. Each slice was marked on its apical side using a permanent pen. The slice obtained from each third of the root canal was subjected to a push-out test using a universal testing machine (EMIC DL200MF, São José dos Pinhás, PR, Brazil) at the speed of 0.5 mm/min until failure and a stainless steel tip with a diameter of 0.40, 0.50, and 0.70 mm for the apical, middle, and coronal thirds, respectively [21]. The apical surface displaying the ink dot (of the permanent pen) was placed in contact with the tip of the cylinder, ensuring that loading forces were introduced from the apical to the coronal direction, which avoids any limitation to material movement. This method ensures the accurate and reproducible alignment of the samples, keeps the axis centered, and avoids contact with the dentin when the material is pushed and dislodged from the canal wall.

The bond strength (MPa) for each specimen was calculated by dividing the load (N) by the interface area. The interface area was calculated as follows: $A = \pi (R + r) \sqrt{h^2 + (R - r)^2}$, where π is kept constant at 3.14, h is the slice thickness, R is the largest radius of the obturator material, and r is the smaller radius of the obturator material, obtained in the coronal and apical diameters of each slice, respectively.

a) Analysis of failure modes

After the push-out test was completed, the samples were examined under an optical microscope (Olympus, Tokyo, Japan) at $\times 40$ magnification, and their failure modes (adhesive, cohesive, or mixed) were assessed. The failure was considered as follows:

- Adhesive: if the cement was completely separated from the dentin (dentin surface without material).
- Cohesive: the failure occurred inside the cement (the cement completely bonded to the dentin surface).
- Mixed: a combination of adhesive and cohesive failure occurred (the cement partially bonded to the dentin surface).

b) Statistical analysis

To assess whether there is a statistically significant difference in the bond strength according to the cement, drying protocol, and root canal third (three factors), the normality of the data was initially tested with $n < 30$. Thus, a comparison was made using the parametric ANOVA test with three factors, and a full factorial model was used to allow the assessment of differences between the mean values of the three factors and the interaction between them, because Levene's homogeneity of variance test indicated heterogeneous variances. The Games Howell 2-parametric multiple comparisons test for heterogeneous variances ($p < 0.05$) was performed to detect statistical differences between the variables and compare the groups.

Results

The differences between the mean values of the variable bond strength (MPa) according to the cement, drying protocol, and third of the root canal were evaluated as presented in Table 1.

Table 1. Descriptive statistics of bond strength (MPa) according to cement, drying protocol, and root canal third.

Cement x Drying protocol	Cervical		Middle		Apical	
	Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation
SP P	8.2518 aA	4,4918	29.1123 bA	10.3506	37.8540 cA	17.7125
SP C	2.8984 aB	1,6839	8.5241 bB	4.2721	33.6960 cA	11.3123
Bio P	5.4053 aAB	2,8125	17.9738 bAC	5.7908	26.1158 cA	13.7483
Bio C	6.3300 aAB	3,5351	12.1688 bBC	3.9656	25.7325 cA	8.5498

Note: The lowercase letters on the line indicate the comparison between the thirds in each combination of cement and drying protocol. The capital letters in the column indicate the comparison within each third between the cement and the drying protocol. Games–Howell 2-parametric multiple comparisons test for heterogeneous variances ($p < 0.05$).

Abbreviations: SP: Sealer Plus BC; BIO: Bio C Sealer; P: drying with absorbent paper tips; C: Irrigation with 10 ml of saline and aspiration with flexible silicone cannulas.

As presented in Table 1, the mean values of bond strength (MPa) exhibit a statistically significant difference in relation to the cement $\times$ drying protocol $\times$ root canal third. For each cement and drying protocol combination, there is a statistically significant difference between the thirds, in the sense that the highest bond strength

existed at the apical level, followed by the middle and cervical thirds ($p<0.05$). The comparison within each third between the cement and the drying protocol revealed a statistical difference between the SP P and SP C groups. The highest bond strength was found in the SP P group at the cervical and medium levels. At the apical level, there was no statistically significant difference between the drying protocols, regardless of the cement used.

The groups composed of Bio-C Sealer cement did not exhibit statistically significant differences compared with the thirds in the proposed drying protocols.

Graph 1 shows the confidence intervals (95%) for the mean values of the variable bond strength (MPa) according to the cement $\times$ drying protocol $\times$ root canal third.

Graph 1. Confidence Interval (95%) of average bond Strength (MPa) according to third $\times$ cement $\times$ drying protocol.

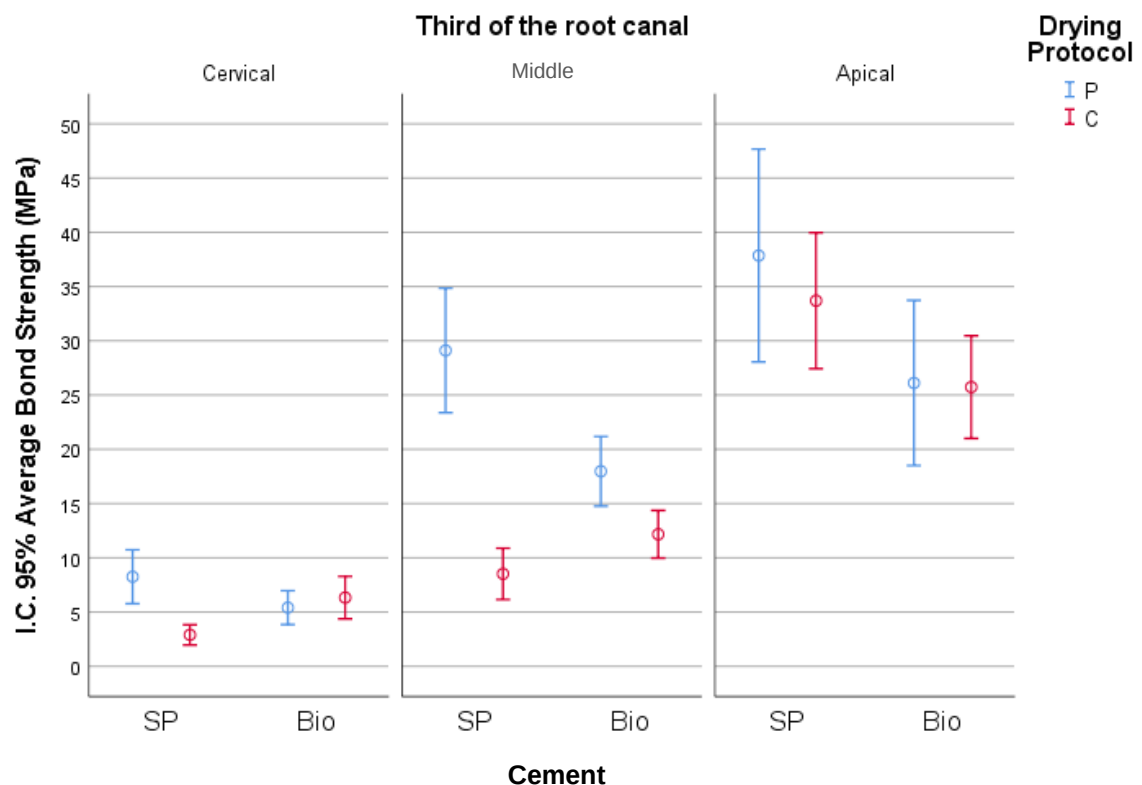


Table 2 presents the evaluation of the differences between the failure mode according to the cement, drying protocol, and third of the root canal.

Table 2. Failure mode statistics for cement, drying protocol, and third of root canal groups.

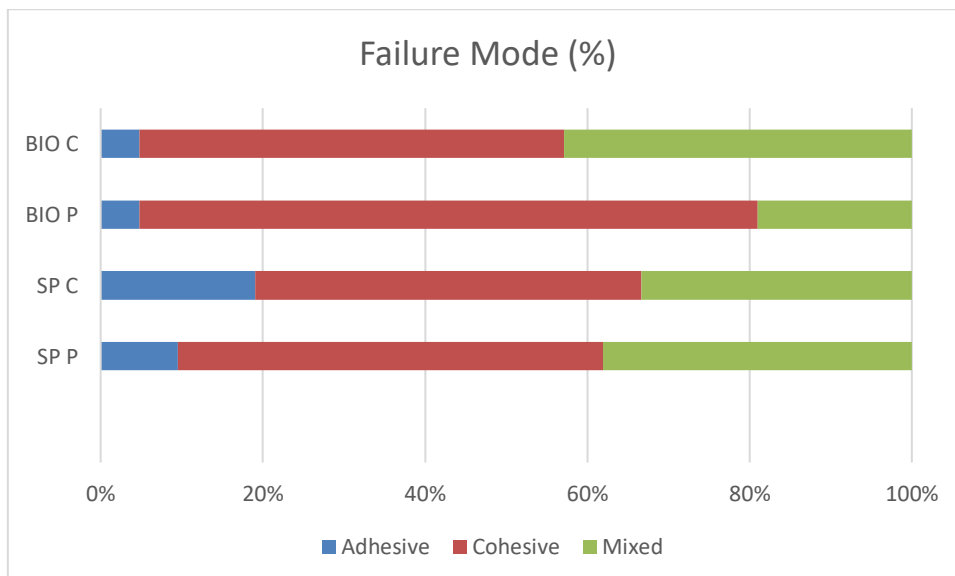
	Value	gl	p value
Pearson chi-square	20.817 ^a	22	.532
Likelihood ratios	25.325	22	.282
Linear-by-linear association	.031	1	.860
Valid N	.84		

a. 36 cells (100.0%) expected a count lower than 5; the minimum expected count is .75.

As presented in Table 2, there was no statistically significant difference in relation to the failure mode, according to the cement × drying protocol × third of root canal ($p > 0.05$).

The analysis of the failure mode is shown in Graph 2. The cohesive failure mode was the predominant failure, followed by the mixed failure mode and adhesive mode in all groups.

Graph 2 – Failure mode of evaluated groups.



Discussion

The low bond strength of the cement to the dentin surface of RCS can affect the clinical behavior of the tooth, because the material must be able to resist rupture by mechanical microretention, or friction must exist during the dental function or during the root canal preparation for dental rehabilitation [13]. Currently, few studies have evaluated the physicochemical properties of the bioceramic cement, Sealer Plus BC, and Bio-C Sealer [22–25]. However, our study was motivated by the current lack of studies investigating the bond strength in different drying protocols between Sealer Plus BC and Bio-C Sealer bioceramic cements.

The bioceramic cements used in this study had different compositions. Bio-C Sealer is a composite material based on calcium silicate, calcium aluminate, calcium oxide, zirconium oxide, iron oxide, and silicate dioxide; the dispersing agent has not been described. Bio-C Sealer has a working time of approximately 60 min and a setting time of 120 min after insertion into the RCS. The Sealer Plus BC cement is composed of calcium disilicate, calcium trisilicate, zirconia, calcium hydroxide, and polyethylene glycol as a dispersing agent, and is different to other bioceramic cements. It has a working time of more than 4 hours, as well as its setting time.

These differences can interfere with the physicochemical properties, biocompatibility, and bioactive potential of such materials [22]. This can explain the result of this study, that is, the fact that the SP P group at the cervical and medium levels had an average bond strength (MPa) that is greater and statistically different compared with that of the other groups, which did not differ from each other.

Regardless of the limitation of the bond strength test not predicting the clinical behavior of materials, this type of test was selected because it is one of the best methods available for measuring the bond strength [14]. Because this study was conducted *in vitro*, the samples may behave differently to those in an *in vivo* study, since teeth are located in the alveolus, with periodontal ligament and with the

temperature of the oral cavity - factors that can influence the properties of an endodontic cement.

The bonding strength of bioceramic cements may be influenced by the moist conditions of the RCS before filling. According to the manufacturers, the hardening process of Sealer Plus BC and Bio-C Sealer cement depends on the presence of moisture in the dentinal tubules. In other words, the amount of moisture required for the reaction of the respective bioceramic cements must be supplied by the dentinal tubules, and it is not necessary to add moisture to the canal before filling. However, the question is whether drying the dentin with absorbent paper cones can reduce the water in the dentinal tubules, and therefore impair the hardening reaction of these materials and consequently affect their properties.

Previous studies have used other solutions, such as isopropyl alcohol and distilled water [10,12], to increase the moisture in the root canals during the filling stage. However, it is not known whether this may interfere with other cement properties. Therefore, this study carried out irrigation with a saline solution to obtain a saline, isotonic, and sterile solution. Moreover, the use of flexible silicone cannulas was adopted such that the RCS were not wet but rather moist to assess the bond strength of the bioceramic cements.

The findings of this study show that the SP P group had higher bond strength values at the cervical and medium levels compared with the SP C group, and the groups that used the Bio-C Sealer did not exhibit statistically significant differences between the BIO P and BIO C groups. This result is attributed to the drying of the dentin with absorbent paper, which had the effect of maintaining a sufficient degree of moisture from the dentinal tubules to maintain the hardening properties of the materials. This phenomenon has been confirmed by other studies [10, 11], which obtained similar results with the bioceramic cements of other commercial brands.

The comparison between the thirds in each combination of cement and drying protocol revealed that the bond strength at the apical level was greater than that at the medium and cervical levels, as in previous studies [10, 24, 26–28]. This can be explained by the fact that the diameter of the main cone corresponds to the

apical level, which can generate a high hydraulic force that can improve the adaptation to the root canal of the endodontic cement. A well-fitted cone creates a thin layer of cement that can increase the bond strength at the apical level [28]. Another explanation may be the fact that bioceramics contain nanoparticles that expand after the hardening reaction [29, 30] and have hydrophilic properties [6]. Bioceramic cements have a smaller particle size (0.2 μm on average), which can improve the distribution of these particles in the dentinal tubules [31], and particularly in the smaller tubules located in the apical third. All of these factors can explain the higher bond strength against the push-out force in the apical region of all groups.

Regarding the failure mode, there was no statistically significant difference between the cement, drying protocol, and third of the root canal groups, and all groups exhibited a low frequency of adhesive failure, which confirms the satisfactory union of the cements to the dentinal walls. Notably, these cements achieved performance similar to that of the reference cements [15, 16].

Conclusion

The bond strength of Sealer Plus BC bioceramic cement at the cervical and medium thirds of the RCS was affected by the root canal drying protocol. Additionally, SP P was found to have higher bond strength. At the apical level, there was no interference from the drying protocol regardless of the cement used. Finally, the groups that used Bio-C Sealer cement did not exhibit statistical difference compared with the root canal thirds using different drying protocols.

References

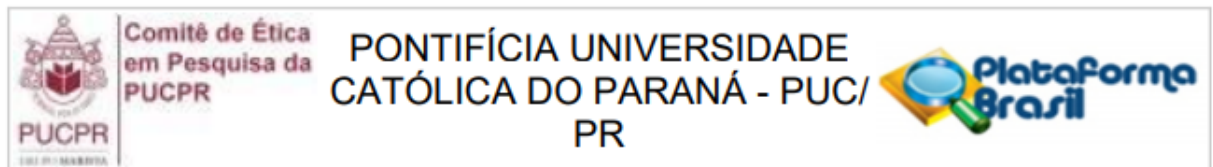
1. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: Systematic review of the literature - Part 2. Influence of clinical factors. *Int Endod J*. 2008;41(1):6–31.
2. Sjögren U, Hägglund B, Sundqvist G, Wing K. Factors affecting the long-term results of endodontic treatment. *J Endod*. 1990;16(10):498–504.
3. Nair PN. On the Causes of Persistent Apical Periodontitis-a Review. *Int Endod J*. 2006;39(4):249–81.
4. Koch KA, Brave DG. Bioceramics, part I: the clinician's viewpoint. *Dent Today*. 2012;31(1):130–5.
5. Loushine BA, Bryan TE, Looney SW, Gillen BM, Loushine RJ, Weller RN, et al. Setting properties and cytotoxicity evaluation of a premixed bioceramic root canal sealer. *J Endod*. 2011;37(5):673–7.
6. Zhang H, Shen Y, Ruse ND, Haapasalo M. Antibacterial Activity of Endodontic Sealers by Modified Direct Contact Test Against *Enterococcus faecalis*. *J Endod*. 2009;35(7):1051–5.
7. Carvalho CN, Grazziotin-Soares R, de Miranda Candeiro GT, Gallego Martinez L, de Souza JP, Santos Oliveira P, et al. Micro Push-out Bond Strength and Bioactivity Analysis of a Bioceramic Root Canal Sealer. *Iran Endod J*. 2017;12(3):343–8.
8. Hess D, Solomon E, Spears R, He J. Retreatability of a bioceramic root canal sealing material. *J Endod*. 2011;37(11):1547–9.
9. Baldi J V., Bernardes RA, Duarte MAH, Ordinola-Zapata R, Cavenago BC, Moraes JCS, et al. Variability of physicochemical properties of an epoxy resin sealer taken from different parts of the same tube. *Int Endod J*. 2012;45(10):915–20.
10. Nagas E, Uyanik MO, Eymirli A, Cehreli ZC, Vallittu PK, Lassila LVJ, et al. Dentin Moisture Conditions Affect the Adhesion of Root Canal Sealers. *J Endod*. 2012;38(2):240–4.
11. Razmi H, Bolhari B, Karamzadeh Dashti N, Fazlyab M. The Effect of Canal Dryness on Bond Strength of Bioceramic and Epoxy-resin Sealers after Irrigation with Sodium Hypochlorite or Chlorhexidine. *Iran Endod J*.

- 2016;11(2):129–33.
12. Singh G, Nigam AS, Jangra B, Chourasia HR, Khurana N, Mansoori K. Effect of Drying Protocols on the Bond Strength of Bioceramic, MTA and Resin-based Sealer Obturated Teeth. *Int J Clin Pediatr Dent*. 2019;12(1):33–6.
 13. Huffman BP, Mai S, Pinna L, Weller RN, Primus CM, Gutmann JL, et al. Dislocation resistance of ProRoot Endo Sealer, a calcium silicate-based root canal sealer, from radicular dentine. *Int Endod J*. 2009;42(1):34–46.
 14. Pane ES, Palamara JEA, Messer HH. Critical Evaluation of the Push-out Test for Root Canal Filling Materials. *J Endod*. 2013;39(5):669–73.
 15. Carvalho CN, Grazziotin-Soares R, De Miranda Candeiro GT, Martinez LG, De Souza JP, Oliveira PS, et al. Micro push-out bond strength and bioactivity analysis of a bioceramic root canal sealer. *Iran Endod J*. 2017;12(3):343–8.
 16. Shokouhinejad N, Gorjestani H, Nasseh AA, Hoseini A, Mohammadi M, Shamshiri AR. Push-out bond strength of gutta-percha with a new bioceramic sealer in the presence or absence of smear layer. *Aust Endod J*. 2013;39(3):102–6.
 17. Ozlek E, Gündüz H, Akkol E, Neelakantan P. Dentin moisture conditions strongly influence its interactions with bioactive root canal sealers. *Restor Dent Endod*. 2020;45(2):1–9.
 18. Wu MK, R'oris A, Barkis D, Wesselink PR. Prevalence and extent of long oval canals in the apical third. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2000;89(6):739–43.
 19. Ma R, Liu Z, Zhu C lian. A comparative study of root smear layer removal using different pH EDTA salts. *Shanghai Kou Qiang Yi Xue*. 2003;12(3):197–9.
 20. Machado Silveira L, Silveira C, Martos J, Suita de Castro L. Evaluation of the different irrigation regimens with sodium hypochlorite and EDTA in removing the smear layer during root canal preparation. *J Microsc Ultrastruct*. 2013;1(1):51.
 21. Machado R, Da Silva Neto UX, Carneiro E, Fariniuk LF, Westphalen VPD, Cunha RS. Lack of correlation between tubular dentine cement penetration, adhesiveness and leakage in roots filled with gutta percha and an endodontic

- cement based on epoxy amine resin. *J Appl Oral Sci.* 2014;22(1):22–8.
22. Alves Silva EC, Tanomaru-Filho M, da Silva GF, Delfino MM, Cerri PS, Guerreiro-Tanomaru JM. Biocompatibility and Bioactive Potential of New Calcium Silicate–based Endodontic Sealers: Bio-C Sealer and Sealer Plus BC. *J Endod.* 2020;46(10):1470–7.
 23. Mendes AT, Silva PB da, Só BB, Hashizume LN, Vivan RR, Rosa RA da, et al. Evaluation of Physicochemical Properties of New Calcium Silicate-Based Sealer. *Braz Dent J.* 2018;29(6):536–40.
 24. Osiri S, Banomyong D, Sattabanasuk V, Yanpiset K. Root Reinforcement after Obturation with Calcium Silicate–based Sealer and Modified Gutta-percha Cone. *J Endod.* 2018;44(12):1843–8.
 25. Torres FFE, Zordan-Bronzel CL, Guerreiro-Tanomaru JM, Chávez-Andrade GM, Pinto JC, Tanomaru-Filho M. Effect of immersion in distilled water or phosphate-buffered saline on the solubility, volumetric change and presence of voids within new calcium silicate-based root canal sealers. *Int Endod J.* 2020;53(3):385–91.
 26. Mahdi AA, Bolanos-Carmona V, Gonzalez-Lopez S. Bond strength to root dentin and fluid filtration test of AH Plus/gutta-percha, EndoREZ and RealSeal systems. *J Appl Oral Sci.* 2013;21(4):369–75.
 27. Sagsen B, Aslan B. Effect of bonded restorations on the fracture resistance of root filled teeth. *Int Endod J.* 2006;39(11):900–4.
 28. Osiri S, Banomyong D, Sattabanasuk V, Yanpiset K. Root Reinforcement after Obturation with Calcium Silicate–based Sealer and Modified Gutta-percha Cone. *J Endod.* 2018;44(12):1843–8.
 29. Stevens RW, Strother JM, McClanahan SB. Leakage and Sealer Penetration in Smear-free Dentin After a Final Rinse With 95% Ethanol. *J Endod.* 2006;32(8):785–8.
 30. Zhou H, Shen Y, Zheng W, Li L, Zheng Y, Haapasalo M. Physical Properties of 5 Root Canal Sealers. *J Endod.* 2013;39(10):1281–6.
 31. Primus CM. Products and distinctions. In: Camilleri J ed. *Mineral Trioxide Aggregate in Dentistry: From Preparation to Application.* London: Springer Berlin Heidelberg. 2014. 151–6 p.

ANEXOS

Parecer de comitê de ética



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: INFLUÊNCIA DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE SECAGEM NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE CIMENTOS ENDODÔNTICOS BIOCÊRAMICOS PRONTOS PARA USO À DENTINA RADICULAR

Pesquisador: KARINE SANTOS FRASQUETTI

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 35791920.2.0000.0020

Instituição Proponente: PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATOLICA DO PARANA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.210.161

Análise estatística

Testou-se inicialmente o pressuposto de normalidade dos dados para cada um dos 12 tratamentos envolvidos na pesquisa, originando os dados da tabela 1.

Tabela 1- Teste de Normalidade de Shapiro-Wilk para a variável Resistência de união (MPa) segundo Grupo x Terço

Cimento x Protocolo de secagem x Terço		Shapiro-Wilk		
		Estatística	df	Valor p
Resistência de união (MPa)	SP P Cervical	0,903	15	0,105
	SP P Médio	0,953	15	0,581
	SP P Apical	0,963	15	0,750
	SP C Cervical	0,738	15	0,001
	SP C Médio	0,933	15	0,301
	SP C Apical	0,941	15	0,392
	BIO P Cervical	0,899	15	0,092
	BIO P Médio	0,923	15	0,216
	BIO P Apical	0,940	15	0,381
	BIO C Cervical	0,920	15	0,190
	BIO C Médio	0,905	15	0,115
	BIO C Apical	0,950	15	0,517

*. Este é um limite inferior da significância verdadeira.

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Observou-se da tabela 1 que apenas o grupo SP C Cervical não apresentou distribuição normal, porém a diferença entre a média (2,8984) e a mediana (2,5580) foi de 13,31%, indicando distribuição simétrica, sendo portanto recomendado a utilização do teste paramétrico ANOVA a três fatores modelo fatorial completo, uma vez que a hipótese de que os dados se ajustaram ao modelo da distribuição normal foi aceito porque os valores observados da estatística de Shapiro-Wilk foi estatisticamente não significativa, uma vez que obteve-se $p > 0,05$.

Quando a ANOVA indicou existir diferença entre os valores médios da variável analisada para Cimento, Protocolo de Secagem, Terço, ou na interação 2 a 2 ou 3 a 3 utilizou-se para identificar quais tratamentos diferiam entre si o teste de comparações múltiplas paramétricas 2 a 2 de Games-Howell para variâncias heterogêneas, uma vez que o teste de homogeneidade de variâncias de Levene indicou variâncias heterogêneas entre Cimento, Protocolo de Secagem, Terço e na interação Grupo x Terço. O nível de significância adotado em todos os testes foi de 0,05.

No sentido de avaliar diferenças entre os valores médios da variável Resistência de união (MPa), segundo Cimento e Protocolo de Secagem, independente de Terço, originou os dados da tabela 2.

A tabela 2 apresenta as estatísticas descritivas da variável Resistência de união (MPa) segundo Grupo, independente de Terço.

Tabela 2 - Estatísticas descritivas da variável Resistência de união (MPa) segundo Cimento e Protocolo de secagem, independente de Terço

Cimento e Protocolo de secagem	n	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Intervalo de Confiança (95%)	
					LI	LS
SP P	45	25,0727(a)	17,2640	2,5736	19,8861	30,2594
SP C	45	15,0396(b)	15,1924	2,2648	10,4752	19,6039
BIO P	45	16,4983(b)	12,1472	1,8108	12,8489	20,1477
BIO C	45	14,7438(b)	9,9899	1,4892	11,7425	17,7451

Nota: Letras diferentes indica diferença estatisticamente significativa entre os valores médios de Resistência de união (MPa) segundo Cimento e protocolo de secagem. Teste de Games-Howell ($p < 0,05$).

A aplicação de ANOVA a três fatores modelo fatorial completo apresentou o valor de F igual a 13,97 para Grupo, que foi estatisticamente significativa, uma vez que $p < 0,01$, e o poder do teste foi de 99,99%, indicando existir diferença entre os valores médios de Resistência de união (MPa) segundo Cimento e protocolo de secagem independente de Terço.

Observa-se na tabela 2 que o Grupo SP P apresentou valor médio de Resistência de união (MPa) maior e estatisticamente diferente dos demais grupos, que não diferiram entre si.

No sentido de avaliar diferenças entre os valores médios da variável Resistência de união (MPa) segundo Terço, independente de Cimento e protocolo de secagem, originou os dados da tabela 3.

Tabela 3 - Estatísticas descritivas da variável Resistência de união (MPa) segundo Terço, independente de Cimento e protocolo de secagem.

Terço	n	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Intervalo de Confiança (95%)	
					LI	LS
Cervical	60	5,7214(a)	3,7518	0,4844	4,7522	6,6906
Médio	60	16,9448(b)	10,1576	1,3113	14,3208	19,5688
Apical	60	30,8496(c)	13,9246	1,7977	27,2525	34,4467

Nota: Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa entre os valores médios de Resistência de união (MPa) segundo Terço. Teste de Games-Howell ($p < 0,05$).

Com relação aos valores médios de Resistência de união (MPa) segundo Terço, o valor de F foi igual a 123,76, que foi estatisticamente significativa, pois $p < 0,01$, e o poder do teste foi de 99,99%, indicando existir diferença entre os valores médios de Resistência de união (MPa) segundo Terço, independente de cimento e protocolo de secagem. Os valores da variável Resistência de união (MPa) foram menores para o Cervical, seguido do terço Médio e do terço Apical.

No sentido de avaliar diferenças entre os valores médios da variável Resistência de união (MPa) segundo Cimento, Protocolo de secagem e Terço, originou os dados da tabela 4.

Tabela 4 - Estatísticas descritivas da variável Resistência de união (MPa) segundo Cimento, Protocolo de Secagem e Terço

Cimento x Protocolo de Secagem x Terço	n	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	Intervalo de Confiança (95%)	
					LI	LS
SP P / Cervical	15	8,2518(ae)	4,4918	1,1598	5,7644	10,7393
SP P / Médio	15	29,1124(b)	10,3506	2,6725	23,3804	34,8443
SP P / Apical	15	37,8540(b)	17,7125	4,5733	28,0452	47,6629
SP C / Cervical	15	2,8984(d)	1,6839	0,4348	1,9659	3,8309
SP C / Médio	15	8,5242(ae)	4,2721	1,1031	6,1584	10,8900
SP C / Apical	15	33,6961(b)	11,3123	2,9208	27,4315	39,9606
BIO P / Cervical	15	5,4054(e)	2,8125	0,7262	3,8479	6,9629
BIO P / Médio	15	17,9738(c)	5,7908	1,4952	14,7670	21,1807
BIO P / Apical	15	26,1158(bc)	13,7483	3,5498	18,5023	33,7294
BIO C / Cervical	15	6,3300(e)	3,5351	0,9128	4,3724	8,2877
BIO C / Médio	15	12,1688(a)	3,9656	1,0239	9,9727	14,3649

Nota: Letras diferentes indicam diferença estatisticamente significativa entre os valores médios de Resistência de união (MPa) segundo Cimento x Protocolo de secagem x Terço. Teste de Games-Howell ($p < 0,05$).

Com relação à interação entre Grupo e Terço, o valor de F foi igual a 4,84, que foi estatisticamente significativa, pois $p < 0,01$, e o poder do teste foi de 98,99% indicando existir interação entre Cimento, Protocolo de Secagem e Terço.

Com relação à diferença nos valores médios de Resistência de união (MPa) entre Grupo e Terço, o valor de F foi igual a 28,95, que foi estatisticamente significativa, pois $p < 0,01$, e o poder do teste foi de 99,99% indicando existir diferença entre pelo menos dois tratamentos envolvendo Cimento, Protocolo de Secagem e Terço.

Os gráficos 1 ao 3 a seguir apresenta os intervalos de confiança (95%) para os valores médios da variável Resistência de união (MPa) segundo as três variáveis.

Gráfico 1 – Intervalo de Confiança (95%) da Média de Resistência de união (MPa) segundo

Cimento x Protocolo de Secagem X Terço

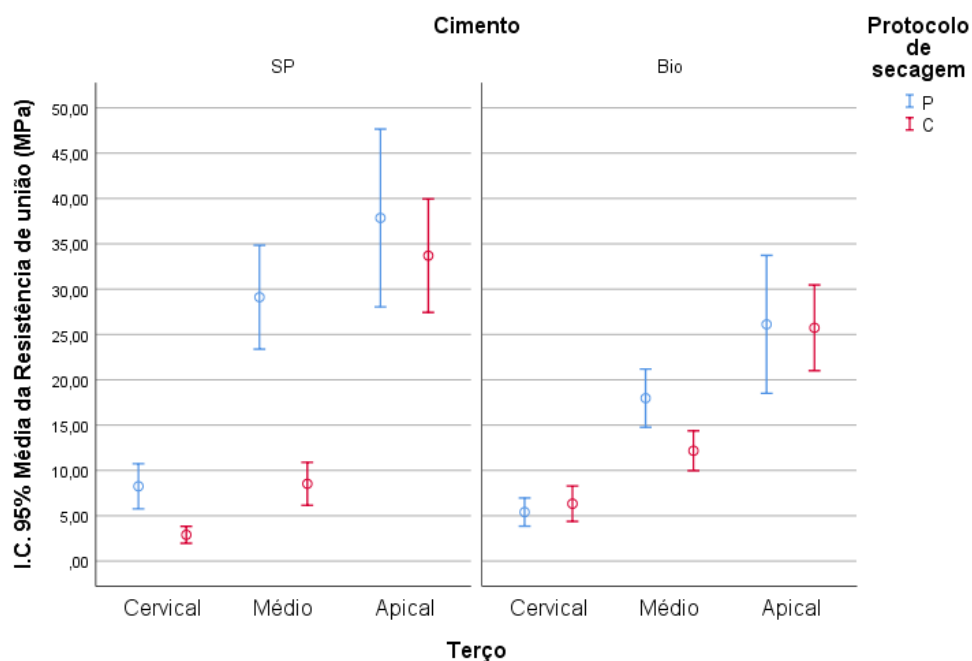


Gráfico 2 – Intervalo de Confiança (95%) da Média de Resistência de união (MPa) segundo

Protocolo de Secagem x Cimento x terço

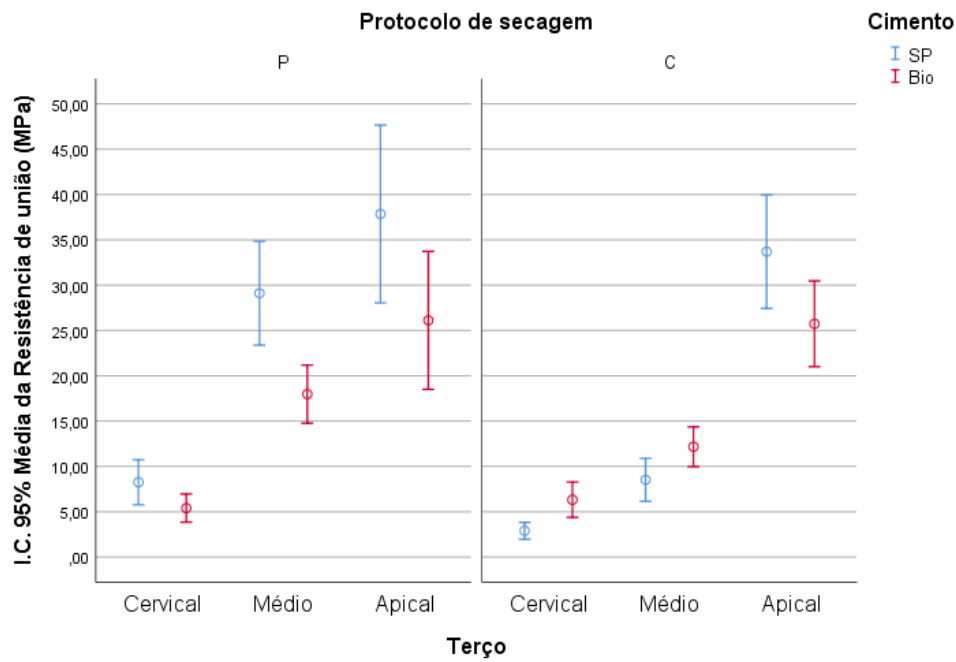
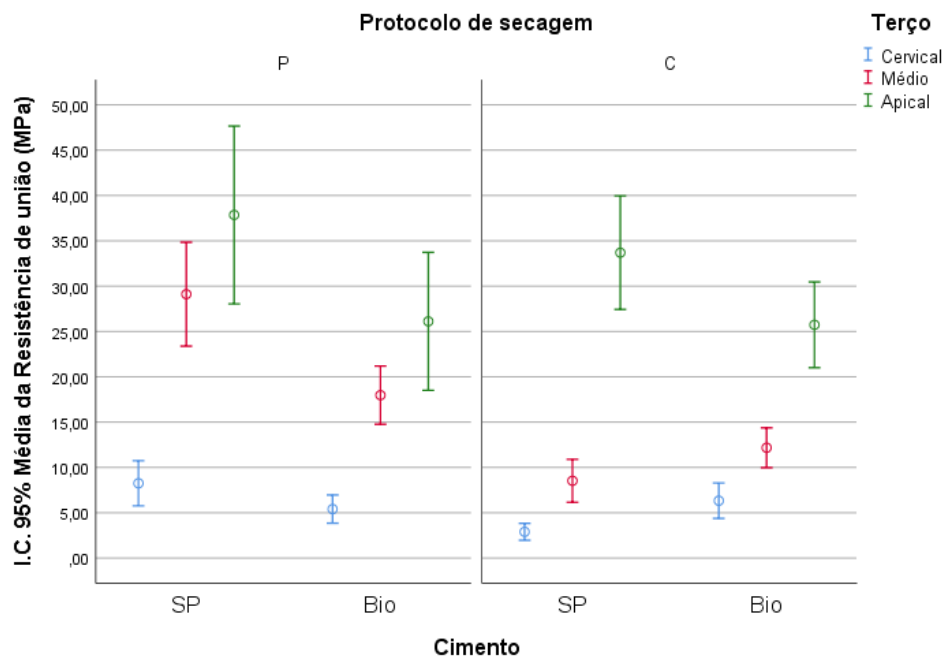


Gráfico 3 – Intervalo de Confiança (95%) da Média de Resistência de união (MPa) segundo

Protocolo de Secagem x Terço x Cimento



Normas para publicação – Journal of Endodontics

Author Guidelines

General Points on Composition

1. Authors are strongly encouraged to analyze their final draft with both software (e.g., spelling and grammar programs) and colleagues who have expertise in English grammar. References listed at the end of this section provide a more extensive review of rules of English grammar and guidelines for writing a scientific article. Always remember that clarity is the most important feature of scientific writing. Scientific articles must be clear and precise in their content and concise in their delivery since their purpose is to inform the reader. The Editor reserves the right to edit all manuscripts or to reject those manuscripts that lack clarity or precision, or have unacceptable grammar or syntax. The following list represents common errors in manuscripts submitted to the *JOE*:
2. The paragraph is the ideal unit of organization. Paragraphs typically start with an introductory sentence that is followed by sentences that describe additional detail or examples. The last sentence of the paragraph provides conclusions and forms a transition to the next paragraph. Common problems include one-sentence paragraphs, sentences that do not develop the theme of the paragraph (see also section “c” below), or sentences with little to no transition within a paragraph.
3. Keep to the point. The subject of the sentence should support the subject of the paragraph. For example, the introduction of authors’ names in a sentence changes the subject and lengthens the text. In a paragraph on sodium hypochlorite, the sentence, “In 1983, Langeland et al., reported that sodium hypochlorite acts as a lubricating factor during instrumentation and helps to flush debris from the root canals” can be edited to: “Sodium hypochlorite acts as a lubricant during instrumentation and as a vehicle for flushing the generated debris (Langeland et al., 1983).” In this example, the

paragraph's subject is sodium hypochlorite and sentences should focus on this subject.

4. Sentences are stronger when written in the active voice, *i.e.*, the subject performs the action. Passive sentences are identified by the use of passive verbs such as “was,” “were,” “could,” etc. For example: “Dexamethasone was found in this study to be a factor that was associated with reduced inflammation,” can be edited to: “Our results demonstrated that dexamethasone reduced inflammation.” Sentences written in a direct and active voice are generally more powerful and shorter than sentences written in the passive voice.
5. Reduce verbiage. Short sentences are easier to understand. The inclusion of unnecessary words is often associated with the use of a passive voice, a lack of focus or run-on sentences. This is not to imply that all sentences need be short or even the same length. Indeed, variation in sentence structure and length often helps to maintain reader interest. However, make all words count. A more formal way of stating this point is that the use of subordinate clauses adds variety and information when constructing a paragraph. (This section was written deliberately with sentences of varying length to illustrate this point.)
6. Use parallel construction to express related ideas. For example, the sentence, “Formerly, endodontics was taught by hand instrumentation, while now rotary instrumentation is the common method,” can be edited to “Formerly, endodontics was taught using hand instrumentation; now it is commonly taught using rotary instrumentation.” The use of parallel construction in sentences simply means that similar ideas are expressed in similar ways, and this helps the reader recognize that the ideas are related.
7. Keep modifying phrases close to the word that they modify. This is a common problem in complex sentences that may confuse the reader. For example, the statement, “Accordingly, when conclusions are drawn from the results of this study, caution must be used,” can be edited to “Caution must be used when conclusions are drawn from the results of this study.”

8. To summarize these points, effective sentences are clear and precise, and often are short, simple and focused on one key point that supports the paragraph's theme.
9. Authors should be aware that the *JOE* uses iThenticate, plagiarism detection software, to assure originality and integrity of material published in the *Journal*. The use of copied sentences, even when present within quotation marks, is highly discouraged. Instead, the information of the original research should be expressed by new manuscript author's own words, and a proper citation given at the end of the sentence. Plagiarism will not be tolerated and manuscripts will be rejected, or papers withdrawn after publication based on unethical actions by the authors. In addition, authors may be sanctioned for future publication.

Organization of Original Research Manuscripts

Please Note: *All abstracts should be organized into sections that start with a one-word title (in bold), i.e., Introduction, Methods, Results, Conclusions, etc., and should not exceed more than 250 words in length.*

1. **Title Page:** The title should describe the major emphasis of the paper. It should be as short as possible without loss of clarity. Remember that the title is your advertising billboard—it represents your major opportunity to solicit readers to spend the time to read your paper. It is best not to use abbreviations in the title since this may lead to imprecise coding by electronic citation programs such as PubMed (e.g., use “sodium hypochlorite” rather than NaOCl). The author list must conform to published standards on authorship (see authorship criteria in the Uniform Requirements for Manuscripts Submitted to Biomedical Journals at icmje.org). The manuscript title, name and address (including email) of one author designated as the corresponding author. This author will be responsible for editing proofs and order reprints when applicable. The contribution of each author should also be highlighted in the cover letter.

2. **Abstract:** The abstract should concisely describe the purpose of the study, the hypothesis, methods, major findings, and conclusions. The abstract should describe the new contributions made by this study. The word limitations (250 words) and the wide distribution of the abstract (e.g., PubMed) make this section challenging to write clearly. This section often is written last by many authors since they can draw on the rest of the manuscript. Write the abstract in past tense since the study has been completed. Three to ten keywords should be listed below the abstract.
3. **Introduction:** The introduction should briefly review the pertinent literature in order to identify the gap in knowledge that the study is intended to address and the limitations of previous studies in the area. The purpose of the study, the tested hypothesis and its scope should be clearly described. Authors should realize that this section of the paper is their primary opportunity to establish communication with the diverse readership of the *JOE*. Readers who are not expert in the topic of the manuscript are likely to skip the paper if the introduction fails to succinctly summarize the gap in knowledge that the study addresses. It is important to note that many successful manuscripts require no more than a few paragraphs to accomplish these goals. Therefore, authors should refrain from performing the extensive review of the literature, and discuss the results of the study in this section.
4. **Materials and Methods:** The objective of the materials and methods section is to permit other investigators to repeat your experiments. The four components of this section are the detailed description of the materials used and their components, the experimental design, the procedures employed, and the statistical tests used to analyze the results. The vast majority of manuscripts should cite prior studies using similar methods and succinctly describe the essential aspects used in the present study. Thus, the reader should still be able to understand the method used in the experimental approach and concentration of the main reagents (e.g., antibodies, drugs, etc.) even when citing a previously published method. The inclusion of a “methods figure” will be rejected unless the procedure is novel and requires an illustration for comprehension. If the method is novel, then the authors

should carefully describe the method and include validation experiments. If the study utilized a **commercial product**, the manuscript must state that they either followed manufacturer's protocol or specify any changes made to the protocol. If the study used an *in vitro* model to simulate a clinical outcome, the authors must describe experiments made to validate the **model**, or previous literature that proved the clinical relevance of the model. Studies on **humans** must conform to the Helsinki Declaration of 1975 and state that the institutional IRB/equivalent committee(s) approved the protocol and that informed consent was obtained after the risks and benefits of participation were described to the subjects or patients recruited. Studies involving **animals** must state that the institutional animal care and use committee approved the protocol. The statistical analysis section should describe which tests were used to analyze which dependent measures; p-values should be specified. Additional details may include randomization scheme, stratification (if any), power analysis as a basis for sample size computation, drop-outs from clinical trials, the effects of important confounding variables, and bivariate versus multivariate analysis.

5. **Results:** Only experimental results are appropriate in this section (*i.e.*, neither methods, discussion, nor conclusions should be in this section). Include only those data that are critical for the study, as defined by the aim(s). Do not include all available data without justification; any repetitive findings will be rejected from publication. All Figures, Charts, and Tables should be described in their order of numbering with a brief description of the major findings. The author may consider the use of supplemental figures, tables or video clips that will be published online. Supplemental material is often used to provide additional information or control experiments that support the results section (*e.g.*, microarray data).
6. **Figures:** There are two general types of figures. The first type of figures includes photographs, radiographs or micrographs. Include only essential figures, and even if essential, the use of composite figures containing several panels of photographs is encouraged. For example, most photos, radio- or micrographs take up one column-width, or about 185 mm wide X 185 mm

tall. If instead, you construct a two columns-width figure (*i.e.*, about 175 mm wide X 125 mm high when published in the *JOE*), you would be able to place about 12 panels of photomicrographs (or radiographs, etc.) as an array of four columns across and three rows down (with each panel about 40 X 40 mm). This will require some editing to emphasize the most important feature of each photomicrograph, but it greatly increases the total number of illustrations that you can present in your paper. Remember that each panel must be clearly identified with a letter (*e.g.*, “A,” “B,” etc.), in order for the reader to understand each individual panel. Several nice examples of composite figures are seen in recent articles by Jeger et al (*J Endod* 2012;38:884–888); Olivieri et al., (*J Endod* 2012;38:1007 1011); Tsai et al (*J Endod* 2012;38:965–970). Please note that color figures may be published at no cost to the authors and authors are encouraged to use color to enhance the value of the illustration. Please note that a multi-panel, composite figure only counts as one figure when considering the total number of figures in a manuscript (see section 3, below, for the maximum number of allowable figures). The second type of figures is graphs (*i.e.*, line drawings including bar graphs) that plot a dependent measure (on the Y-axis) as a function of an independent measure (usually plotted on the X axis). Examples include a graph depicting pain scores over time, etc. Graphs should be used when the overall trend of the results are more important than the exact numerical values of the results. For example, a graph is a convenient way of reporting that an ibuprofen-treated group reported less pain than a placebo group over the first 24 hours, but was the same as the placebo group for the next 96 hours. In this case, the trend of the results is the primary finding; the actual pain scores are not as critical as the relative differences between the NSAID and placebo groups.

7. **Tables:** Tables are appropriate when it is critical to present exact numerical values. However, not all results need be placed in either a table or figure. For example, the following table may not be necessary: Instead, the results could simply state that there was no inhibition of growth from 0.001-0.03% NaOCl, and a 100% inhibition of growth from 0.03-3% NaOCl (N=5/group).

Similarly, if the results are not significant, then it is probably not necessary to include the results in either a table or as a figure. These and many other suggestions on figure and table construction are described in additional detail in Day (1998).

% NaOCl	N/Group	% Inhibition of Growth
0.001	5	0
0.003	5	0
0.01	5	0
0.03	5	0
0.1	5	100
0.3	5	100
1	5	100
3	5	100

8. **Discussion:** This section should be used to interpret and explain the results. Both the strengths and weaknesses of the observations should be discussed. How do these findings compare to the published literature? What are the clinical implications? Although this last section might be tentative given the nature of a particular study, the authors should realize that even preliminary clinical implications might have value for the clinical leadership. Ideally, a review of the potential clinical significance is the last section of the

discussion. What are the major conclusions of the study? How does the data support these conclusions

9. **Acknowledgments:** All authors must affirm that they have no financial affiliation (e.g., employment, direct payment, stock holdings, retainers, consultantships, patent licensing arrangements or honoraria), or involvement with any commercial organization with direct financial interest in the subject or materials discussed in this manuscript, nor have any such arrangements existed in the past three years. Any other potential conflict of interest should be disclosed. Any author for whom this statement is not true must append a paragraph to the manuscript that fully discloses any financial or other interest that poses a conflict. Likewise, the sources and correct attributions of all other grants, contracts or donations that funded the study must be disclosed
10. **References:** The reference style follows Index Medicus and can be easily learned from reading past issues of the JOE. The JOE uses the Vancouver reference style, which can be found in most citation management software products. Citations are placed in parentheses at the end of a sentence or at the end of a clause that requires a literature citation. Do not use superscript for references. Original reports are limited to 35 references. There are no limits to the number of references for review articles.

Manuscripts Category Classifications and Requirements

Manuscripts submitted to the *JOE* must fall into one of the following categories. The abstracts for all these categories would have a maximum word count of 250 words:

1. **CONSORT Randomized Clinical Trial-**Manuscripts in this category must strictly adhere to the Consolidated Standards of Reporting Trials-CONSORT- minimum guidelines for the publication of randomized clinical trials. These guidelines can be found at consort-statement.org. These manuscripts have a limit of 3,500 words, [including abstract, introduction,

materials and methods, results, discussion, and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 4 figures and 4 tables*.

2. Review Article-Manuscripts in this category is either narrative articles, or systematic reviews/meta-analyses. Case report/Clinical Technique articles even when followed by the extensive review of the literature will be categorized as “Case Report/Clinical Technique”. These manuscripts have a limit of 3,500 words, [including abstract, introduction, discussion, and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 4 figures and 4 tables*.
3. Clinical Research (e.g., prospective or retrospective studies on patients or patient records, or research on biopsies, excluding the use of human teeth for technique studies). These manuscripts have a limit of 3,500 words [including abstract, introduction, materials and methods, results, discussion, and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 4 figures and 4 tables*.
4. Basic Research Biology (animal or culture studies on biological research on physiology, development, stem cell differentiation, inflammation or pathology). Manuscripts that have a primary focus on biology should be submitted in this category while manuscripts that have a primary focus on materials should be submitted in the Basic Research Technology category. For example, a study on cytotoxicity of a material should be submitted in the Basic Research Technology category, even if it was performed in animals with histological analyses. These manuscripts have a limit of 2,500 words [including abstract, introduction, materials and methods, results, discussion, and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 4 figures or 4 tables*.
5. Basic Research Technology (Manuscripts submitted in this category focus primarily on research related to techniques and materials used, or with potential clinical use, in endodontics). These manuscripts have a limit of 2,500 words [including abstract, introduction, materials and methods,

results, discussion, and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 3 figures and tables *.

6. Case Report/Clinical Technique (e.g., report of an unusual clinical case or the use of cutting-edge technology in a clinical case). These manuscripts have a limit of 2,500 words [including abstract, introduction, materials and methods, results, discussion, and acknowledgments; excluding figure legends and references]. In addition, there is a limit of a total of 4 figures or tables*. * Figures, if submitted as multi-panel figures must not exceed 1-page length. Manuscripts submitted with more than the allowed number of figures or tables will require the approval of the JOE Editor or associate editors. If you are not sure whether your manuscript falls within one of the categories above, or would like to request preapproval for submission of additional figures please contact the Editor by email at jendodontics@uthscsa.edu. Importantly, adhering to the general writing methods described in these guidelines (and in the resources listed below) will help to reduce the size of the manuscript while maintaining its focus and significance. Authors are encouraged to focus on only the essential aspects of the study and to avoid inclusion of extraneous text and figures. The Editor may reject manuscripts that exceed these limitations.

Available Resources

Strunk W, White EB. The Elements of Style. Allyn & Bacon, 4th ed, 2000, ISBN 020530902X.

Day R. How to Write and Publish a Scientific Paper. Oryx Press, 5th ed. 1998. ISBN 1-57356-164-9.

Woods G. English Grammar for Dummies. Hungry Minds:NY, 2001 (an entertaining review of grammar).

Alley M. The Craft of Scientific Writing. Springer, 3rd edition 1996 SBN 0-387-94766-3.

Alley M. The Craft of Editing. Springer, 2000 SBN 0-387-98964-1

