

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DE UM NOVO CIMENTO DE
SILICATO DE CÁLCIO**

TAYNNARA LICÉSKI GASPERI

**Florianópolis
2017**

TAYNNARA LICÉSKI GASPERI

AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DE UM NOVO CIMENTO DE SILICATO DE CÁLCIO

Trabalho apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para a conclusão do Curso de Graduação em Odontologia.

Professor Orientador: Prof. Dr. Eduardo Antunes Bortoluzzi

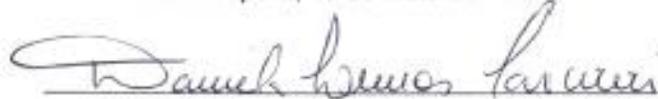
**Florianópolis
2017**

Taynnara Licéski Gasperi

AVALIAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICO-MECÂNICAS DE UM NOVO CIMENTO DE SILICATO DE CÁLCIO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado, adequado para obtenção do título de cirurgião-dentista e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 15 de maio de 2017.

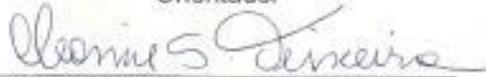


Prof.ª Dr.ª Daniela Lemos Carcereri, UFSC
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:



Prof., Dr. Eduardo Antunes Bortoluzzi, UFSC
Orientador



Prof.ª, Dra. Cleonice da Silveira Teixeira, UFSC
Membro



Prof., Dr. Lucas da Fonseca Roberti Garcia, UFSC
Membro



Me. Tamer Ferreira Schmidt, UFSC
Suplente

Dedico este trabalho à minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a **Deus** porque dele, por ele e para ele são todas as coisas, inclusive minha vida. Obrigada, pelas bênçãos que já recebi e irei receber, pois sei que nunca me abandonarás.

Agradeço a minha família, por todo incentivo para concluir esta caminhada. Aos meus pais, **Soely** e **Vergílio**, pelo amor e dedicação em todos os momentos. À minha irmã **Bruna**, que mesmo longe, sempre esteve por perto, incentivando-me e sendo minha referência como pessoa e profissional. À minha afilhada, **Lívia**, amor da Dinda, que com sua alegria preenche meu coração de muito amor e carinho. Vocês são o meu alicerce e o meu amor é incondicional. Ao meu cunhado **João** e meu primo **Nicolas**, por toda ajuda quando precisei.

Ao meu orientador **Prof. Dr. Eduardo Antunes Bortoluzzi**, pela dedicação e confiança para realizar este trabalho. Obrigada por todos ensinamentos, conselhos, por compartilhar a sua sabedoria comigo, além de sempre estar à disposição, esclarecendo minhas dúvidas e trabalhando no laboratório nas férias em pleno verão. São essas lembranças que irei guardar com muito carinho e por isso te admiro como pessoa e como um excelente professor e pesquisador.

À minha banca examinadora, **Prof. Dra. Cleonice da Silveira Teixeira**, **Prof. Dr. Lucas da Fonseca Roberti Garcia**, e **Me. Tamer Ferreira Schmidt**, por aceitar o convite, fazendo parte deste trabalho e aos demais membros da equipe de Endodontia UFSC, **Prof. Dra. Ana Maria Hecke Alves**, **Prof. Dr. Wilson Tadeu Felipe** e **Prof. Dra. Thais Mageste Duque**.

À **Prof. Dra. Cleonice da Silveira Teixeira**, por toda ajuda e carinho quando precisei e por transmitir sua alegria que contagia a todos. Um exemplo de professora que sempre irei me inspirar. Prof. Cléo, sem palavras para descrever o quanto foste importante para mim. Obrigada por tudo.

À **Prof. Dra. Josiane de Almeida**, que me acolheu de braços abertos e conseguiu com que fosse possível entender as temidas estatísticas. Sem sua ajuda e seu carinho não seria possível realizar este trabalho e como sempre digo: muito obrigada Josi!

Aos meus colegas, **Ma. Nayra Bittencourt Orlowski** e **Me. Tamer Ferreira Schmidt**, pelo incentivo e apoio, descomplicando o mundo científico, que até então era desconhecido por mim.

E por fim, aos meus amigos, porque sem vocês não seria possível aliviar toda o esforço necessário para chegar até aqui. Obrigada por sempre compartilharem de boas risadas e estarem a postos para me abraçar. Em especial, aos meus amigos de faculdade, **Marlon de Oliveira**, **Juliana Borges Muller** e **Alessandra Meurer**, que presenciaram dia a dia toda minha dedicação.

“Nunca saberemos o quão forte somos,
até que ser forte seja a única escolha”

Autor desconhecido

RESUMO

O objetivo deste estudo foi comparar o TheraCal (um novo cimento à base de silicato de cálcio) com o MTA Angelus e o Dycal quanto à alteração dimensional após presa, resistência à compressão (RC) e resistência de união (RU) à dentina. Amostras de cada cimento (n=12) foram preparadas em moldes de teflon (3.58mm x 3mm) para o teste de estabilidade dimensional. As amostras foram aferidas antes e após imersão em água destilada por 24h e 30 dias e a alteração dimensional foi calculada (norma #57 ANSI/ADA). Para o teste de RC, as mesmas amostras foram submetidas à compressão em uma máquina Instron. A RU dos cimentos à dentina foi avaliada pelo teste push-out, onde o espaço do canal radicular de 24 discos de dentina foram preenchidos com os cimentos (n=8), e após 24h submetidos ao teste por meio da Instron. Oito amostras a mais do TheraCal foram confeccionadas e submetidas ao teste imediatamente após a sua polimerização. Os dados foram analisados pelos testes ANOVA e Tukey ($\alpha=0,05$). As amostras de TheraCal expandiram em ambos os períodos acima da porcentagem estabelecida pela ANSI/ADA e com valores superiores aos do MTA em 24h ($p<0,05$), e aos do MTA e Dycal em 30 dias ($p<0,05$). Comparado ao MTA e ao Dycal, o TheraCal apresentou maior RC ($p<0,05$). A RU do TheraCal à dentina foi superior à RU apresentada pelo MTA e pelo Dycal (ambos $p<0,05$). Embora o TheraCal tenha demonstrado instabilidade por expandir mais do que o recomendado pela norma #57 ANSI/ADA, sua resistência à compressão e resistência de união à dentina mostraram-se satisfatórias e superiores às do MTA e Dycal.

Palavras-chave: agregado de trióxido mineral, cimento endodôntico, MTA, resistência de união, silicato de cálcio, Theracal.

ABSTRACT

The objective of this study was to compare TheraCal (a new calcium silicate cement) with MTA Angelus and Dycal for dimensional stability, compressive strength (CS) and bond strength (BS) to dentin. Samples of each cement (n=12) were prepared in teflon molds (3.58mm x 3mm) for the dimensional stability test. The samples were measured before and after immersion in distilled water for 24h and 30 days and the dimensional change was calculated (standard # 57 ANSI / ADA). For the CS test, the same samples were submitted to compression on an Instron machine. The BS of the cements to the dentin was evaluated by the push-out test, where the root canal space of 24 dentin disks were filled with the cements (n=8) and after 24h submitted to the test through the Instron. Eight more samples of TheraCal were prepared and submitted to the test immediately after photo-activation. The data were analyzed by the ANOVA and Tukey tests ($\alpha = 0.05$). TheraCal samples expanded in both periods and with values above the ANSI/ADA percentage recommendation, these values were higher than those of the MTA in 24h ($p < 0.05$), and those of the MTA and Dycal in 30 days ($p < 0.05$). Compared to MTA and Dycal, TheraCal presented higher CS ($p < 0.05$). The BS of TheraCal to dentin was superior to the BS presented by MTA and Dycal (both $p < 0.05$). Although TheraCal has shown instability to expand more than recommended by ANSI/ADA standard # 57, its compressive and bond strength to dentin were found to be satisfactory and superior to those of MTA and Dycal.

Key words: aggregate of mineral trioxide, endodontic cement, MTA, bond strength, calcium silicate, Theracal.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

mm – milímetros

min – minutos

mL – mililitro

h – hora

mm/min – milímetros por segundo (velocidade)

N – Newtons

MPa – Megapascal

MTA – Agregado trióxido mineral

RC – resistência à compressão

RU – resistência à união

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Percentual médio da alteração dimensional após presa (%) dos cimentos Dycal, TheraCal e MTA..... 22

Tabela 2 - Valores médios da resistência à compressão (MPa) das amostras dos grupos Dycal, TheraCal e MTA nos períodos de 24h e 30 dias.....23

Tabela 3 - Média dos valores, em MPa, da resistência de união (RU) dos cimentos MTA, Dycal, Theracal (24h) e Theracal (Imediato) à dentina do canal radicular.....24

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	15
1.1.1 <i>Objetivo Geral</i>	15
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i>	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	16
<i>Materiais experimentais</i>	16
<i>Teste da alteração dimensional após presa</i>	16
<i>Ensaio mecânico de resistência à compressão</i>	17
<i>Preparo das amostras e teste push-out</i>	18
<i>Análise estatística</i>	19
4 RESULTADOS	21
5 DISCUSSÃO	24
6 CONCLUSÕES	29
7 REFERÊNCIAS	30
8 APÊNDICE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	36
9 ANEXO - Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina.....	38

1 INTRODUÇÃO

Dentes com rizogênese incompleta e necrose pulpar apresentam o canal radicular em forma de ampulheta, com abertura foraminal de diâmetro maior do que o observado no seu terço médio e cervical. Essa característica, associada à fina espessura das paredes radiculares, dificulta a execução do preparo do canal e inviabiliza a criação de uma matriz apical adequada para conter o material obturador (FELIPPE; FELIPPE; ROCHA, 2006). Procurando superar tais dificuldades, o tratamento a ser instituído deve visar à formação de uma barreira de tecido calcificado ao nível do forame (apicificação) ou a obliteração do forame com um tampão realizado com o Agregado de Trióxido Mineral (MTA). Ambos, tecido calcificado ou tampão, fechando total ou parcialmente a grande abertura foraminal, propiciarão condições para que a obturação definitiva do canal seja realizada (PEREIRA; CENCI; DEMARCO, 2004).

O hidróxido de cálcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ foi a substância mais utilizada para induzir a apicificação. Ele cria um ambiente alcalino e libera íons cálcio, condições que propiciam a deposição de tecido duro pelas células do tecido. O contato do $\text{Ca}(\text{OH})_2$ com os tecidos periapicais causa uma zona de necrose superficial e, abaixo dela, uma leve inflamação. Com o passar do tempo a inflamação desaparece e ocorre a deposição de matriz de colágeno sobre esta área, e sua consequente mineralização (SHEN *et al.*, 2010). O $\text{Ca}(\text{OH})_2$ também auxilia na desinfecção, devido a sua elevada alcalinidade, inviabilizando a sobrevivência de microrganismos no interior do canal (SHEN *et al.*, 2010). Entretanto, o tratamento com essa substância tem como principal desvantagem o longo prazo de tempo para que a apicificação ocorra, o que pode tornar o dente vulnerável à fratura radicular (ANDREASEN; FARIK; MUNKSGAARD, 2002).

O $\text{Ca}(\text{OH})_2$ vem sendo substituído com sucesso pelo Agregado Trióxido Mineral (MTA). Além de induzir a formação de tecido mineralizado, o MTA toma presa, proporcionando o selamento apical e a possibilidade da obturação do canal em um curto intervalo de tempo (ABEDI HR; INGLE JI, 1995).

O MTA consiste em um pó, cinza ou branco, composto principalmente por silicato de tricálcio, aluminato tricálcio, óxido de silicato, óxido de tricálcico e óxido de bismuto (Bi_2O_3). O Bi_2O_3 representa 20% da fórmula do MTA e é responsável por sua

radiopacidade (TORABINEJAD *et al.*, 1995). O MTA possui um pH inicial de 10,2; que após três horas aumenta para 12,5; mantendo-se constante por longos períodos (TORABINEJAD *et al.*, 1995). Além do uso como tampão apical, o MTA pode ser utilizado como material de recobrimento em pulpotomias, selador de cavidades retrógradas e de perfurações radiculares (TORABINEJAD; CHIVIAN, 1999; ØRSTAVIK; NORDAHL; TIBBALLS, 2001; MAROTO *et al.*, 2003).

Apesar do sucesso alcançado pelos procedimentos de apicificação (FELIPPE; FELIPPE; ROCHA, 2006), uma nova abordagem de tratamento foi proposta para os dentes imaturos: a “Revascularização” (HUANG, 2008; MURRAY; GARCIA-GODOY; HARGREAVES, 2007; IWAYA; IKAWA; KUBOTA, 2001; THIBODEAU; TROPE, 2007;). O procedimento busca a migração de células indiferenciadas, da região apical desses dentes com ápice aberto, para dentro do canal radicular por meio de um arcabouço formado por coágulo sanguíneo. Sobre o coágulo, ao nível cervical do canal, se faz necessário o uso de um material protetor biocompatível e com boa capacidade seladora, para evitar a recontaminação e dar condições para que as células se diferenciem em um novo tecido. O MTA tem sido o material de escolha para proteger o coágulo nestes casos (BANCHS; TROPE, 2004; PEREIRA; CENCI; DEMARCO, 2004; TROPE, 2006; BORTOLUZZI *et al.*, 2015). Porém, devido a sua consistência arenosa, ele pode ser deslocado para o interior do coágulo durante sua condensação, resultando em ilhas de calcificação indesejadas no novo tecido (BORTOLUZZI *et al.*, 2015).

Novos cimentos advindos do MTA estão sendo propostos com o intuito de aproveitar suas boas propriedades biológicas e melhorar as físicas, sendo um exemplo o TheraCal (Bisco Inc, Schamburg, IL, EUA). O TheraCal consiste em uma resina fotopativado composta por silicato de cálcio modificado e desenvolvido para o capeamento pulpar direto e indireto (Bisco Inc, Schamburg, IL, EUA). Ele apresenta, em peso, 45% de cimento Portland (Tipo III), 10% de radiopacificador (sulfato de bário), 5% de agente espessante hidrófilo (sílica pirogenada) e 40% de resina (SUH *et al.*, 2008). Segundo a patente do produto, a resina é constituída por um componente hidrófobo (que contém monômeros hidrofóbicos), tais como o uretano dimetacrilato (UDMA), o bisfenol glicidil metacrilato (BisGMA), e o trietileno glicol dimetacrilato (TEGDMA ou TriEDMA) e

por componentes hidrófilos (que contém monômeros hidrofílicos) tais como o hidroxietil metacrilato (HEMA) e o polietileno glicol dimetacrilato (PEGDMA) (SUH *et al.*, 2008).

Estudos demonstraram que o TheraCal apresenta boa capacidade seladora (SUH *et al.*, 2008) e quando foi comparado ao ProRoot MTA e ao Dycal, apresentou menor solubilidade e liberou mais íons cálcio (GANDOLFI; SIBONI; PRATI, 2012). Nas primeiras 24h, ele apresentou um pico de liberação de íons, reduziu em 3 dias e depois manteve-se constante. O pH alcalino chegou próximo a 11,0 nas 3 primeiras horas e em sete dias assemelhou-se ao pH fisiológico (GANDOLFI; SIBONI; PRATI, 2012).

HEBLLING *et al.* em 2009, realizaram o primeiro estudo em relação as propriedades biológicas do TheraCal. Os autores avaliaram a sua citotoxicidade, comparando-o com o Ultrablend Plus (hidróxido de cálcio fotoativado) e o Vitrebond (ionômero de vidro modificado por resina), sobre células odontoblásticas MDPC-23. O TheraCal demonstrou menor potencial agressivo em relação aos demais materiais avaliados. Quando ele foi utilizado como material de recobrimento pulpar, em exposições diretas, favoreceu a formação de ponte de tecido mineralizado com grau de inflamação pulpar de leve a moderado (CANNON *et al.*, 2014).

Conforme descrito, o TheraCal apresenta características interessantes e parece ser de mais fácil manipulação comparado ao MTA. Por ser uma resina fluida é simples de se levar ao canal radicular e não precisa ser condensado. Desta forma, ele pode ser empregado como plug cervical no procedimento de Revascularização, uma vez que depositado sobre o coágulo e fotoativado imediatamente, o seu deslocamento para o terço apical do canal será evitado. Além disso, a restauração do dente pode ser realizada na mesma sessão.

Baseado no que foi exposto, o objetivo desse estudo foi avaliar as propriedades físico-mecânicas do TheraCal exigidas nessas situações (proteção do coágulo), como a alteração dimensional após presa, resistência à compressão e resistência de união ao cisalhamento por extrusão (push-out), características que ainda não foram investigadas. O MTA Angelus (Angelus Soluções Odontológicas, Londrina, PR, Brasil) e um cimento de hidróxido de cálcio (Dycal®, Dentsply Indústria e Comércio, Petrópolis, Brasil) serviram de grupos controle. A hipótese nula testada foi que o TheraCal **é semelhante** aos outros materiais nas propriedades avaliadas.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

- Avaliar as propriedades físico-mecânicas do TheraCal.

1.1.2 Específicos

- Avaliar a alteração dimensional após presa e resistência à compressão do TheraCal.
- Verificar, por meio do teste de resistência de união ao cisalhamento por extrusão (push-out), a força necessária para o deslocamento do TheraCal da região cervical do canal.
- Comparar os resultados do TheraCal com os dos outros materiais avaliados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Materiais testados

Grupo 1 - TheraCal: consiste em uma pasta única contendo óxido de cálcio (CaO), partículas de silicato de cálcio (cimento Portland tipo III), estrôncio, sílica pirogênica, sulfato de bário, zirconato de bário e resina composta (Bis-GMA e PEGDMA) (SUH, *et al.*, 2008).

Grupo 2 - MTA Angelus: material composto por cimento Portland branco e óxido de bismuto (PARIROKH; TORABINEJAD, 2010). O MTA Angelus foi preparado de acordo com as instruções do fabricante utilizando a proporção pó/líquido de uma gota do líquido para uma medida da pá dosadora que acompanha o produto.

Grupo 3 - Dycal: é um sistema pasta-pasta composto pela pasta base (disalicilato 1,3-butileno glicol, óxido de zinco, fosfato de cálcio, tungstato de cálcio, 6 pigmentos de óxido de ferro) e uma pasta catalisadora (hidróxido de cálcio, sulfonamida N-ethyl-o/ptolueno, óxido de zinco, dióxido de titânio, estearato de zinco, pigmentos de óxido de ferro) (SHEN, *et al.*, 2010). A manipulação do Dycal seguiu as instruções do fabricante, onde a mesma quantidade de cada pasta foi misturada.

Teste de alteração dimensional após presa

Para cada grupo foram obtidas 24 amostras cilíndricas, com dimensões de 3,58 mm de altura por 3 mm de diâmetro, de acordo com metodologia preconizada por Carvalho-Junior *et al.* (2007). Para tanto, moldes de teflon foram colocados sobre uma lâmina de vidro (espessura=1 mm, largura=25 mm, comprimento=75 mm) recoberta por uma tira de papel celofane e preenchidos com os materiais experimentais, de tal modo que se puderam verificar um ligeiro excesso de material sobre a extremidade superior dos moldes. Em seguida, outra tira de papel celofane e lâmina de vidro foram posicionadas sobre a superfície superior do molde. O conjunto formado foi mantido firmemente unido por um grampo em forma de letra C. Decorridos 5 minutos do início do

preenchimento, o conjunto foi transferido para uma estufa a $37 \pm 1^\circ\text{C}$, com umidade relativa de 95%. Após 24h o conjunto foi removido da estufa e a superfície das amostras foi regularizada com lixa d'água 600 (3M, São Paulo, SP, Brasil), sob irrigação com água destilada. Realizada esta etapa, as amostras de cada grupo foram removidas de seus moldes e os comprimentos medidos com um espessímetro (Mitutoyo®, modelo 7360, Suzano, SP, Brasil). Em seguida, as amostras foram colocadas em recipientes individuais contendo 20 mL de água destilada, identificadas pelo grupo e número da amostra, e foram mantidas em estufa a $37 \pm 1^\circ\text{C}$, por 24h e 30 dias (12 amostras por grupo em cada período) (ADA, 1994). Passados os tempos determinados, as amostras foram removidas dos recipientes, o excesso de água foi retirado com auxílio de papel absorvente, e uma nova medição dos comprimentos foi realizada. A alteração dimensional foi calculada pela fórmula: $[(C_t - C) / C] \times 100$, onde C_t = comprimento das amostras após os períodos experimentais de 24h e 30 dias, e C = comprimento inicial da amostra. A alteração dimensional dos grupos foi a média aritmética de 3 repetidas mensurações. Os dados obtidos foram registrados em uma tabela.

Ensaio mecânico de resistência à compressão

Foram utilizadas amostras com as mesmas dimensões do teste anterior, para cada grupo. Estas ficaram armazenadas em recipientes plásticos contendo 20 mL de água destilada por 24h e 30 dias (12 amostras por grupo em cada período). Após os tempos experimentais, as amostras foram retiradas dos recipientes e depois de remover o excesso de água com auxílio de papel absorvente a resistência à compressão foi determinada por uma máquina de testes universal (Instron®, Model 4444, Instron Corp., Canton, MA, EUA) com velocidade de 1,0 mm/min. A carga máxima necessária para a fratura de cada amostra foi obtida e anotada. A resistência à compressão foi calculada em Megapascal (MPa) de acordo com a seguinte fórmula: $C = 4P / \pi D^2$, onde "P" representou a carga máxima registrada pela máquina em Newtons (N), "D" o diâmetro da amostra em milímetros (mm) e "C" a carga máxima em Mpa (ADA, 1994). Os dados obtidos foram anotados em uma tabela.

Preparo das amostras e teste push-out

Este projeto foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina, processo nº. 44804915.3.0000.0121/2015. Foram utilizados 32 dentes pré-molares humanos unirradiculados de pacientes entre 18 e 30 anos, com canais únicos e anatomia semelhante, extraídos por razões alheias a esta pesquisa e doados pelos pacientes por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Para verificar a existência de canais únicos eles foram radiografados no sentido próximo-proximal e examinados cuidadosamente com o auxílio de lupa estereoscópica de aumento de 4X. Os dentes foram limpos com curetas periodontais (SM 17/18, Hu-Friedy, Rio de Janeiro, RJ, Brasil) e mantidos em solução de timol a 0,1% diluído em soro fisiológico 0,9% (pH = 7) até o início do experimento. Para obtenção das amostras, os dentes foram levados a uma máquina de corte Isomet 1000 (Buehler, Lake Forest, IL, USA) com disco diamantado (South Bay Technology, San Clement, CA, EUA) onde, sob refrigeração constante, foram realizados dois cortes transversais e perpendiculares ao longo eixo do canal, um à 1 mm da junção amelocementária em direção apical e outro 2 mm abaixo do primeiro. Deste modo foram obtidas secções de dentina com 2 mm de espessura, nas quais a face apical foi identificada com caneta de tinta permanente. Em seguida, os raios do espaço do canal nas secções foram mensurados com paquímetro digital (Starret 798, Athol, Massachusetts, EUA) e, quando necessário uma broca de preparo para pino número 2 montada em baixa rotação (Exacto, Angelus, Londrina, PR, Brasil), foi utilizada para desgastar dentina e ajustar o diâmetro das amostras, afim de se obter padronização. As secções foram examinadas com o auxílio de uma lupa estereoscópica (4X) com o objetivo de certificar a ausência de trincas e imperfeições. A seguir, as secções foram inseridas individualmente em tubos Eppendorf identificados, os quais foram preenchidos sequencialmente, com solução de EDTA 17% e de NaOCl 1%, ambos por 3 min com leve agitação (TEIXEIRA; FELIPPE; FELIPPE, 2005). Removidas das soluções, as secções foram secas internamente com cones de papel absorvente, preenchidas com os materiais (n=8 para cada grupo) e armazenadas estufa a $37 \pm 1^{\circ}\text{C}$ por 24h. Oito amostras a mais para o grupo TheraCal foram confeccionadas, as quais foram submetidas ao teste push-out imediatamente após a

fotoativação do material (TheraCal Imediato). Passado o tempo em estufa, cada amostra foi fixada à uma base metálica de aço inoxidável contendo um orifício de 2,5 mm de diâmetro na região central, acoplada na porção inferior da máquina de ensaio universal Instron (modelo 4444, Instron, Canton, MA, USA). A amostra foi posicionada na mesma direção do orifício da base metálica com sua face cervical voltada para baixo, de forma que a carga fosse aplicada no sentido ápico-coronal. Uma haste metálica, com ponta ativa de 1 mm, fixada na porção superior da máquina de ensaio foi acionada com carga de 2000 N e uma velocidade de cruzeta de 1,0 mm/min, até o deslocamento do material. A força (F) necessária para o deslocamento do material foi aferida em Kilonewtons (KN), e, posteriormente, transformada em Newtons (N) e dividida pela área (SL) do material em mm², para determinar a RU em Megapascal (1MPa = 1N/mm²), utilizando a seguinte equação: $RU = F/SL$. A área lateral (SL) foi calculada pela fórmula: $SL = \pi(R+r)\sqrt{h^2 + (R-r)^2}$ utilizando-se o site www.webcalc.com.br, onde “SL” correspondeu à área lateral do canal, “R” foi a medida do raio do canal em sua porção coronal, “r” a medida do raio do canal em sua porção apical, e “h” a altura/espessura da secção transversal do canal. Os dados obtidos foram registrados em uma tabela.

Análise Estatística

A verificação da normalidade dos dados obtidos foi feita pelo teste de Shapiro-Wilk, e a constatação da homogeneidade dos mesmos pela aplicação do Teste de Levene.

Para os resultados de estabilidade dimensional e resistência à compressão, o conjunto de dados, representados pelos valores médios em MPa de cada grupo, foi analisado estatisticamente pelo teste paramétrico two-way ANOVA e posteriormente, para comparações múltiplas, pelo teste Bonferroni post hoc. As variáveis consideradas para análise foram: materiais (TheraCal, MTA e Dycal) e períodos (24h e 30 dias).

Para os resultados do push-out, o conjunto de dados, representados pelos valores médios de RU à dentina, em MPa, de cada grupo, foi analisado estatisticamente pelo teste paramétrico one-way ANOVA e posteriormente, para comparações múltiplas, pelo teste Tukey post hoc.

Todos os testes estatísticos foram realizados no software SPSS.21 (Armonk, New York, EUA), e foi adotado um nível de significância de 5%.

3 RESULTADOS

Alteração dimensional após presa

Os percentuais médios da alteração dimensional após presa estão expressos na Tabela 1.

Tabela 1. Percentual médio da alteração dimensional após presa (%) dos cimentos Dycal, TheraCal e MTA.

Cimentos	Dycal	TheraCal	MTA
Períodos			
24 h	0,38±0,83 ^{abA}	1,31±1,21 ^{aA}	-0,034±0,2 ^{bA}
30 dias	-0,72±0,94 ^{aB}	3,89±1,7 ^{bB}	0,019±0,42 ^{aA}

Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa. Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa.

De acordo com a especificação #57 da norma ANSI/ADA (2012) o valor máximo para contração linear é $\leq 1\%$ e para expansão $\leq 0,1\%$. As amostras de TheraCal expandiram em ambos os períodos, acima da porcentagem estabelecida pela norma, havendo expansão significativa aos 30 dias comparado ao período de 24h ($p < 0,05$). Apesar das amostras do MTA exibirem contração em 24h e expansão em 30 dias, os valores de estabilidade entre os períodos foram estatisticamente semelhantes ($p > 0,05$) e dentro dos valores determinados pela ANSI/ADA. Os valores obtidos nas amostras do Dycal foram significativamente diferentes entre os períodos ($p < 0,05$), estas expandiram mais do que o permitido em 24h e contraíram com valores recomendados em 30 dias. Em 24h, o TheraCal apresentou comportamento semelhante ao Dycal ($p > 0,05$), o qual ambos expandiram, e diferente do MTA ($p < 0,05$), que sofreu contração. Em 30 dias, as amostras do TheraCal expandiram significativamente mais do que as do MTA e Dycal (para ambos: $p > 0,05$).

Resistência à compressão

As médias dos valores de resistência à compressão estão expressos na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios da resistência à compressão (MPa) das amostras dos grupos Dycal, TheraCal e MTA nos períodos de 24h e 30 dias.

Períodos \ Cimentos	Dycal	TheraCal	MTA
24 h	17,16±3,8 ^{aA}	78,78±12,14 ^{bA}	37,92±6,64 ^{cA}
30 dias	11,05±1,69 ^{aA}	69,06±12,97 ^{bB}	50,89±5,99 ^{cB}

Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa. Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa.

A comparação dos valores de RC entre os períodos de 24h e 30 dias dos grupos TheraCal e MTA mostrou haver diferença estatisticamente significativa para ambos materiais ($p < 0,05$). A resistência à compressão das amostras do TheraCal diminuiu após 30 dias, enquanto o MTA demonstrou comportamento contrário. Os valores de RC do Dycal em 24h e 30 dias foram semelhantes quando comparados ($p > 0,05$).

Quando os grupos foram comparados entre si, em ambos os períodos, as amostras do TheraCal foram significativamente mais resistentes do que as do MTA e Dycal ($p < 0,05$).

Resistência de união ao cisalhamento por extrusão (push-out)

A média dos valores de resistência de união ao cisalhamento por extrusão (push-out), em MPa, estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Média dos valores, em MPa, da resistência de união (RU) dos cimentos MTA, Dycal, Theracal (24h) e Theracal (Imediato) à dentina do canal radicular.

Cimentos	Dycal	TheraCal	TheraCal Imediato	MTA
Valores	4,28±1,12 ^a	11,38±4,06 ^b	12,72±3,96 ^b	4,64±1,67 ^a

Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferença significativa.

As amostras de Dycal e MTA apresentaram valores de resistência de união ao cisalhamento por extrusão estatisticamente semelhantes ($p > 0,05$), assim como as amostras do TheraCal 24h e TheraCal Imediato ($p > 0,05$). A RU à dentina dos cimentos TheraCal 24h e TheraCal Imediato foi significativamente superior à RU apresentada pelo MTA e Dycal (para ambos: $p < 0,05$).

4 DISCUSSÃO

A busca por cimentos que apresentem propriedades biológicas semelhantes ao MTA e que superem seus inconvenientes têm sido uma constante na literatura (GANDOLFI; SIBONI; PRATI, 2012) (POGGIO, *et al.*, 2014). Cimentos com menor tempo de presa, melhor consistência e facilidade de manipulação podem substituir o MTA no recobrimento do coágulo sanguíneo durante o procedimento de revascularização. Por apresentar as características citadas anteriormente, e também ser constituído por silicato de cálcio, este estudo avaliou algumas propriedades físico-mecânicas do TheraCal, as quais são exigidas nesses casos. Para efeito de comparação e por serem considerados como materiais padrão ouro no recobrimento pulpar (ABEDI; INGLE, 1995; EIDELMAN; HOLAN; FUKS, 2001; LEE, *et al.*, 2015), o MTA Angelus e o Dycal foram utilizados como grupos controle.

Para o teste de estabilidade dimensional, as amostras dos cimentos foram confeccionadas de acordo com a metodologia preconizada por Carvalho *et al.* (CARVALHO-JUNIOR; CORRER-SOBRINHO; CORRER, 2007), que propõe o emprego de amostras com dimensões reduzidas. Segundo os autores, o emprego de amostras menores é vantajoso porque diminui a quantidade de material necessária para o preenchimento dos moldes, e os resultados são semelhantes aos obtidos com os padrões recomendados pela ADA, ou seja, os resultados não são influenciados pela redução das dimensões das amostras.

Os cimentos endodônticos devem preencher os espaços entre os cones de gutapercha e, entre eles e as paredes dentinárias do canal radicular. O íntimo contato entre cimento e a dentina é de fundamental importância para que a obturação proporcione um bom selamento. Por este motivo, é relevante avaliar a alteração dimensional dos cimentos obturadores. Quando um material sofre contração pode-se criar entre o cimento e a dentina um espaço suficiente para permitir a passagem de microrganismos (ØRSTAVIK; NORDAHL; TIBBALLS, 2001). Ou ainda, em casos de expansão excessiva, pode-se romper a adesão entre o cimento e a dentina/material obturador (FIDEL, *et al.*, 1995). Estas situações podem interferir no prognóstico do tratamento de

Revascularização, pois o coágulo formado deve ser protegido à nível cervical do canal radicular por um material estável, evitando a contaminação e o seu deslocamento para apical.

Para o teste de alteração dimensional após tempo de presa, a especificação #57 da ANSI/ADA (AMERICAN NATIONAL STANDARD; AMERICAN DENTAL ASSOCIATION, 2012) preconiza que os cimentos odontológicos não devem exceder os valores de contração linear $\leq 1\%$ e expansão $\leq 0.1\%$.

Surpreendentemente as amostras de TheraCal apresentaram uma excessiva expansão nos dois períodos avaliados, sendo ainda mais expressiva em 30 dias. Uma possível contração é o que se esperava do comportamento desse material, cuja composição é resinosa. Entretanto, estudos mostraram que os compostos resinosos sofrem expansão devido à alteração higroscópica (EMAMIEH; GHASEMI; TORABZADEH, 2011; WEI, *et al.*, 2013), quando imersos em água, conforme metodologia que foi empregada. EMAMIEH *et al.* (2011) observaram que o padrão de expansão difere em conformidade com o tipo de material. Os cimentos de ionômero de vidro modificados por resina apresentaram uma maior expansão linear higroscópica do que o cimento de ionômero de vidro convencional, o Fuji Cap II. Os autores afirmaram que ao adicionar uma matriz resinosa aos cimentos ocorre maior expansão do material devido a absorção de água pelos componentes resinosos.

Mesmo que o TheraCal tenha apresentado um comportamento instável em ambos os períodos, com valores percentuais de expansão superiores ao preconizado pela especificação #57 norma ANSI/ADA (2012), estes devem ser levados em consideração, visto que, existe um questionamento em relação aos valores estabelecidos pela norma, os quais podem não ser compatíveis com as condições e necessidades clínicas (CAMPS *et al.*, 2004).

Uma das vantagens do MTA é sua boa estabilidade dimensional (CAMILLERI; MALLIA, 2011). No presente estudo, as amostras do MTA contraíram em 24h e expandiram em 30 dias, mas sem diferença estatística entre os períodos. A discreta contração observada pode estar relacionada ao método de aferição, enquanto a sua leve expansão à absorção de água pelos poros do cimento, aumentado o volume de sua

massa (GANDOLFI *et al.*, 2009). Em outros estudos também foi observada a expansão do MTA ao longo do tempo (VITTI, *et al.*, 2013; CAMILLERI, 2010).

O Dycal foi instável somente nas primeiras 24 h, onde sofreu uma leve expansão, resultado interessante quando se pensa em um bom selamento do canal. Não foram encontrados na literatura trabalhos semelhantes que pudessem ser discutidos.

A resistência à compressão foi avaliada a partir das mesmas amostras utilizadas nos testes de estabilidade dimensional. Os resultados do presente estudo mostraram que o TheraCal apresentou maior resistência à compressão, em ambos períodos, quando comparado aos demais materiais, e que ao longo do tempo a sua resistência diminuiu.

As resinas compostas apresentam em sua composição uma matriz orgânica, constituída por monômeros e uma matriz inorgânica que são as partículas de carga. O TheraCal apresenta em sua composição a matriz orgânica mais comum entre as resinas, a Bis-GMA (SUH *et al.*, 2008). Segundo os achados de CAMILLERI *et al.* (2014) a matriz inorgânica é formada por partículas de bário, zircônio, sílica, estrôncio, alumínio e cálcio em uma microestrutura variada com partículas de diferentes tamanhos. Este perfil de matriz inorgânica pode proporcionar maior resistência ao material, já que as propriedades mecânicas das resinas compostas variam de acordo com a composição, o tamanho, e a quantidade de cargas da matriz inorgânica. Por isso, o TheraCal se destacou, apresentando valores superiores de resistência à compressão, em ambos os períodos.

Quanto ao MTA, este teve sua resistência à compressão aumentada em 30 dias, concordando com resultados previamente publicados na literatura (TORABINEJAD *et al.*, 1995; PRASAD *et al.*, 2015; BUTT *et al.*, 2014).

Já as amostras do Dycal apresentaram os menores valores de resistência à compressão, os quais mantiveram-se constantes ao longo do tempo. De acordo com a literatura, o Dycal possui resistência à compressão suficiente para suportar pressões, como por exemplo as forças de condensação do amálgama (SHORER; HIRSCHFELD; GRAJOWER, 1984). Apesar de ser um material utilizado com cautela, por apresentar resistência à compressão inferior aos outros materiais (PIERPONT; GRAY; HERMESCH;

HILTON, 1994), o Dycal é eficiente e pode ser utilizado com segurança como material de forramento (LLOYD; JEFFREY; MANNION, 1982).

É importante considerar que os cimentos endodônticos não sofrem ação direta das forças oclusais, como os materiais de preenchimento presentes nas superfícies de esmalte e dentina. O material deve ter boa estabilidade dimensional e resistência a compressão à força aplicada para condensar o material restaurador definitivo, seja ele uma resina, compômero ou amálgama de prata.

A resistência de união ao cisalhamento por extrusão (push-out) avalia a capacidade de os materiais aderirem à dentina (YU *et al.*, 1993; UNGOR; ONAY; ORUCOGLU, 2006) (GORACI *et al.*, 2004). Esta propriedade é muito importante para os cimentos usados para confeccionar o plug cervical nos casos de Revascularização, visto que o material irá receber as forças de condensação do material restaurador, e com isso, não poderá deslocar-se para o interior do canal.

Para o teste push-out, as amostras foram padronizadas com o uso de brocas de preparo para pino número 2 montada em baixa rotação (Exacto, Angelus, Londrina, PR, Brasil) com o objetivo de padronizar a área de adesão à dentina todos os espécimes apresentarem a mesma área preenchida por cimento, visto que a área é integrante da fórmula para calcular à resistência ao cisalhamento.

No presente estudo, o TheraCal 24h e Imediato obtiveram valores de RU à dentina maiores do que o MTA e o Dycal. A expansão volumétrica dos materiais resinosos (Orstavik *et al.*, 2001) e a penetração do cimento dentro dos túbulos dentinários (HARAGUSHIKU *et al.*, 2010) podem aumentar a resistência de união entre o material e as paredes do canal radicular (ORDINOLA-ZAPATA *et al.*, 2009). Além disso, a maior RU à dentina dos materiais resinosos pode também estar relacionada com à resistência friccional entre ambos, cimento e dentina. (GORACCI *et al.*, 2005).

O MTA apresenta na literatura médias de RU à dentina de 4.5 ± 1.5 MPa (HUSEYIN *et al.*, 2014) e $5,94 \pm 3,99$ MPa (ALIREZA *et al.*, 2014), valores próximos ao encontrado neste estudo (4,64 MPa). Vários trabalhos demonstraram haver uma interação químico-mecânica entre MTA e a dentina, resultando na formação de uma camada

intermediária, e de prolongamentos (tags) que se projetam para o interior dos túbulos dentinários (SARKAR *et al.*, 2005; REYS-CARMONA *et al.*, 2009; REYS-CARMONA *et al.*, 2010; DREGGER *et al.*, 2012), aumentando desta forma a sua RU à dentina (REYS-CARMONA *et al.*, 2010).

Baseado nos resultados apresentados e discutidos, a hipótese nula de que o TheraCal é semelhante aos outros materiais nas propriedades avaliadas foi rejeitada.

Conforme mencionado pelo fabricante, o TheraCal é indicado para capeamento pulpar direto e indireto (BISCO). Neste estudo, ele demonstrou ser mais resistente à compressão e à união ao cisalhamento por extrusão do que o MTA, material de uso comum nos procedimentos de Revascularização. Sendo assim, poderia ser considerado como uma alternativa para selar a região cervical do canal. Apesar de ter sofrido expansão com valores superiores aos estabelecidos pela norma da ADA, este comportamento poderia ser considerado uma vantagem, proporcionando um melhor selamento, ao invés de causar danos à raiz. Contudo, as propriedades biológicas do TheraCal também devem ser levadas em consideração. Pesquisas prévias demonstraram que o TheraCal, quando empregado como material de recobrimento em pulpotomias, provocou inflamação no tecido pulpar (LEE *et al.*, 2015) e mostrou ser mais citotóxico que o MTA (POGGIO *et al.*, 2014).

Tendo em vista o uso do TheraCal como uma alternativa ao MTA para o selamento da região cervical do canal nos casos de Revascularização, faz-se necessária a realização de mais investigações sobre a sua biocompatibilidade e outras propriedades físico-químicas e mecânicas.

5 CONCLUSÕES

O TheraCal foi instável dimensionalmente, apresentando uma expansão maior do que a permitida pela especificação #57 da ADA (2000). Entretanto, é necessário questionar se os valores estabelecidos pela norma são compatíveis com as condições e necessidades clínicas. A sua resistência à compressão foi superior a do MTA e do Dycal, em ambos os períodos, assim como a resistência de união ao cisalhamento por extrusão (push-out).

REFERÊNCIAS

- ABEDI HR, INGLE JI. Mineral trioxide aggregate: a review of a new cement. **J Calif Dent Assoc.** v. 23, n. 12, p. 36-9, 1995.
- ADA: AMERICAN NATIONAL STANDARD; AMERICAN DENTAL ASSOCIATION. Specification n. 57 for **Endodontic Sealing Materials**; 2012.
- ALHADDAD, ALHAMOUI F; STEFFEN, H; SPLIETH C.H. The sealing ability of ProRoot MTA when placed as an apical barrier using three different techniques: an in-vitro apexification model. **Quintessence Int.** v. 45, n. 10, p. 821-827, Nov-Dec, 2014.
- ANDREASEN, J.O; FARAKI B, MUNKSGAARD E.C. Long-term calciumhydroxide as a root canal dressing may increase the risk of root fracture. **Dent Traumatol.** v. 18, n. 3, p. 134-137, Jun, 2002.
- BANCHS F, TROPE M. Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis: new treatment protocol? **J Endod.** v. 30, n. 4, p. 196-200, Apr, 2004.
- BANCHS, F; TROPE M. Revascularization of immature permanent teeth with apical periodontitis: new treatment protocol? **J Endod.** v. 30, n. 4, p. 196-200, Apr, 2004.
- BISCO. TheraCal Light- Cured Resin-Modified Calcium Silicate Pulp Protectant/Liner. Instructions for the use. **BISCO, Inc. 1100 W.** Irving Park Rd. Schaumburg, IL 60193 U.S.A. 847-534-6000 1-800-BIS-DENT. IN-192R2 Rev. 8/12.
- BORTOLUZZI, E.A; SOUZA, E.M; REIS, J.M; ESBERARD, R.M; TANOMARU-FILHO, M. Fracture strength of bovine incisors after intra-radicular treatment with MTA in an experimental immature tooth model. **J Endod.** v. 40, n. 9, p. 684-691, Sep, 2007.
- BUTT N, TALWAR S, CHAUDHRY S, NAWAL RR, YADAV S, BALI A. Comparison of physical and mechanical properties of mineral trioxide aggregate and Biodentine. **Indian J Dent Res.** v.25, n. 6, p. 692-697, Nov-Dec, 2014.
- CAMILLERI, J. Evaluation of the effect of intrinsic material properties and ambient conditions on the dimensional stability of white mineral trioxide aggregate and Portland cement. **J Endod.** v. 37, n. 2, p. 239-345, Feb, 2010.

CAMILLERI, J. Hydration characteristics of Biodentine and Theracal used as pulp capping materials. **Dent Mater.** v. 30, n. 7, p. 709-715, Jul, 2014.

CAMILLERI, J; MALLIA, B. Evaluation of the dimensional changes of mineral trioxide aggregate sealer. **Int Endod J.** v. 44, n. 5, p. 416-424, May, 2011.

CAMPS, J; POMMEL, L; BUKIET, F; ABOUT, I. Influence of the powder/liquid ratio on the properties of zinc oxide-eugenol-based root canal sealers. **Dent Mater.** v.20, n. 10, p. 915-923, Dec, 2004.

CANNON, M; GERODIAS, N; VIERA, A; PERCINOTO, C; JURADO, R. Primate pulpal healing after exposure and TheraCal application. **J Clin Pediatr Dent.** v. 38, n. 4, p. 333-337, July, 2014.

CANTEKIN K. Bond strength of different restorative materials to light-curable mineral trioxide aggregate. **J Clin Pediatr Dent.** v. 39, n. 2, p. 143-148, Mar, 2015.

CARVALHO-JUNIOR, J.R; CORRER-SOBRINHO, L; CORRER, A.B; SINHORETI, MA; CONSANI, S; SOUSA-NETO, MD. Solubility and dimensional change after setting of root canal sealers: a proposal for smaller dimensions of test samples. **J Endod.** v. 33, n. 9, p. 1110-1116, Sep, 2007.

DREGER LA, FELIPPE WT, REYES-CARMONA JF, FELIPPE GS, BORTOLUZZI EA, FELIPPE MC. Mineral trioxide aggregate and Portland cement promote biomineralization in vivo. **J Endod.** v. 38, n. 3, p. 324-329, Mar, 2012.

EIDELMAN, E; HOLAN, G; FUKS, A.B. Mineral trioxide aggregate vs. formocresol in pulpotomized primary molars: a preliminary report. **Pediatr Dent.** v. 23, n. 1, p. 15-18, Jan-Feb, 2001.

EMAMIEH, S; GHASEMI, A; TORABZADEH, H. Hygroscopic Expansion of Aesthetic Restorative Materials: One-Year Report. **J Dent (Tehran).** v .8, n. 1, p. 25-32, Mar, 2011.

FELIPPE, W.T; FELIPPE, M.C; ROCHA, M.J.C. The effect of mineral trioxide aggregate on the apexification and periapical healing of teeth with incomplete root formation. **Int Endod J.** v. 39, n. 1, p. 2-9, Jan, 2006.

FIDEL, R.A.S; FIDEL, S.R; SPANÓ, J.C.E; BARBIN, E.L; PÉCOR, J.D. In vitro study of the dimensional changes of some endodontics cements containing calcium hydroxide. **Rev Bras Odontol.** v. 52, n. 5, p. 14-16, Set-Out, 1995.

GANDOLFI, M.G; IACONO, F; AGEE, K; SIBONI, F; TAY F; PASHLEY, D.H; PRATI, C. Setting time and expansion in different soaking media of experimental accelerated calcium-silicate cements and ProRoot MTA. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** v. 108, n. 5, p. 39-45, Dec, 2009.

GANDOLFI, M.G; SIBONI, F; PRATI, C. Chemical-physical properties of TheraCal, a novel light-curable MTA-like material for pulp capping. **Int Endod J.** v. 45, n. 6, p. 571-579, Jun, 2012.

GORACCI C, FABIANELLI A, SADEK FT, PAPACCHINI F, TAY FR, FERRARI M. The contribution of friction to the dislocation resistance of bonded fiber posts. **J Endod.** v. 31, n. 8, p. 608-612, Aug, 2005.

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.** v. 112, n. 4, p. 353-361, Aug, 2004.

HARAGUSHIKU GA, SOUSA-NETO MD, SILVA-SOUSA YT, ALFREDO E, SILVA SC, SILVA RG. Adhesion of endodontic sealers to human root dentine submitted to different surface treatments. **Photomed Laser Surg.** v. 28, n. 3, p. 405-410, Jun, 2010.

HEBLING, J; LESSA, F.C; NOGUEIRA, I; CARVALHO, RM; COSTA, CA. Cytotoxicity of resin-based light-cured liners. **Am J Dent.** v. 22, n. 3, p. 137-142, Jun, 2009.

HUANG, G.T.J; A paradigm shift in endodontic management of immature teeth: conservation of stem cells for regeneration. **J Dent.** v. 36, n. 6, p. 379-389, Jun, 2008.

IWAYA, S; IKAWA, M; KUBOTA, M. Revascularization of an immature permanent tooth with apical periodontitis and sinus tract. **Dent Traumatol.** v. 17, n. 4, p. 185-187, Aug, 2001.

LEE, H; SHIN Y; KIM, S.O; LEE H.S; CHOI, H.J; SONG, J.S. Comparative Study of Pulpal Responses to Pulpotomy with ProRoot MTA, RetroMTA, and TheraCal in Dogs' Teeth. **J Endod.**v.41, n. 8, p. 1317-1324, Aug, 2015.

LLOYD, CH; JEFFREY, IW; MANNION, MJ. The strength of lining materials under constraint. **J Oral Rehabil.** v. 9, n. 5, p. 435-443, Sep, 1982.

MAROTO, M; BARBERIA, E; PLANELLS, P; VERA, V. Treatment of a non-vital immature incisor with mineral trioxide aggregate (MTA). **Dent Traumatol.** v. 19, n. 3, p. 165-9, Jun, 2003.

MURRAY, P.E; GARCIA-GODOY, F.HARGREAVES, K.M. Regenerative endodontics: a review of current status and a call for action. **J Endod.** v. 33, n. 4, p. 377-390, Apr, 2007.

ORDINOLA-ZAPATA R, BRAMANTE CM, GRAEFF MS, DEL CARPIO PEROCHENA A, VIVAN RR, CAMARGO EJ, ET AL. Depth and percentage of penetration of endodontic sealers into dentinal tubules after root canal obturation using a lateral compaction technique: a confocal laser scanning microscopy study. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** v. 108, n. 3, p. 450-457, Sep, 2009.

ORSTAVIK D; NORDAHL I; TIBBALLS J.E. Dimensional change following setting of root canal sealer materials. **Dent mater.** v. 17, n. 6, p. 512-519, Nov, 2001.

PARIROKH M; TORABINEJAD, M; Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review-Part I: chemical, physical, and antibacterial properties. **J Endod.** v. 36, n. 1 , p. 16-27, Jan, 2010.

PEREIRA, C.L; CENCI, MS; DEMARCO, F.F. Sealing ability of MTA, Super EBA, Vitremer and amalgam as root-end filling materials. **Braz. res orais.** v.18, n.4, p. 317-321, Oct-Dec, 2004.

PIERPONT, WF; GRAY, SE; HERMESCH, CB; HILTON, TJ. The effect of various bases on the fracture resistance of amalgam. **Oper Dent.** v. 19, n. 6, p. 211-216, Nov-Dec, 1994.

POGGIO, C; ARCIOLA, CR; BELTRAMI R, MONACO, A; DAGNA, A; LOMBARDINI, M; VISAI, L, 2014 Cytocompatibility and antibacterial properties of capping materials. **Scientific World Journal.** v. 2014, n. 1, p. 2-10 , May, 2014

PRASAD, A; PUSHPA, S; ARUNAGIRI, D; SAWHNY, A; MISRA, A; SUJATHA, R. A comparative evaluation of the effect of various additives on selected physical properties of white mineral trioxide aggregate. **J Conserv Dent.** v.18, n. 3, p. 237-241, May-Jun, 2015.

RAFTER, M. Apexification: a review. **Dent Traumatol.** v. 21, n. 1, p. 1-8, Feb, 2005.

REYES-CARMONA JF, FELIPPE MS, FELIPPE WT. Biomineralization ability and interaction of mineral trioxide aggregate and white portland cement with dentin in a phosphate-containing fluid. **J Endod.** v. 35, n. 5, p. 731-736, May, 2009.

REYES-CARMONA JF, FELIPPE MS, FELIPPE WT. The biomineralization ability of mineral trioxide aggregate and Portland cement on dentin enhances the push-out strength. **J Endod.** v. 36, n. 2, p. 286-291, Feb, 2010.

SAFAVI, K.E; NICHOLLS, F.C. Alteration of biological properties of bacterial lipopolysaccharide by calcium hydroxide. **J Endod.** v. 20, n. 30, p. 127- 129, Mar, 1994.

SARKAR N.K.; CAICEDO R.; RITWIK P.; MOISEYENA R.; KAWASHIMA I. Physiochemical basis of the biological properties of Mineral Trioxide Aggregate. **Journal of Endodontics**, v.31, n.2, p.97-100, 2005.

SHEN, Q; SUN, J; WU, J; LUI, C; CHEN, F. An in vitro investigation of the mechanical-chemical and biological properties of calcium phosphate/calcium silicate/bismutite cement for dental pulp capping. **Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials.** v. 94, n. 1, p. 141-148, Jul, 2010.

SHORER, V; HIRSCHFELD, Z; GRAJOWER, R. Dycal: physical properties and resistance to amalgam condensation. **J Prosthet Dent.** v. 51, n. 3, p. 358-363, Mar, 1984.

SUH, B; CANNON, M; YIN, R; MARTIN, D. Polymerizable dental pulp healing, capping, and lining material and method for use. **International Patent A61K33/42; A61K33/42** Application number WO2008US54387 20080220; Publication number WO2008103712 (A2); Publication date 2008-08- 28.

TEIXEIRA, C.S; FELIPPE, M.C.S; FELIPPE, W.T. The effect of application time of EDTA and NaOCl on intracanal smear layer removal: a sem analysis. **Int Endod J.** v. 38, n. 5, p. 285-290, May, 2005.

TEIXEIRA, C.S; SILVA-SOUZA, YTC; SOUZA-NETO, M.D. Bond strength of fiber posts to weakened roots after resin restoration with different light curing times. **J Endod.** v. 35, n. 7 p. 1034-1039, July, 2009.

THIBODEAU, B; TROPE, M. Pulp revascularization of a necrotic infected immature permanent tooth: case report and review of the literature. **Pediatr Dent.** V. 29, n. 1, p. 47-50, Jan-Feb, 2007.

TORABINEJAD, M; CHIVIAN, N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. **J Endod.** v. 25, n. 3, p. 197-205, Mar,1999.

TORABINEJAD, M; HONG, C.U; MCDONALD, F; PITT, FORD, T.R. Physical and Chemical Properties of a New Root-End Filling Material. **J Endod.** v. 21, n. 7, p.349- 353, Jul, 1995.

TROPE, M. Treatment of immature teeth with non-vital pulps and apical periodontitis. **Dent Clin North Am.** v. 54, n. 2, p. 313-324, Apr, 2010.

VITTI, R.P; PRATI, C; SILVA, E.J; SINHORETI, M.A; ZANCHI, C.H; DE SOUZA E SILVA M.G; OGLIARI, F.A; PIVA E; GANDOLFI, M.G. Physical properties of MTA Fillapex sealer. **J Endod.** v. 39, n. 7, p. 915-8, Jul, 2013.

WALSH, R.M; GLICKMAN, G.N; HE, J; WOODMANSEY, K.F. Evaluation of compressive strength of hydraulic silicate-based root-end filling materials. **J Endod.** v. 40, n. 7, p. 969-972, Jul, 2014.

WEI, YJ; SILIKAS, N; ZHANG, ZT; WATTS, DC. The relationship between cyclic hygroscopic dimensional changes and water sorption/desorption of self-adhering and new resin-matrix composites. **Dent Mater.** v. 29, n. 9, p. 218-226, Sep, 2013.

APÊNDICE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, Eduardo Antunes Bortoluzzi, professor de Graduação e Pós-Graduação em Odontologia da UFSC, irei desenvolver a pesquisa intitulada: “**Avaliação de propriedades físico-mecânicas de um novo cimento de silicato de cálcio**” com o objetivo de avaliar algumas propriedades físico-mecânicas do cimento Theracal, estas exigidas quando este material é utilizado para recobrir o coágulo sanguíneo no tratamento de Revascularização.

Sua participação acontecerá por meio da doação do seu dente permanente, extraído por motivos alheios a esta pesquisa. Portanto, não há riscos diretos relacionados ao estudo, apenas aqueles inerentes aos procedimentos de extração. Além disso, será garantido o sigilo, o respeito e a privacidade dos participantes, assim como a indenização diante de qualquer intercorrência relativa à pesquisa. Esta pesquisa foi submetida e pautada na Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde.

Não haverá benefício direto para o paciente. No entanto, ao final da pesquisa será possível saber se o material a ser testado (Theracal) possui aceitável estabilidade dimensional, resistência a compressão e ao deslocamento. Caso ele seja superior aos outros materiais testados na pesquisa, poderá ser indicado como material protetor do coágulo na Revascularização aumentando as chances de sucesso desta modalidade de tratamento.

Qualquer dúvida em relação a pesquisa você poderá entrar em contato, a qualquer momento, comigo pelo telefone (48) 3721-9549, ou com a secretária do Departamento de Odontologia (48) 3721-9520. Caso exista alguma dúvida sobre a ética em pesquisa, você poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEPSH) da Universidade Federal de Santa Catarina, telefone: (48) 3721-9206, de segunda a sexta-feira das 7h às 19h. O endereço do CONEP também se encontra no rodapé da página.

Se você estiver de acordo em doar o seu dente, garantimos que ele será utilizado somente neste trabalho, e que não haverá ligação entre o dente doado e o paciente doador. A desistência da doação do dente não implicará em nenhum tipo de prejuízo à você, ficando o dente à sua disposição para devolução, até o início da pesquisa. Informamos também que seu dente não será utilizado em nenhum outro tipo de pesquisa biológica.

Prof. Dr. Eduardo Antunes Bortoluzzi (Pesquisador) _____
Laboratório de Endodontia, Departamento de Odontologia, Centro de Ciências da Saúde, Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima, Trindade, Florianópolis, Santa Catarina, CEP: 88040-900.

Assinatura do participante ou responsável legal _____
CPF ou RG:

Florianópolis, de de 2015.

CEPSH (Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos) / UFSC. Endereço: Biblioteca Universitária Central/UFSC Setor de Periódicos (terceiro). Florianópolis/ SC. CEP: 88040-900. Telefone: (48) 3721-9206. E-mail: cep@reitoria.ufsc.br

CONEP (Comissão Nacional de Ética em Pesquisa). Endereço: SEPN 510 NORTE, BLOCO A 1º SUBSOLO, Edifício Ex-NNAN - Unidade II - Ministério da Saúde, Brasília/DF. Telefone: (61) 3315-5878

CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

Eu, _____ fui suficientemente esclarecido (a) sobre a pesquisa "Avaliação de propriedades físico-mecânicas de um novo cimento de silicato de cálcio" e concordo voluntariamente em doar meu(s) dente(s) e permitir que seja(m) utilizado(s) para atingir o objetivo proposto pela pesquisa. Ficou claro que minha participação é livre de despesa, e que poderei a qualquer momento antes do início da pesquisa, sem penalidades ou prejuízos e sem a perda de atendimento na Universidade Federal de Santa Catarina, recusar a doação do meu dente e, portanto, participação na pesquisa. Além disso, eu receberei uma cópia deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e a outra ficará com a pesquisador responsável pela pesquisa. Também estou ciente que esta pesquisa esta submetida e pautada na Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde.

Florianópolis, _____ de _____ de 2015.

Assinatura do participante ou responsável legal: _____

CPF ou RG: _____ Fone: _____

Dente(s): _____

Prof. Dr. Eduardo Antunes Bortoluzzi (Pesquisador) _____

Laboratório de Endodontia, Departamento de Odontologia, Centro de Ciências da Saúde, Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima, Trindade, Florianópolis, Santa Catarina, CEP: 88040-900. Fone: (48) 37219549.

CEPSH (Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos) / UFSC . Endereço: Biblioteca Universitária Central/UFSC Setor de Periódicos (térreo), Florianópolis/ SC. CEP: 88040-900. Telefone: (48) 3721-9206. E-mail: cep@vitoria.ufsc.br

CONEP (Comissão Nacional de Ética em Pesquisa). Endereço: SEPN 510 NORTE, BLOCO A 1º SUBSOLO, Edifício Ex-DNAN - Unidade II - Ministério da Saúde, Brasília/DF. Telefone: (61) 3315-5878

ANEXO

PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINAUNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Avaliação de propriedades físico-mecânicas de um novo cimento de silicato de cálcio.

Pesquisador: Eduardo Antunes Bortoluzzi

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 44804915.3.0000.0121

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.095.930

Data da Relatoria: 08/06/2015

Apresentação do Projeto:

O projeto intitulado "Avaliação de propriedades físico-mecânicas de um novo cimento de silicato de cálcio" trata de um estudo que visa avaliar propriedades físico-mecânicas do Theracal exigidas em situações específicas, como a estabilidade dimensional, resistência à compressão e resistência de união ao cisalhamento por extrusão (push-out).

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Avaliar propriedades físico-mecânicas do Theracal.

Objetivo Secundário:

- Avaliar a alteração dimensional após presa e resistência a compressão do Theracal. - Verificar, por meio do teste de resistência de união ao cisalhamento por extrusão (push-out), a força necessária para o deslocamento do Theracal da região cervical do canal. - Analisar o tipo de falha ocorrida após o teste de push-out. - Comparar os resultados do Theracal com os dos grupos controle.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II (Edifício Santa Clara), R. Desembargador Vitor Lima,
Bairro: Trindade **CEP:** 88.040-400
UF: SC **Município:** FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 **E-mail:** cep.propesq@contato.ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



Continuação do Parecer: 1.095.930

Os dentes que serão utilizados para a pesquisa serão coletados após extração realizada por alunos de graduação e pós-graduação da Universidade. Os riscos e/ou desconfortos são aqueles associados aos procedimentos da extração realizado pelos alunos (perante uma boa anamnese e execução supervisionada por um professor, os riscos serão mínimos), que são alheios a esta pesquisa, e não haverá necessidade de procedimentos adicionais àqueles inerentes à extração convencional dos dentes. Após a realização da pesquisa e obtenção dos resultados, os dentes serão descartados em local apropriado para descarte de material biológico da Universidade.

Benefícios:

Não há benefício direto ao indivíduo que doar o dente, mas haverá benefícios à população em longo prazo ao gerar conhecimento que possa indicar o uso do TheraCal para o procedimento de Revascularização. O tratamento poderá se tornar mais rápido e eficaz, um menor número de consultas será necessário, resultando em tratamentos menos onerosos para a população. É importante ressaltar que se os resultados dessa pesquisa forem positivos, estes não serão sozinhos evidência científica suficiente para a indicação definitiva do TheraCal para o procedimento de Revascularização, outros estudos precisarão ser realizados.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa apresenta pertinência, fundamentação bibliográfica, clareza em seus objetivos e uma vez obtidos os dados conclusivos será possível saber se o material a ser testado (TheraCal) possui aceitável estabilidade dimensional, resistência a compressão e ao deslocamento. Caso ele seja superior aos outros materiais testados na pesquisa, poderá ser indicado como material protetor do coágulo na Revascularização aumentando as chances de sucesso desta modalidade de tratamento.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os documentos estão de acordo com as solicitações do CEPISH.

Recomendações:

Não se aplica.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Foi apresentada a nova Declaração da Instituição, não havendo inadequações, ou impedimentos a realização da pesquisa.

Situação do Parecer:

Aprovado

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II (Edifício Santa Clara), R: Desembargador Vitor Lima,
Bairro: Trindade CEP: 88.040-400
UF: SC Município: FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 E-mail: cep.propesq@contato.ufsc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA - UFSC



Continuação do Parecer: 1.095.930

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

Considerações Finais a critério do CEP:

FLORIANOPOLIS, 08 de Junho de 2015

Assinado por:
Washington Portela de Souza
(Coordenador)

Endereço: Universidade Federal de Santa Catarina, Prédio Reitoria II (Edifício Santa Clara), R: Desembargador Vitor Lima,
Balmo: Trindade CEP: 88.040-400
UF: SC Município: FLORIANOPOLIS
Telefone: (48)3721-6094 E-mail: cep.propesq@contato.ufsc.br

