



ANEXO 2

CONCORDÂNCIA DO ORIENTADOR

Declaro que o (a) aluno (a) Verônica B.M.R. Coruto RA 084184
esteve sob minha orientação para a realização do Trabalho de Conclusão de Curso
intitulado Cimentos endodônticos à base de silicatos no ano de 2012.
de cálcio: uma revisão de literatura

Concordo com a submissão do trabalho apresentado à Comissão de
Graduação pelo aluno, como requisito para aprovação na disciplina DS833 - Trabalho de
Conclusão de Curso.

Piracicaba, 5 de setembro de 2012

Daniela Cristina Miyagaki
(nome e assinatura do orientador)
Daniela Cristina Miyagaki



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



**Cimentos endodônticos à base de silicato de cálcio: uma revisão da
literatura**

Verônica Beatriz Miguelon Ribeiro Canuto

2012

Piracicaba

UNICAMP



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



Autor: Verônica Beatriz Miguelon Ribeiro Canuto

**Cimentos endodônticos à base de silicato de cálcio: uma revisão da
literatura**

Trabalho de conclusão de curso de Graduação
em Odontologia apresentado como parte dos
requisitos finais para obtenção do título de
Cirurgião-Dentista pela Faculdade de
Odontologia de Piracicaba / UNICAMP

Orientadora: Daniela Cristina Miyagaki

Piracicaba

2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR
JOSIDELMA F COSTA DE SOUZA– CRB8/5894 - BIBLIOTECA DA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA DA UNICAMP

Canuto, Verônica Beatriz Miguelon Ribeiro.

C169c Cimentos endodônticos à base de silicato de cálcio: uma
revisão da literatura / Verônica Beatriz Miguelon Ribeiro
Canuto. -- Piracicaba, SP: [s.n.], 2012.

Orientador: Daniela Cristina Miyagaki.

Trabalho de Conclusão de Curso(graduação) –
Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de
Odontologia de Piracicaba.

1.Endodontia. 2. Obtenção do canal radicular. 3.
Materiais restauradores do canal radicular. I. Miyagaki,
Daniela Cristina. II. Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Dedico este trabalho à minha família:

Meus pais, Sérgio e Lourdes

E meus irmãos Victor Hugo e Vinícius.

Agradecimentos:

Em primeiro lugar, à minha família, pelo apoio incondicional nessa etapa de vida, pela presença em cada passo dado, pelo trabalho árduo de meus pais para uma educação completa. Muito obrigada por tudo!

À minha segunda família que formei quando cheguei a Piracicaba, aonde eu não poderia ter sido mais feliz: Mariana Vercellino, Maria Teresa Barbosa, Luisa Balero, Isabela Tardivo, Thais Takao, Larissa Medauar, Jéssica Pignatti, Renato Peloso e Juliana Pucci.

Ao meu querido, e também melhor amigo, que esteve comigo nos momentos mais importantes da minha vida, Alex Peguinelli e também a toda sua família, Mara e Edmur Trevizo e sua irmã Aline Trevizo.

Aos meus amigos de turma: Aos que já se formaram, mas nunca deixaram de ter um lugar em meu coração, meus queridos amigos da minha turma 52, Rafaela D. B. Prado, Zarina Barbosa, Camila Pousa, Damila Assunção, Marina Marcelloni, Karina Domingues, Guilherme Pietrobon, Lucas Sicca, Bruno Vitti, Staline Fatuda, Mario Rodolpho Sanjuan Barbosa e tantos outros, pela convivência e confidências, risadas e angústias durante esses anos.

Aos novos amigos que formei quando ingressei na turma 53, Janine Belloti, Paulo Henrique Gabriel, Diogo Custódio, Rodrigo Miyagi, Marcella Rosa e tanto outros que sempre estão por lá quando precisados.

Aos funcionários da clínica, em especial ao Marco Antonio Rapetti, Daiane de Fátima Pires e a Janaína Leite, pela paciência e compreensão.

Aos funcionários da UNICAMP, desde as auxiliares de limpeza e porteiros, até aos funcionários da diretoria que tornaram possível o trabalho executado na faculdade.

Aos professores da UNICAMP – Faculdade de Odontologia de Piracicaba (FOP), os quais transmitiram os seus conhecimentos para a minha formação.

A pós- graduada e co-orientadora Daniela Cristina Miyagaki que me ajudou em cada passo deste trabalho e também na clínica de graduação.

E finalmente aos meus amigos e familiares que estiveram presentes comigo nesta caminhada. Muito obrigada a todos!

RESUMO

O agregado trióxido mineral é um material muito utilizado na endodontia para diversas finalidades tais como tratamento de perfurações e obturação retrógada. Devido às suas excelentes propriedades, procurou-se desenvolver cimentos endodônticos que buscam incorporar estas propriedades favoráveis do MTA, mas com melhor escoamento e tempo de presa. Algumas formulações foram desenvolvidas, no entanto, ainda não há um cimento ideal. Até o momento não há um estudo que revisou as propriedades destes cimentos, e diante da necessidade, o objetivo desta revisão foi de reunir todas as informações existentes sobre os cimentos endodônticos à base de silicato de cálcio. Uma busca extensiva na literatura endodôntica foi realizada com o objetivo de identificar todas as publicações relacionadas aos cimentos à base de silicato de cálcio. Foram considerados estudos que avaliaram as propriedades físicas, químicas e biológicas. No geral, são cimentos que apresentaram boas propriedades, como escoamento, resistência de união, radiopacidade, microinfiltração e outras. Porém, mais estudos são necessários com intuito de poder indicá-los clinicamente.

Palavras-chaves: Endodontia, Obturação do canal radicular, Materiais restauradores do canal radicular.

ABSTRACT

The mineral trioxide aggregate is a material widely used in endodontics for various purposes such as treatment of perforations and retrograde filling. Due to its excellent properties, we sought to develop sealers that seek to incorporate these favorable properties of the MTA, but with better flow and setting time. Some formulations have been developed, however, there is no one ideal cement. So far there is no study that reviewed the properties of these cements, and given the need, the purpose of this review was to gather all existing information about the sealers based on calcium silicate. An extensive search was conducted in endodontic literature in order to identify all publications related to cement-based calcium silicate. We considered studies that assessed the physical, chemical and biological. In general, cements that are presented good properties such as flow, bond strength, radiopacity, and other microleakage. However, more studies are needed with the aim of being able to display them clinically.

Keywords: Endodontics, root canal obturation, root canal filling materials.

SUMÁRIO

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2. DESENVOLVIMENTO..... | 3 |
| 2.1 Cimentos endodônticos à base de silicato de cálcio- formulações existentes..... | 3 |
| 2.2 Microinfiltração..... | 5 |
| 2.3 Solubilidade..... | 7 |
| 2.4 Resistência de união..... | 8 |
| 2.5 Atividade Antimicrobiana..... | 11 |
| 2.6 Biocompatibilidade – em subcutâneo de ratos e citotoxicidade..... | 12 |
| 2.7 Propriedades físicas (pH, liberação de cálcio, tempo de presa)..... | 15 |
| 2.8 Radiopacidade..... | 16 |
| 2.9 Resistência à fratura..... | 17 |
| 2.10 Escoamento..... | 18 |
| 3. CONCLUSÃO..... | 19 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 20 |

1. INTRODUÇÃO

Existem vários estudos documentando que a periodontite apical é causada por microrganismos e seus subprodutos. Portanto, o tratamento endodôntico tem como objetivo principal eliminar a infecção do sistema de canais radiculares e evitar a sua recontaminação, que são realizados por meio da limpeza, modelagem, e obturação do canal (Kakehashi et al., 1965; Schilder, 1967; Sundqvist et al., 1998). Para a obturação endodôntica, a utilização da guta percha como material de preenchimento é considerado como um procedimento padrão (Apicella et al., 1999; Rajput et al., 2004). No entanto, a guta-percha é um material que não possui aderência à superfície da dentina e por isso deve ser utilizado em conjunto com cimentos endodônticos, os quais devem apresentar adequado escoamento para preencher os espaços entre a guta-percha e as paredes do canal, assim como devem também apresentar resistência de união à dentina radicular, o que irá contribuir para a qualidade de selamento (Schilder, 1967; Apicella et al., 1999; Rajput et al., 2004).

Atualmente, encontram-se disponíveis no mercado vários cimentos endodônticos com diferentes formulações como os cimentos à base de óxido de zinco e eugenol, ionômero de vidro, os que contêm hidróxido de cálcio, à base de resinas epóxica ou metacrilato, silicone, e mais recentemente, à base de agregado trióxido mineral (Zmener et al., 2005; Bernardes et al., 2010). Estes materiais devem preencher vários requisitos como apresentar boa tolerância tecidual, estimular ou permitir deposição de tecido mineralizado, ter ação antimicrobiana, não sofrer contrações e não ser solubilizado dentro do canal radicular (Leonardo, 2005; Desai & Chandler, 2009).

No entanto, até o presente momento, não há um cimento que preencha todos os requisitos. Deste modo, tem sido proposto o desenvolvimento de cimentos endodônticos com as propriedades favoráveis do MTA (agregado trióxido mineral), como pH alcalino (Santos et al., 2005; Antunes Bortoluzzi et al., 2006), mecanismo de ação semelhante ao hidróxido de cálcio (Holland et al., 1999), propriedades físico-químicas (Torabinejad et al., 1993) e de biocompatibilidade superiores (Gomes-Filho et al., 2009), selamento efetivo à dentina e cimento, não apresenta

contração de polimerização, e promove reparo biológico e regeneração do ligamento periodontal (Bogen & Kuttler, 2009). Este é um material amplamente utilizado na endodontia e estima-se que uma das causas do sucesso do MTA seja por possuir capacidade de induzir a deposição de cristais de hidroxiapatita na presença de fluidos orgânicos (Sarkar et al., 2005). Apesar de suas características favoráveis, devido à sua dificuldade na manipulação, pouco tempo de trabalho e tempo de presa, sua aplicação clínica como cimento obturador de canal radicular era limitado (Torabinejad et al., 1995b; Kogan et al., 2006; Camilleri, 2008). Portanto, modificações em sua formulação têm sido propostas para que seja possível sua utilização como cimento endodôntico.

Com isso, foram lançados cimentos à base de silicato de cálcio como o Endo-CPM- Sealer® (EGEO SRL, Buenos Aires, Argentina), iRoot SP® (InnovativeBioCeramixInc, Vancouver, Canada) e o ProRootEndoSealer® (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland). A literatura relata que esses cimentos experimentais à base de MTA possuem boas propriedades de selamento semelhante a cimentos à base de resina epóxica (Weller et al., 2008), obtiveram também maior resistência ao cisalhamento por extrusão que AH Plus Jet (Dentsply De Trey, GmbH, Konstanz, Germany) ou Pulp Canal Sealer (SybronEndo Corporation, Orange, CA, USA) após imersão em solução que simula fluído do corpo (simulatedbodyfluid) (Huffman et al., 2009). Além disso, possuem biocompatibilidade aceitável, estimulam mineralização e demonstraram bioatividade pela deposição de cristais de apatita quando imersos em soluções contendo fosfato (Weller et al., 2008; Gomes-Filho et al., 2009). Recentemente foi lançado o MTA Fillapex® (Ângelus, Londrina, PR, Brasil). Segundo o fabricante, trata-se de um cimento pasta-pasta, composto de resinas, óxido de bismuto, MTA, sílica nanoparticulada e pigmentos. Poucos estudos já avaliaram suas propriedades, no entanto, foi observado que este cimento apresentou menores valores de resistência ao cisalhamento por extrusão que AH Plus e i Root(Sagsen et al., 2011), altos índices de solubilidade(Borges et al., 2011) além de possuir boa radiopacidade (Vidotto et al., 2011), biocompatibilidade e capacidade de estimular a mineralização (Gomes-Filho et al., 2011).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho de revisão, foi de averiguar sobre o comportamento destes cimentos e tentar juntar evidências científicas que suportem seu uso clinicamente.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Cimentos endodônticos à base de silicato de cálcio-formulações existentes

O Agregado Trióxido Mineral (MTA) é um material amplamente utilizado na endodontia sendo preconizado para capeamento pulpar (Aeinehchi et al., 2003), apicificação (Levenstein, 2002; Steinig et al., 2003), reparo de perfurações, material retroobturador (Torabinejad et al., 1993; Torabinejad et al., 1995a), e para pulpotomia parcial (Witherspoon et al., 2006) ou total (Barrieshi-Nusair&Qudeimat, 2006). Sua formulação é baseada no cimento de Portland cujos principais componentes são silicato tricálcico, silicato dicálcico, aluminato tricálcico, ferro aluminato tetracálcico e sulfato de cálcio hidratado.

Apesar de suas características favoráveis, modificações em sua formulação tem sido propostas tanto para uso como cimento endodôntico como material retroobturador (Antunes Bortoluzzi et al., 2006; Bortoluzzi et al., 2006; Kogan et al., 2006; Tanomaru et al., 2008), no sentido de agregar polímeros e outras substâncias para melhorar características como escoamento, tempo de presa e força de adesão, sem alterar sua propriedade de biocompatibilidade (Camilleri, 2009).

Diversos cimentos à base de MTA foram desenvolvidos, no entanto, até hoje há uma busca constante em desenvolver um produto com propriedades adequadas. Formulações como o MTA Obtura® (Angelus, Soluções Odontológicas, Londrina, PR, Brazil) e ProRootEndoSealer® (DentsplyMaillefer, Ballaigues, Switzerland) foram desenvolvidos, porém não existem atualmente. O MTA-Obtura® é uma mistura de MTA branco com um líquido viscoso (Monteiro Bramante et al., 2008). Já o ProRootEndoSealer® é um cimento endodôntico cujos principais componentes do pó são silicato tricálcico e silicato dicálcico, com a inclusão de cálcio sulfato para retardar a presa, óxido de bismuto como radiopacificador e uma pequena quantidade

de aluminato tricálcico. Pode ser considerado um material bioativo, pois existe uma liberação de íons cálcio e íons hidroxila de um dos seus componentes (Camilleri & Pitt Ford, 2006; Wang et al., 2008). Esses íons são liberados lentamente, interagem com os fluídos contendo fosfato e formam os cristais de apatita (Sarkar et al., 2005).

Posteriormente, surgiram outros cimentos como o iROOT SP ® (InnovativeBioCeramixInc, Vancouver, Canadá) que tem como composição óxido de zircônios, silicatos de cálcio, fosfato de cálcio, hidróxido de cálcio, agente de enchimento e de espessamento. Apresentado na forma de cimento pré-misturado, pronto para uso e injetável. É um material insolúvel, radiopaco e livre de alumínio, mas que requer a presença de umidade para tomar presa e endurecer (Zhang et al., 2010).

O Endo- CPM Sealer ® (EGEO srl, Buenos Aires, Argentina) é outro material também disponível, o qual foi lançado na Argentina e CPM significa cimento de Portland modificado. Ele se apresenta em dois frascos um de pó e outro de líquido, em que o pó consiste de finas partículas hidrofílicas que formam um gel coloidal na presença de umidade, e o líquido consiste de solução salina e cloreto de cálcio (Orosco et al., 2008). Segundo o fabricante, apresenta em sua composição 50 % de MTA e também sulfato de bário, carbonato de cálcio, alginato de propilenoglicol, propilenoglicol, citrato de sódio e cloreto de cálcio.

Mais recentemente, surgiu o MTA-FILLAPEX® (Ângelus Ind, Londrina, Brasil) apresenta na forma de pasta a pasta com pontas de auto-mistura permite a obtenção mais homogênea do produto. Segundo o fabricante sua composição apresenta resina salicilato, resina diluente, resina natural, óxido de bismuto, sílica nanoparticulada, Trióxido Agregado Mineral, Pigmentos. Segundo o fabricante, possui alta radiopacidade, baixa solubilidade, baixa expansão durante a presa, e promove deposição de tecido duro (http://www.angelus.ind.br/en/endodontics/mta_fill-apex/).

A literatura relata que estes cimentos à base de MTA são biocompatíveis, estimulam a mineralização (Gomes-Filho et al., 2009), e estimulam a precipitação de cristais “apatita-like” ao longo das paredes dos terços apical e médio do canal (2008). Vários são os requisitos que os cimentos endodônticos devem apresentar, tais como biocompatibilidade, facilidade de inserção e remoção de dentro do canal radicular, viscosidade, adesão às paredes do canal radicular, tempo de

manipulação, boa estabilidade, escoamento e radiopacidade, atividade antimicrobiana e insolubilidade (Grossman, 1958). Mas, até o momento, a literatura carece de estudos que avaliem todas as suas propriedades físico-químicas e biológicas.

2.2 Microinfiltração

O cimento obturador deve ter a capacidade de selamento, pois este é importante para o sucesso do tratamento endodôntico. O ideal seria que o material obturador tivesse o mais perfeito selamento dentro dos canais radiculares, assegurando a não entrada de microorganismos dentro do canal e também favorecendo a reparação tecidual (Salz et al., 2009).

No ano de 2008, Weller et al.(2008) averiguaram a qualidade de selamento do cimento à base de silicato de cálcio ProRootEndoSealer® e também suas características morfológicas depois de imerso em um fluido contendo fosfato (PCF), usando dentes unirradiculares que foram obturados com guta percha como material sólido e cimentos à base de silicato de cálcio ProRootEndoSealer®, cimento à base de óxido de zinco e eugenolPulp Canal Sealer® (SybronEndo, Orange, CA, EUA) e também cimentos à base de resina epóxica AH Plus® (DentsplyCaulk, Milford, DE, EUA). Os dentes obturados foram imersos por 24 horas durante 6 dias em uma solução contendo fosfato, antes da avaliação da microinfiltração. Depois de analisada a microinfiltração no sétimo dia, os dentes obturados foram restaurados, e imersos novamente no líquido por 28 dias antes da segunda avaliação da microinfiltração no 35° dia. Amostras adicionais foram feitas para serem analisadas após a imersão, nos dois períodos utilizando-se microscopia eletrônica de varredura. Usando o teste de Tukey e ANOVA nenhuma diferença foi encontrada entre a resina epóxica e o cimento à base de silicato de cálcio, depois de analisado os dois períodos. Os espécimes do cimento à base de silicato de cálcio demonstram que houve uma deposição de apatita ao longo do terço médio e apical dos canais radiculares. O estudo pode concluir que o cimento ProRootEndoSealer® obteve qualidade de selamento comparável ao cimento a base de resina epóxica, provavelmente devido à sua propriedade bioativa. Além disso, possuem um selamento melhor do que os cimentos à base de óxido de zinco e eugenol.

Posteriormente, Oliveira et al. (2011) realizaram um estudo avaliando a infiltração bacteriana após a obturação de canais radiculares com vários cimentos endodônticos, incluindo os cimentos à base de MTA. Foram utilizados 130 dentes humanos unirradulares os quais foram divididos aleatoriamente em grupos experimentais e dois grupos de controle. Foram utilizados 6 cimentos endodônticos: AH Plus®, Sealer 26®, Epiphany SE®, Sealapex®, Active GP®, Endofill® e dois cimentos À base de MTA a saber: Endo CPM Sealer® e cimento de MTA. Dentes do grupo controle não possuíam preenchimento com cimento ou eram completamente impermeáveis. Os canais radiculares foram preparados e preenchidos com guta-percha e um dos cimentos utilizados podendo ser o Resilon ou Epiphany SE®. Antes dos experimentos de microinfiltração utilizando as bactérias *Enterococcus faecalis*, os dentes foram esterilizados com óxido de etileno. A cada 24 horas durante 16 semanas, a microinfiltração foi avaliada. Como resultados, durante 120 dias, uma microinfiltração significativa foi vista nos dentes obturados com AGP, CPM e MTAS. A melhor capacidade de selamento foi observada para AH Plus e Sealapex. O estudo pôde concluir que todos os cimentos obturadores testados têm uma microinfiltração, porém os cimentos à base de MTA foram que tiveram uma microinfiltração maior.

No mesmo ano, Camilleriet al. (2011), se propuseram avaliar a capacidade de selamento de 2 cimentos: cimento à base de trióxido mineral agregado (MTA) e Celulose Canal Sealer (PCS), usado com guta-percha, utilizando o método de filtração de fluidos, de lixiviação (ii) e da superfície em solução salina equilibrada de Hank (HBSS) durante um período de tempo. Características de superfície em HBSS foram avaliados sob o microscópio eletrônico de varredura, após 1 e 28 dias, e a lixiviação de ambos os cimentos foram avaliados por plasma indutivamente acoplado por espectrometria de absorção atômica (ICP-AAS). Além disso, 24 dentes extraídos foram obturados usando compactação quente vertical preenchido com MTAS ou PCS utilizados como cimentos junto com a guta-percha. Quatro dentes foram utilizados como os controles positivos e negativos. Capacidade de vedação foi avaliada após 1 ou 28 dias, utilizando o método de filtração de fluidos. O cimento MTA exibiu depósitos cristalinos ricos em cálcio e fósforo em sua superfície quando em contato com uma solução fisiológica. A capacidade de vedação do cimento MTA foi semelhante à do PCS. O cimento à base do agregado trióxido mineral tinha

capacidade de vedação comparável à de um cimento comum. Em contato com um fluido corporal simulado, o cimento MTA lançou íons cálcio em solução que incentivaram a deposição de fosfato de cristais de cálcio.

2.3 Solubilidade

A solubilidade é uma importante característica do cimento obturador, estes materiais devem ser insolúveis ou ter baixa solubilidade em fluidos orgânicos (Schafer & Zandbiglari, 2003). A baixa solubilidade vai determinar o sucesso do tratamento endodôntico com o selamento dos canais radiculares obtendo um vedamento tridimensional (Souza, 2006). Uma alta solubilidade é indesejável pois a dissolução pode permitir a formação de gaps entre o material e paredes dentinárias, o que pode aumentar a microinfiltração bacteriana com o passar do tempo (Orstavik, 2005). A especificação nº57 da ANSI/ADA (2000) determina que a perda de massa durante o período de imersão em água após a presa não deve exceder 3% da massa.

Segundo Weller et al (2008) depois de imerso em fluido contendo fosfato as características morfológicas do cimento à base de silicato de cálcio ProRootEndoSealer® difere de antes. Em contato com o fosfato, há uma formação de cristais de apatita ao longo do terço médio e apical dos canais radiculares, por esta razão podemos chamar este cimento de bioativo.

Borges et al. (2011) testaram diferentes cimento endodônticos com a intenção de comparar as mudanças na estrutura de superfície e a distribuição elemental, bem como a porcentagem da liberação de íons. Foram utilizados quatro cimentos à base de silicato de cálcio e também um cimento à base de resina epóxica, todos submetidos à um teste de solubilidade. Para tanto foi testada a solubilidade dos cimentos endodônticos das marcas AH Plus®, iRoot SP®, MTA Fillapex®, Sealapex® e MTA-Angelus(MTA-A)®, testes estes que foram realizados de acordo com a norma ANSI / ADA Especificação 57. As estatísticas foram analisadas através do teste ANOVA e teste de Tukey. Foi submetida a testes de espectrofotometria de absorção atômica, a água deionizada utilizada no teste de

solubilidade, com a intenção de determinar e quantificar os íons liberados de Ca^{2+} , Na^{+} , K^{+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} e Pb^{2+} . Além disso, as superfícies exteriores e interiores das amostras submetidas e não submetidas, de cada material, ao teste de solubilidade, foram analisados através de microscopia de varredura e espectroscopia de energia dispersiva. O estudo revela que foram observados altos níveis de íons Ca^{2+} , exceto no cimento AH Plus que foi observado uma liberação de íons Zn^{2+} . A liberação de Zn^{2+} também foi observada no cimento Sealapex. Observou-se a liberação de íons Na^{2+} e K^{+} do cimento MTA-A. Após o teste de solubilidade, a estrutura morfológica de todos os cimentos sofreu variações. Houve perda de matriz e as partículas de carga ficaram mais notáveis. Na análise EDX foi notada uma alta presença de cálcio e de carbono na superfície dos cimentos Sealapex, MTA Fillapex e iRoot SP. O estudo concluiu que o cimento AHPlus e MTA-A estavam de acordo com o que a ANSI/ADA's preconiza no requisito solubilidade, enquanto o iRoot SP, MTA Fillapex, e Sealapex não cumpriram com os protocolos preconizados.

2.4 Resistência de união

Atualmente, a utilização de um cimento endodôntico e um material termoplástico para obturar canais radiculares é a norma aceita nos procedimentos nos canais radiculares. A micro infiltração para o terço apical ou coronal pode ser uma possível causa do insucesso do tratamento (De Moor & Hommez, 2000) por isso o cimento endodôntico deve possuir uma bom selamento (Laghios et al., 2000) e ter propriedades adesivas (Gettleman et al., 1991; Saleh et al., 2003; Tagger et al., 2003).

Para um cimento endodôntico, a habilidade de resistir a ruptura de vedação através de retenção mecânica ou fricção é altamente desejável durante a flexões dentais (Panitvisai & Messer, 1995) ou preparo dos espaços para pino ao longo das paredes do canal radicular (Munoz et al., 2007).

O teste de push out é um método de análise da resistência de união que mede a resistência interfacial ao cisalhamento de diferentes superfícies, fornecendo informações importantes sobre as propriedades adesivas (Orstavik et al., 1983; Thompson et al., 1999). O teste tem a intenção de avaliar a extensão que o cimento

e o material termoplástico estão vedados, bem como a resistência adesiva à parede do canal. Além disso, os resultados são úteis para analisar o estresse sofrido durante o preparo para pino (Thompson et al., 1999). Tem sido sugerido que o teste de Push-Out proporciona uma melhor avaliação da resistência de união do que o teste de cisalhamento convencional porque a fratura ocorre paralelo à interface de união da dentina, que torna um verdadeiro teste de cisalhamento para amostras de lados paralelos (Ureyen Kaya et al., 2008).

Huffman et al. (2009) analisaram a resistência de três cimentos endodônticos na dentina radicular com e sem imersão em um fluido corporal simulado. Para a análise foi utilizado um teste Push-Out modificado que produziu espaços simulados de canal com dimensões uniformes sob condições idênticas de limpeza e modelagem. Foram utilizados sessenta dentes caninos, e com auxílio de instrumentos ProFile 0,04 e foram criados canais simulados padronizados ao longo do terço coronal, médio e apical. O estudo revelou que em frente ao teste modificado Push Out a resistência de deslocamento dos três cimentos são em ordem decrescente: ProRootEndoSealer, AH Plus Jet e Pulp Canal Sealer.

Ersahan et al. (2010) comparou a resistência de união realizando o teste Push Out com o cimento iRootSp e outros cimentos endodônticos. Foram utilizados sessenta dentes caninos humanos sem cárie que foram seccionados transversalmente abaixo da junção cimento-esmalte obtendo 120 discos de dentina de 4 mm de espessura. Esses discos foram separados aleatoriamente em 4 grupos para o tratamento de canal radicular com quatro cimentos endodônticos diferentes, a saber: (iRoot SP, AH Plus [DentsplyDeTrey GmbH, Konstanz, Alemanha], Sealapex [SybronEndo Corporation, Orange, CA], EndoREZ Ultradent [Inc, South Jordan, UT]). Após a obturação desses canais, foi realizado o Teste Push-Out para avaliar a resistência de união, utilizando, para o teste, uma máquina universal. Depois de análises, o estudo concluiu que o cimento iRoot SP® e AH Plus® possuem uma força de união significativamente maior que o Sealapex e o Endo REZ. E entre os primeiros não existe diferença significativa.

Sagsen et al. (2011) avaliaram a resistência adesiva de 2 cimentos a base de silicato de cálcio. Para isso, utilizaram 30 incisivos centrais unirradiculares, de tamanho semelhante, os quais foram divididos aleatoriamente em 2 grupos (n=10). Os canais foram instrumentados com Protaper, e a irrigação foi realizada com 5ml

de hipoclorito de sódio a 2,5% a cada troca de instrumento, e a smear layer removida com 5ml de EDTA a 17%. Os canais foram obturados com os diferentes cimentos utilizando a técnica da compactação lateral: grupo1: AH Plus+ guta percha, grupo 2: i Root SP + guta percha, grupo 3: MTA Fillapex + guta percha. Secções de 1mm de espessura foram preparadas, dos terços apical, médio e coronal. Então os espécimens foram submetidos ao teste de push out utilizando uma máquina de ensaios universal, a uma velocidade de 1mm/min. Os dados foram analisados com teste de Anova e Holm-Sidak, com nível de significância de $p < 0,05$. Os resultados mostraram que para o terço coronal não houve diferença estatística entre os cimentos. Já para o terço apical e médio, não houve diferença estatística entre os cimentos i Root e AH Plus. No entanto, estes obtiveram maiores valores de resistência adesiva que o MTA Fillapex ($p < 0,05$). Quando comparado os terços, a resistência adesiva nos terços apical e médio foram maiores que os do terço coronal. Entre o terço apical e médio não houve diferença significativa. Foi possível concluir que o MTA Fillapex obteve os menores valores de resistência adesiva à dentina quando comparado aos outros cimentos.

Assman et al.(2012) realizaram um estudo com o objetivo de determinar a resistência de união entre os dois cimentos à base de MTA – Endo CPM Sealer® e o MTA Fillapex® e um à base de resina epóxica – AHPlus®. Para tanto, foram utilizados quarenta e cinco dentes humanos unirradiculares extraídos, estes foram preparados usando a técnica do step-back. Os canais radiculares dos dentes foram preenchidos usando Endo- CPM sealer®, MTA Fillapex®, ou o cimento AH Plus® por meio da técnica de condensação lateral da guta-percha. Após 7 dias, as raízes foram seccionadas perpendicularmente e o teste de resistência de união foi realizado e os dados foram seguidamente analisados. Os testes revelaram que o cimento Endo-CPMSealer® teve maior resistência de união, enquanto os valores do teste push out do cimento MtaFillapex e AH Plus foram similares. O Endo-CPM Sealer apresentou vantagens quando um preparo para pino era necessário. O cimento MTA Fillapex apresentou resistência aceitável e o mesmo vale para os resultados obtidos com o cimento AH Plus.

Nagas et al. (2012) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a umidade intrarradicular através de um teste Push Out avaliando a resistência de união de cimentos endodônticos. Para a realização do estudo, foram utilizados

oitenta canais radiculares que foram preparados com o auxílio de instrumentos rotatórios e depois separados em quatro grupos com respeito à condição de umidade testados: (1) etanol (seco): água destilada em excesso foi removido com pontas de papel, seguido por desidratação com etanol a 95%, (2) pontas de papel: os canais foram secos com pontas de papel (3) úmida: Secaram-se os canais com baixo vácuo, usando um adaptador de Luer por 5 segundos, seguido por uma ponta de papel por um segundo e (4) molhado: os canais permanecem totalmente inundados. As raízes foram divididas em 4 subgrupos de acordo com o cimento odontológico utilizado: (1) AH Plus (Dentsply-TulsaDental, Tulsa, OK), (2) iRoot SP (InnovativeBioCeramixInc, Vancouver, Canada), (3) MTA Fillapex (AngelusIndustria de Produtos Odontológicos S/A, Londrina, Brasil), e (4) Epiphany (PentronClinical Technologies, Wallingford, CT). Como resultados, o estudo revelou que independentemente das condições de umidade, iRoot SP exibiu a maior resistência de união dentina radicular. A classificação estatística dos valores de resistência de união foi: iRoot SP > AH Plus > Epiphany ≥ MTA Fillapex. Os cimentos exibiram maior e menor resistência de união, respectivamente, sob úmidas (3) e molhadas (4) condições. O estudo ainda concluiu que o grau de umidade residual afeta significativamente a adesão dos cimentos na dentina radicular. Para os cimentos testados, talvez seja mais vantajoso deixar os canais úmidos antes de preenchê-los com cimento endodôntico.

2.5 Atividade Antimicrobiana

Um objetivo importante do tratamento endodôntico é a eliminação dos microorganismos a partir do canal radicular. Instrumentação, irrigação e medicação intracanal podem reduzir significativamente a população de microorganismos no interior do canal radicular infectado. No entanto, é impossível em todos os casos eliminar completamente os microorganismos a partir do sistema de canais radiculares. Conseqüentemente, a utilização de materiais de preenchimento do canal radicular com atividade antibacteriana é considerada benéfica no esforço para reduzir ainda mais o número de microorganismos remanescentes e erradicar a infecção (Zhang et al., 2009).

Zhang et al. (2009) realizaram um estudo in vitro verificando a eficácia antibacteriana de 7 diferentes cimentos endodônticos, AH Plus, Apexit Plus, iRoot SP, Tubli Seal, Sealapex, Epiphany SE e EndoREZ contra *Enterococcus faecalis*. Para o estudo, foi realizado um teste de contato direto modificado. Bactérias em suspensão foram expostas aos materiais por 2-60 minutos usando cimentos que tinham recém manipulado ou após a presa para 1, 3 e 7 dias. Os valores do pH e os ângulos de contato entre água esterelizada e os cimentos endodônticos foram medidos. Como resultados, o estudo concluiu que a amostra que tinha acabado de ser misturada do cimento IRootSp matou em dois minutos todas as bactérias, AH Plus em 5 minutos, EndoREZ em 20 minutos e o Sealapex e Epiphany em 60 minutos. A amostra recém misturada Apexit Plus e Tubli Seal não conseguiu matar todas as bactérias em 60 minutos. Para amostras de 1 dia e 3 dias, iRoot SP e EndoREZ tiveram a mais forte atividade anti-bacteriana, seguido de Sealapex e Epiphany; Tubli Seal e AH Plus não mostraram qualquer atividade antibacteriana. De todas as amostras, Apexit Plus teve a menor atividade antimicrobiana. O pH dos cimentos não poderia explicar sozinho o seu efeito antibacteriano. O estudo concluiu que iRoot SP recém misturado, AH Plus, e EndoREZ matou E. Faecalis de maneira eficaz. IRoot SP e EndoREZ continuou a ser eficaz para 3 e 7 dias após a manipulação. Sealapex e EndoREZ eram os únicos com atividade antimicrobiana, mesmo em 7 dias após a manipulação.

2.6 Biocompatibilidade – em subcutâneo de ratos e citotoxicidade

É altamente desejável que os cimentos sejam biocompatíveis, pois podem entrar em contato direto com os tecidos periodontais através das comunicações do forame apical e canais acessórios. É muito importante estudar a reação de um cimento odontológico nos tecidos antes de sua utilização clínica pois eles podem atrasar o reparo (Gomes-Filho et al., 2008). A presença ou liberação de substâncias pelos cimentos podem provocar diferentes reações nos tecidos. Essa reação pode variar de acordo com o tipo da substância, o quanto foi liberada, e a velocidade de reabsorção (Gomes-Filho et al., 2011).

Ao avaliar a biocompatibilidade de um cimento, teste de citotoxicidade in vitro pode ser utilizado. Eles podem ser facilmente reproduzíveis, relevantes e apropriados para a avaliação de alguns aspectos que estão relacionados com compatibilidade biológica (Bin et al., 2012).

MTA possui boas propriedades biológicas e é um material que induz a mineralização e tem diferentes indicações na endodontia. Com o emprego do MTA como cimento endodôntico e seu contato direto com os tecidos periodontais, osso e polpa, é de extrema importância ter conhecimento dos efeitos de sua citotoxicidade e genotoxicidade.

Scarparo et al. (2010) avaliaram a reação subcutânea de tecido conjuntivo com o cimento endodôntico à base de MTA Endo CPM Sealer; (Endo CPM Sealer; EGEO SRL, Buenos Aires, Argentina), MTA, e um cimento à base de resina epóxica AH Plus (AH Plus; Dentsply HERO Indústria e Comércio Ltda, Petrópolis, RJ, Brazil). Para o estudo foram utilizados tubos de polietileno contendo os materiais de teste e tubos vazios (grupo de controle). Estes foram implantados no tecido subcutâneo de 18 ratos. Após 7, 30 e 60 dias, as observações foram feitas através de componentes inflamatórios celulares, condensação fibrosa, e formação de abscesso. As comparações entre os grupos e períodos de tempo foram feitas usando o teste de Friedman e o teste de Kruskal-Wallis. Os linfócitos e plasmócitos foram observados mais intensamente na reação de cimento AH Plus, após 30 dias ($p < 0,05$). MTA e o Endo CPM Sealer apresentaram comportamento semelhante ao do grupo de controle ao longo de toda experiência. O estudo concluiu que o cimento Endo CPM Sealer apresentou potencial biológico. As características da reação inflamatória foram equivalentes as produzidas pelo MTA.

Em 2011, Gomes Filho et al. estudaram como os tecidos subcutâneos de ratos reagiram quando implantados tubos de polietileno com MTA (agregado trióxido mineral) Fillapex, tubos preenchidos com Sealapex ou tubos preenchidos com MTA Angelus. Estes materiais foram colocados em tubos de polietileno e implantados no tecido conjuntivo dorsal de ratos Wistar de 7, 15, 30, 60, e 90 dias. Todos os materiais causaram reações moderadas após 7 dias, e essas reações diminuíram com o tempo. As reações provocadas pelo grupo controle e o grupo Sealapex foram moderadas e similares após 15 dias. MTA FILLAPEX e Angelus MTA causando reações leves que foram observados após 15 dias. Mineralização e granulação

birrefringente à luz polarizada foram observadas em todos os materiais. O estudo concluiu que as amostras de tecidos de rato com MTA Fillapex produziu reações teciduais similares ao Angelus MTA e Sealapex, incluindo estimulação à mineralização. Assim, MTA Fillapex é um material biocompatível e vai além pois estimula a mineralização.

Zmener O. et al (2012) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a reação do tecido conjuntivo subcutâneo em ratos para um agregado trióxido mineral (MTA) cimento endodôntico MTA Fillapex (Angelus, Londrina, PR, Brasil) e compará-lo com cimento de Grossman (Farmadental, Buenos Aires, Argentina). Usando tubos de silicone estéreis, os materiais deste teste foram implantados em 24 ratos Wistar. Após 10, 30 e 90 dias, os animais (n = 8 por período) foram sacrificados, e os implantes juntamente com os seus tecidos adjacentes foram dissecados, fixados e processados para avaliação histológica. A resposta do tecido nas paredes laterais dos tubos de silicone foi utilizado como controle negativo. Os resultados foram obtidos e revelaram que o MTA Fillapex mostrou uma severa reação tecidual nos três períodos de observação. Já no cimento Grossman mostrou características semelhantes após 10 e 30 dias, mas a reação diminuiu ligeiramente após 90 dias. Em contraste, os controles negativos não apresentaram reações adversas em qualquer amostra dos três períodos de tempo. Depois de 10 e 30 dias, não houve diferenças estatisticamente significativas entre o cimento MTA Fillapex e o cimento de Grossman. Concluiu-se que tanto o MTA-Fillapex e cimento de Grossman permaneceu tóxico para os tecidos subcutâneo em ratos, após 90 dias.

No mesmo ano, o estudo de Bin et al. (2012), teve o propósito de avaliar a citotoxicidade e genotoxicidade do MTA Fillapex e comparar com o MTA branco e o cimento AH Plus. Para o estudo, foram utilizados fibroblastos de hamster chineses (V79) que foram colocados em contato com diferentes diluições de culturas que foram anteriormente expostos aos materiais avaliados. A citotoxicidade foi avaliada em espectrofotometria utilizando teste de Methol-tiazol-difeniltetrazólio para verificar a viabilidade e taxa de sobrevivência celular. A genotoxicidade foi analisada pelo ensaio de formação de micronúcleos. A taxa de sobrevivência celular e número de micronúcleos foram avaliados antes e depois da exposição às amostras de cimentos, e os resultados foram estatisticamente analisados pelo teste de Kruskal-Wallis e Dunn ($p < 0,05$). Os resultados mostraram que a viabilidade celular

manteve-se acima de 50% no grupo MTA branco para todas as diluições. AH Plus induziu citotoxicidade intermediária em um modo dependente da diluição, seguida por MTA Fillapex. O estudo concluiu que o grupo do MTA branco foi o menos citotóxico material neste estudo. Tanto os cimentos AH Plus e MTA Fillapex, mostraram as menores taxas de viabilidade celular e provocaram um aumento da formação de micronúcleos quando comparado com o grupo controle sem tratamento.

2.7 Propriedades físicas (pH, liberação de cálcio, tempo de presa)

Um estudo realizado por Massiet al.(2011) teve com objetivo avaliar o tempo de presa, pH e liberação de íons de cálcio do cimento à base de MTA comparando-o com o cimento de Portland (CPB-40; Votorantin Cimentos, Camargo Correa SA, Pedro Leopoldo, MG, Brasil), MTA branco Angelus (MTA; Angelus, Londrina, PR, Brasil), e AH Plus (DentsplyDeTrey, Konstanz, Alemanha). Para a análise do tempo de presa, foi utilizada agulhas de Gilmore. Tubos de polietileno, com os materiais, foram imersos em água destilada para a medição do pH (medidor digital de pH) e a liberação de cálcio (espectrofotometria de absorção atômica). As avaliações foram realizadas as 3, 6, 12, 24, e 48 horas, e 7, 14, e 28 dias. Os dados foram analisados por análise de variância e teste de Tukey em nível de 5%. MTA mostrou maior liberação de cálcio a todos períodos experimentais, um maior aumento do pH até 48 horas e maior tempo de presa. Neste estudo, o cimento experimental mostrou maior liberação de cálcio do que o MTA e cimento Portland, exceto para o período de 14 dias. Estes resultados estão provavelmente relacionados com a incorporação de um aditivo (cloreto de cálcio) para o material. O pH do cimento experimental foi significativamente maior até a 48 horas de período e foi estatisticamente semelhante ao do MTA e o cimento de Portland nos períodos posteriores. Este resultado indica que o MTA tem uma forte capacidade de liberação de íons hidroxila. Santos et al (2005) avaliaram o pH e a liberação de íons de cálcio de um cimento experimental com base em cimento Portland comparando com cimento à base de MTA e descobriu que ambos os cimentos apresentaram alta liberação de cálcio e as mudanças de pH dentro das primeiras 24 horas diminuiu seguidamente, o que não

foi observado neste estudo. Os valores de pH observados no presente estudo foram menores, isto acontece provavelmente devido ao uso de tubos nesta experiência limitando à superfície de contato com a água circundante. Outro fator a ser considerado é que o material foi alterado para um novo frasco com água destilada fresca em cada período de avaliação. O estudo concluiu que o cimento à base de MTA apresentou propriedades favoráveis para sua indicação como um cimento endodôntico.

2.8 Radiopacidade

A radiopacidade é uma propriedade importante que os cimentos endodônticos devem possuir e é por meio deste que se avalia o preenchimento do sistema de canais radiculares. Os cimentos devem ser radiopacos o suficiente para que seja possível distinguir das estruturas anatômicas adjacentes e de outros materiais odontológicos como resina composta e amálgama (Tanomaru-Filho et al., 2007; Duarte et al., 2010). Rotineiramente utiliza-se o fotodensitômetro para a leitura de densidades em filmes radiográficos. Pode utilizar também o sistema digital DIGORA, para determinar a radiopacidade dos cimentos endodônticos (Ferreira et al., 1999).

Vidotto et al. (2011) Comparou a radiopacidade do MTA Fillapex com 5 tipos de cimentos endodônticos, a citar: Endomethazone® (marca), AH Plus, Acroseal, Ehipany e Roekoseal. Para isso foi utilizado cinco amostras cilíndricas de cada cimento com auxílio de uma matriz. Foi colocado um filme oclusal para cada cimento, juntamente com uma escala de alumínio e cinco tomadas radiográficas foram tiradas. As imagens radiográficas foram digitalizadas e escalas de cinza de cada amostra foram comparadas com cada tom da escala de alumínio, usando um software. Os resultados, em ordem decrescente de radiopacidade, foram: AH Plus® foi estatisticamente o cimento mais radiopaco (9,4 mm Al), seguido pelo Ehipany SE® (7,8 mm Al), MTA Fillapex® (6,5 mm Al), RoekoSeal® (5,8 mm de Al), Endométhasone-N® (4,5 mm Al), e Acroseal®, o menos radiopaco estatisticamente (3,5 mm de Al). Pode-se concluir que o MTA Fillapex™ foi o terceiro cimento mais

radiopaco entre todos os cimentos testados. Além disso, a MTA Fillapex® tem o grau radiopacidade de acordo com a ADA especificação No. 57 (1983).

2.9 Resistência à fratura

Tratamento endodôntico de dentes imaturos representa um desafio para o cirurgião dentista por causa dos ápices abertos, utilização em longo prazo de hidróxido de cálcio, e canais radiculares finos acompanhados de paredes dentinárias finas que são susceptíveis a fratura (Andreasen et al., 2002; Wilkinson et al., 2007). Portanto, no manejo de tais dentes enfraquecidos, seria vantajoso reforçar as raízes para aumentar a sua resistência à fratura (Wilkinson et al., 2007).

Ulusoy et al. (2011) realizaram um estudo para comparar os efeitos de diferentes cimentos na resistência a fratura das raízes em dentes imaturos simulados. Para a pesquisa, foram necessárias 108 raízes radiculares as quais foram divididas em nove grupos. As raízes foram instrumentadas, exceto as do grupo controle. Foram colocados no ápice quatro milímetros de Agregado Trióxido Mineral (MTA). As raízes foram novamente preenchidas da seguinte forma: grupo 1, AH Plus®+ guta-percha, grupo 2, EndoREZ®+ guta-percha, grupo 3, EndoREZ®+Resilon, grupo 4, Hybrid Root SEAL®+guta-percha, grupo 5, Hybrid Root SEAL®+Resilon, grupo 6, iRootSP®+guta-percha, grupo 7, iRootSP®+Resilon, grupo 8, não teve obturação diferente só a barreira de MTA, grupo 9, não teve nenhuma obturação. A carga de compressão foi aplicada a uma velocidade de um mm / min. Os dados foram comparados com os testes ANOVA e Duncan. Grupo 5 apresentou a maior resistência à fratura. Os valores de fratura do grupo três foram menores do que os dos outros grupos experimentais. O estudo concluiu que os cimentos Hybrid Root SEAL e iRootSP reforçaram as raízes de dentes imaturos simulados contra fratura, quando usado com guta-percha ou Resilon.

2.10 Escoamento

O escoamento é a capacidade de um cimento em penetrar nas irregularidades e canais acessórios do sistema do canal radicular, e é considerada como sendo uma muito importante propriedade. Quanto maior o escoamento, maior a capacidade de penetrar em irregularidades. Por outro lado, se o escoamento for excessivo, o risco de extravasamento de material para o periápice é aumentada, o que pode prejudicar os tecidos periodontais (Johnson & Guttmann, 2007).

Bernardes et al.(2010)avaliaram o escoamento de três cimentos endodônticos: Sealer 26®, AH Plus® e MTA Obtura®.Para o estudo foi utilizado o método proposto pela American Dental Association (ADA especificação no. 57). Os cimentos foram colocados entre duas placas de vidro sob um peso de 120 g. Os diâmetros dos discos formados foram medidos com um paquímetro digital. O teste foi repetido cinco vezes para cada cimento. Os resultados foram expressos como médias aritméticas e a análise estatística foi realizada por meio do teste de Tukey.AH Plus® apresentaram taxa de escoamento significativamente superior em comparação com Sealer 26® e Obtura MTA®. Não houve estatisticamentediferença significativa entre as taxas de escoamento apresentados por Sealer 26 e Obtura MTA. O estudo concluiu que os cimentos endodônticos testadosapresentaram maior fluxo do que o mínimo recomendado na especificação no. 57 da ADA.

3. CONCLUSÃO

Este estudo de revisão mostrou que os cimentos à base de silicato de cálcio existentes, preenchem a maioria dos requisitos necessários para um cimento endodôntico ideal. Dos cimentos existentes atualmente, o cimento i Root apresentou boas propriedades antimicrobianas, uma resistência de união adequada, mostrando ser um cimento clinicamente aceitável. O MTA Fillapex apresentou alta solubilidade, apresentou menores valores de resistência ao cisalhamento por extrusão além de possuir boa radiopacidade, biocompatibilidade e capacidade de estimular a mineralização. No entanto, mais estudos são necessários para que seja possível sua indicação clínica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aeinehchi M, Eslami B, Ghanbariha M, Saffar AS. Mineral trioxide aggregate (MTA) and calcium hydroxide as pulp-capping agents in human teeth: a preliminary report. **Int Endod J.** 2003;36(3):225-31.
2. Andreasen JO, Farik B, Munksgaard EC. Long-term calcium hydroxide as a root canal dressing may increase risk of root fracture. **Dent Traumatol.** 2002;18(3):134-7.
3. ANSI/ADA. Specification no 57 endodontic sealing material. Chicago, USA: ADA Publishing; 2000.
4. Antunes Bortoluzzi E, Juarez Broon N, Antonio Hungaro Duarte M, de Oliveira Demarchi AC, Monteiro Bramante C. The use of a setting accelerator and its effect on pH and calcium ion release of mineral trioxide aggregate and white Portland cement. **J Endod.** 2006;32(12):1194-7.
5. Apicella MJ, Loushine RJ, West LA, Runyan DA. A comparison of root fracture resistance using two root canal sealers. **Int Endod J.** 1999;32(5):376-80.
6. Assmann E, Scarparo RK, Bottcher DE, Grecca FS. Dentin bond strength of two mineral trioxide aggregate-based and one epoxy resin-based sealers. **J Endod.** 2012;38(2):219-21.
7. Barrieshi-Nusair KM, Qudeimat MA. A prospective clinical study of mineral trioxide aggregate for partial pulpotomy in cariously exposed permanent teeth. **J Endod.** 2006;32(8):731-5.
8. Bernardes RA, de Amorim Campelo A, Junior DS, Pereira LO, Duarte MA, Moraes IG, et al. Evaluation of the flow rate of 3 endodontic sealers: Sealer 26, AH Plus, and MTA Obtura. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** 2010;109(1):e47-9.
9. Bin CV, Valera MC, Camargo SE, Rabelo SB, Silva GO, Balducci I, et al. Cytotoxicity and genotoxicity of root canal sealers based on mineral trioxide aggregate. **J Endod.** 2012;38(4):495-500.
10. Bogen G, Kuttler S. Mineral trioxide aggregate obturation: a review and case series. **J Endod.** 2009;35(6):777-90.
11. Borges RP, Sousa-Neto MD, Versiani MA, Rached-Junior FA, De-Deus G, Miranda CE, et al. Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test. **Int Endod J.** 2011;45(5):419-28.

12. Bortoluzzi EA, Broon NJ, Bramante CM, Garcia RB, de Moraes IG, Bernardineli N. Sealing ability of MTA and radiopaque Portland cement with or without calcium chloride for root-end filling. **J Endod.** 2006;32(9):897-900.
13. Camilleri J. Evaluation of selected properties of mineral trioxide aggregate sealer cement. **J Endod.** 2009;35(10):1412-7.
14. Camilleri J. Modification of mineral trioxide aggregate. Physical and mechanical properties. **Int Endod J.** 2008;41(10):843-9.
15. Camilleri J, Gandolfi MG, Siboni F, Prati C. Dynamic sealing ability of MTA root canal sealer. **Int Endod J.** 2011;44(1):9-20.
16. Camilleri J, Pitt Ford TR. Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material. **Int Endod J.** 2006;39(10):747-54.
17. De Moor R, Hommez G. [The importance of apical and coronal leakage in the success or failure of endodontic treatment]. **Rev Belge Med Dent (1984).** 2000;55(4):334-44.
18. Desai S, Chandler N. Calcium hydroxide-based root canal sealers: a review. **J Endod.** 2009;35(4):475-80.
19. Duarte MA, Ordinola-Zapata R, Bernardes RA, Bramante CM, Bernardineli N, Garcia RB, et al. Influence of calcium hydroxide association on the physical properties of AH Plus. **J Endod.** 2010;36(6):1048-51.
20. Ersahan S, Aydin C. Dislocation resistance of iRoot SP, a calcium silicate-based sealer, from radicular dentine. **J Endod.** 2010;36(12):2000-2.
21. Ferreira FBA, Silva e Souza PAR, Vale MS, Tavano O. Radiopacidade de cimentos endodônticos avaliada pelo sistema de radiografia digital. **Rev FOB.** 1999;7(1/2):55-60.
22. Gettleman BH, Messer HH, ElDeeb ME. Adhesion of sealer cements to dentin with and without the smear layer. **J Endod.** 1991;17(1):15-20.
23. Gomes-Filho JE, Bernabe PF, Nery MJ, Otoboni-Filho JA, Dezan-Junior E, de Moraes Costa MM, et al. Reaction of rat connective tissue to a new calcium hydroxide-based sealer. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** 2008;106(2):e71-6.
24. Gomes-Filho JE, Watanabe S, Bernabe PF, de Moraes Costa MT. A mineral trioxide aggregate sealer stimulated mineralization. **J Endod.** 2009;35(2):256-60.

25. Gomes-Filho JE, Watanabe S, Lodi CS, Cintra LT, Nery MJ, Filho JA, et al. Rat tissue reaction to MTA FILLAPEX((R)). **Dent Traumatol.** 2011;
26. Grossman LI. An improved root canal cement. **J Am Dent Assoc.** 1958;56(3):381-5.
27. Holland R, de Souza V, Nery MJ, Otoboni Filho JA, Bernabe PF, Dezan Junior E. Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide. **J Endod.** 1999;25(3):161-6.
28. 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.
29. Johnson WT, Guttmann JL. Obturation of cleaned and shapped root canal system. In: Elsevier, editor. Pathways of the pulp. 9th ed. Philadelphia, PA.2007.
30. Kakehashi S, Stanley HR, Fitzgerald RJ. The Effects of Surgical Exposures of Dental Pulp in Germ-Free and Conventional Laboratory Rats. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol.** 1965;20(340-9).
31. Kogan P, He J, Glickman GN, Watanabe I. The effects of various additives on setting properties of MTA. **J Endod.** 2006;32(6):569-72.
32. Laghios CD, Cutler CW, Gutmann JL. In vitro evidence that lipopolysaccharide of an oral pathogen leaks from root-end filled teeth. **Int Endod J.** 2000;33(4):333-9.
33. Leonardo MR. Tratamento de canais radiculares: princípios técnicos e biológicos: Artes Médicas; 2005.
34. Levenstein H. Obturating teeth with wide open apices using mineral trioxide aggregate: a case report. **SADJ.** 2002;57(7):270-3.
35. Massi S, Tanomaru-Filho M, Silva GF, Duarte MA, Grizzo LT, Buzalaf MA, et al. pH, calcium ion release, and setting time of an experimental mineral trioxide aggregate-based root canal sealer. **J Endod.** 2011;37(6):844-6.
36. Monteiro Bramante C, Demarchi AC, de Moraes IG, Bernadineli N, Garcia RB, Spangberg LS, et al. Presence of arsenic in different types of MTA and white and gray Portland cement. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** 2008;106(6):909-13.
37. Munoz HR, Saravia-Lemus GA, Florian WE, Lainfiesta JF. Microbial leakage of *Enterococcus faecalis* after post space preparation in teeth filled in vivo with RealSeal versus Gutta-percha. **J Endod.** 2007;33(6):673-5.

38. Nagas E, Uyanik MO, Eymirli A, Cehreli ZC, Vallittu PK, Lassila LV, et al. Dentin moisture conditions affect the adhesion of root canal sealers. **J Endod.** 2012;38(2):240-4.
39. Oliveira AC, Tanomaru JM, Faria-Junior N, Tanomaru-Filho M. Bacterial leakage in root canals filled with conventional and MTA-based sealers. **Int Endod J.** 2011;44(4):370-5.
40. Orosco FA, Bramante CM, Garcia RB, Bernadineli N, Moraes IG. Sealing ability of garar MTA AngelusTM, CPM TM and MBPc used as apical plugs. **J Appl Oral Sci.** 2008;16(1):50-4.
41. Orstavik D. Materials used for root canal obturation: technical, biological and clinical testing. **Endodontic Topics.** 2005;12(25-38).
42. Orstavik D, Eriksen HM, Beyer-Olsen EM. Adhesive properties and leakage of root canal sealers in vitro. **Int Endod J.** 1983;16(2):59-63.
43. Panitvisai P, Messer HH. Cuspal deflection in molars in relation to endodontic and restorative procedures. **J Endod.** 1995;21(2):57-61.
44. Rajput JS, Jain RL, Pathak A. An evaluation of sealing ability of endodontic materials as root canal sealers. **J Indian Soc Pedod Prev Dent.** 2004;22(1):1-7.
45. Sagsen B, Ustun Y, Demirbuga S, Pala K. Push-out bond strength of two new calcium silicate-based endodontic sealers to root canal dentine. **Int Endod J.** 2011;44(12):1088-91.
46. Saleh IM, Ruyter IE, Haapasalo MP, Orstavik D. Adhesion of endodontic sealers: scanning electron microscopy and energy dispersive spectroscopy. **J Endod.** 2003;29(9):595-601.
47. Salz U, Poppe D, Sbicego S, Roulet JF. Sealing properties of a new root canal sealer. **Int Endod J.** 2009;42(12):1084-9.
48. Santos AD, Moraes JC, Araujo EB, Yukimitu K, Valerio Filho WV. Physico-chemical properties of MTA and a novel experimental cement. **Int Endod J.** 2005;38(7):443-7.
49. Sarkar NK, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva R, Kawashima I. Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. **J Endod.** 2005;31(2):97-100.

50. Scarparo RK, Haddad D, Acasigua GA, Fossati AC, Fachin EV, Grecca FS. Mineral trioxide aggregate-based sealer: analysis of tissue reactions to a new endodontic material. **J Endod.** 2010;36(7):1174-8.
51. Schafer E, Zandbiglari T. Solubility of root-canal sealers in water and artificial saliva. **Int Endod J.** 2003;36(10):660-9.
52. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. **Dent Clin North Am.** 1967;7:23-44.
53. Souza RA. Análise crítica do papel da obturação no tratamento endodôntico. **JBE.** 2006;6(23):29-39.
54. Steinig TH, Regan JD, Gutmann JL. The use and predictable placement of Mineral Trioxide Aggregate in one-visit apexification cases. **Aust Endod J.** 2003;29(1):34-42.
55. Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjogren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** 1998;85(1):86-93.
56. Tagger M, Tagger E, Tjan AH, Bakland LK. Shearing bond strength of endodontic sealers to gutta-percha. **J Endod.** 2003;29(3):191-3.
57. Tanomaru-Filho M, Jorge EG, Guerreiro Tanomaru JM, Goncalves M. Radiopacity evaluation of new root canal filling materials by digitalization of images. **J Endod.** 2007;33(3):249-51.
58. Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M, Hotta J, Watanabe E, Ito IY. Antimicrobial activity of endodontic sealers based on calcium hydroxide and MTA. **Acta Odontol Latinoam.** 2008;21(2):147-51.
59. Thompson JI, Gregson PJ, Revell PA. Analysis of push-out test data based on interfacial fracture energy. **J Mater Sci Mater Med.** 1999;10(12):863-8.
60. Torabinejad M, Hong CU, Lee SJ, Monsef M, Pitt Ford TR. Investigation of mineral trioxide aggregate for root-end filling in dogs. **J Endod.** 1995a;21(12):603-8.
61. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. **J Endod.** 1995b;21(7):349-53.
62. Torabinejad M, Watson TF, Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. **J Endod.** 1993;19(12):591-5.

63. Ulusoy OI, Nayir Y, Darendeliler-Yaman S. Effect of different root canal sealers on fracture strength of simulated immature roots. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** 2011;112(4):544-7.
64. Ureyen Kaya B, Kececi AD, Orhan H, Belli S. Micropush-out bond strengths of gutta-percha versus thermoplastic synthetic polymer-based systems - an ex vivo study. **Int Endod J.** 2008;41(3):211-8.
65. Vidotto APM, Cunha RS, Zeferino EG, Rocha DGP, de Martin AS, Bueno CES. Comparison of MTA Fillapex radiopacity with five root canal sealers. **RSBO.** 2011;8(4):404-9.
66. Wang X, Sun H, Chang J. Characterization of Ca₃SiO₅/CaCl₂ composite cement for dental application. **Dent Mater.** 2008;24(1):74-82.
67. Weller RN, Tay KC, Garrett LV, Mai S, Primus CM, Gutmann JL, et al. Microscopic appearance and apical seal of root canals filled with gutta-percha and ProRoot Endo Sealer after immersion in a phosphate-containing fluid. **Int Endod J.** 2008;41(11):977-86.
68. Wilkinson KL, Beeson TJ, Kirkpatrick TC. Fracture resistance of simulated immature teeth filled with resilon, gutta-percha, or composite. **J Endod.** 2007;33(4):480-3.
69. Witherspoon DE, Small JC, Harris GZ. Mineral trioxide aggregate pulpotomies: a case series outcomes assessment. **J Am Dent Assoc.** 2006;137(5):610-8.
70. 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.
71. Zhang W, Li Z, Peng B. Ex vivo cytotoxicity of a new calcium silicate-based canal filling material. **Int Endod J.** 2010;43(9):769-74.
72. Zmener O, Banegas G, Pameijer CH. Bone tissue response to a methacrylate-based endodontic sealer: a histological and histometric study. **J Endod.** 2005;31(6):457-9.
73. Zmener O, Martinez Lalis R, Pameijer CH, Chaves C, Kokubu G, Grana D. Reaction of Rat Subcutaneous Connective Tissue to a Mineral Trioxide Aggregate-based and a Zinc Oxide and Eugenol Sealer. **J Endod.** 2012;38(9):1233-8.