

## O uso do MTA na endodontia: Revisão de literatura

Lorrayne Kelly Borba PEREIRA<sup>1</sup>, Ana Livia Gomes-Cornélio<sup>2</sup> Loise Pedrosa SALLES<sup>3</sup>

### Resumo

O Agregado Trióxido Mineral (MTA) é um material bioativo e biocompatível com numerosas aplicações clínicas em endodontia. O MTA foi apresentado como possível material endodôntico na década de 90 por Lee Monsef Torabinejad e aprovado para uso em humanos pela Food and Drug Administration (FDA) em 1998. Desde então, o MTA vem se destacando por apresentar boas características de radiopacidade e excelentes propriedades biológicas. O MTA é composto por resíduos insolúveis, partículas hidrofílicas e óxidos minerais. O objetivo deste trabalho foi realizar uma vasta revisão da literatura sobre o uso do Agregado Trióxido Mineral em Odontologia devido às suas excelentes propriedades. Foi realizada uma revisão bibliográfica através de levantamentos de dados nos últimos 10 anos. Concluímos que o MTA é um material amplamente utilizado em endodontia. Seu potencial para induzir mineralização e sua capacidade de boa vedação fazem do MTA um material adequado para diversos tratamentos endodônticos.

**Palavras-chave:** Endodontia. Teste de Biocompatibilidade. Obturação do Canal Radicular.

<sup>1</sup>Acadêmica do Curso de Odontologia – FACIPLAC

<sup>2</sup> Professora do Curso de Odontologia – FACIPLAC.

PhD em Endodontia, Mestre em Endodontia, Especialista em Endodontia.

<sup>3</sup> Professora do Curso de Odontologia – FACIPLAC.

PhD em Endodontia, Mestre em Biologia Molecular, Especialista em Endodontia.

**Submetido:** 24/02/2015 - **Aceito:** 30/06/2018

**Como citar este artigo:** Pereira LKB, Gomes-Cornélio AL, Salles LP. O uso do MTA na endodontia: Revisão de literatura. R Odontol Planal Cent. 2018 Jan-Jun;8(1):31-7.

- Os autores declaram não terem interesses associativos, comerciais, de propriedade ou financeiros, que representem conflito de interesse, nos produtos e companhias citados nesse artigo.

**Autor para Correspondência:** Lorrayne Kelly Borba Pereira

Endereço: Rua das mães Qd. 155 Lt. 12, Jard. Nova Esperança Goiânia - GO. CEP 74.465-270.

Telefone: (62) 9272-6898

E-mail: lorrayneekelly@hotmail.com

Categoria: Revisão de Literatura

Área: Endodontia

### Introdução

O agregado de trióxido mineral (MTA) foi desenvolvido por Mahmoud Torabinejad, professor e pesquisador da Universidade de Loma Linda, Califórnia (EUA). Os primeiros trabalhos publicados direcionavam o MTA para as seguintes indicações clínicas: capeamento pulpar direto, pulpotomia (em dentes com ápice radiculares não formados), reparação de perfurações radiculares, medicação intracanal em reabsorção interna, intervenção cirúrgica como material retro-

obturador, entre outros<sup>1</sup>.

Atualmente o MTA está sendo empregado em diversos procedimentos odontológicos como medicação intracanal, soluções irrigadoras de canais radiculares, material retro-obturador, tampão apical em rizogênese incompleta, material obturador de canais radiculares, tampão cervical em clareamento dentário interno, reparo de fraturas radiculares, material restaurador temporário e selamento de perfurações radiculares<sup>2</sup>.

Ruiz *et al.*<sup>3</sup> apresentaram uma revisão de literatura abordando aspectos relacionados a perfurações endodônticas como etiologia, características clínicas, tratamento, prognóstico e materiais empregados. O tratamento conservador, através do preenchimento da perfuração com materiais seladores como o agregado de trióxido mineral (MTA), apresentou excelentes resultados. Em perfurações endodônticas tratadas em tempo hábil com material a base de MTA, resultou no controle das complicações, favorecendo o reparo da região injuriada<sup>4</sup>.

O MTA apresenta propriedades físico-químicas únicas que podem fornecer resultados excepcionais, quando utilizado para a obturação do canal total ou parcial. Ambos MTA cinza e branco podem ser usados para este procedimento, apesar do fato de os materiais variarem ligeiramente em

composição e características. Algumas dessas propriedades podem ser observadas pela primeira vez durante o processo de hidratação, quando silicatos de cálcio reagem para formar hidróxido de cálcio e gel de silicato hidratado de cálcio, produzindo um pH alcalino<sup>5</sup>.

A reabsorção externa, caracterizada pela perda progressiva de estrutura dental, ocorre em área onde há exposição da porção mineralizada da superfície dentária que fica sujeita à ação de células elásticas e de mediadores liberados pelos osteoblastos e pelas células mononucleares. Fatores predisponentes incluem clareamento endógeno, tratamento periodontal e reimplante de dentes avulsionados<sup>6</sup>. O tratamento proposto nos casos de reabsorção externa extensa ou de difícil acesso é o tratamento cirúrgico. Nestes casos rebate-se um retalho de espessura total revelando o defeito e após a remoção do tecido inflamatório e limpeza da área, segue-se a restauração da reabsorção com materiais como cimento de ionômero de vidro (CIV), resina composta, amálgama ou Agregado Trióxido Mineral. Às vezes, no entanto, o resultado final pode envolver uma deformidade do contorno gengival levando a um defeito estético, especialmente em dentes da região anterior<sup>6</sup>.

O MTA consiste em um pó, cuja composição é de óxidos minerais e íons, principalmente íons cálcio e fósforo que são os principais componentes dos tecidos dentários duros, o que pode explicar sua excelente biocompatibilidade e bioatividade. Apresenta um pH inicial de 10,5 que se eleva para 12,5 após cerca de 3 horas e permite a ação da fosfatase alcalina na estimulação da formação de tecido mineralizador<sup>2</sup>. Outras propriedades vantajosas; além do potencial bioativo de induzir tecido duro, promovendo osteogênese e cementogênese; são possuir dureza e solubilidade adequadas, promover vedamento efetivo selando as vias de comunicação entre o sistema de canais radiculares e os tecidos circundantes, ser radiopaco, de fácil uso e manipulação<sup>7</sup>. Porém, mesmo o MTA sendo um ótimo material do ponto de vista biológico, este possui desvantagens, como: custo alto, promover descoloração nos dentes e de seu tempo de presa ser longo<sup>8</sup>.

A presente revisão bibliográfica científica, procurou apresentar as propriedades do MTA e suas aplicações na prática odontológica, na endodontia.

## Revisão da Literatura

### *Propriedades físico-químicas do MTA*

O Agregado de Trióxido Mineral (MTA) surgiu no início dos anos 1990 como um material experimental desenvolvido pelo Dr. Lee Monsef Torabinejad na Universidade de Loma Linda, CA – EUA<sup>9</sup>. De acordo com Lee *et al.*<sup>10</sup>, esse material foi primeiramente indicado como material retro-obturador e como material selador de perfurações de furca e perfurações intrarradiculares.

Vários estudos têm demonstrado que o MTA é microscopicamente idêntico e quimicamente similar ao cimento Portland. O cimento de Portland é uma alternativa mais barata para o MTA, e conseqüentemente, também um substituto para o formocresol. Dentre as diversas marcas comerciais de MTA disponíveis no mundo, o MTA-Angelus® parece ser o mais comumente encontrado no Brasil, porém, devido seu custo elevado, vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de estabelecer um material de tal qualidade com preço mais acessível.

Em contrapartida, o cimento de Portland utilizado em construção civil é uma combinação química de cálcio, sílica, ferro e alumínio, que passa por complexos processos industriais, com o resultado de uma substância ligante de baixo custo. Em relação à comparação do MTA e do cimento de Portland, ambos apresentam a mesma capacidade de selamento periférico, obtendo respostas semelhantes quando utilizados em perfurações radiculares<sup>11</sup>.

Trata-se de um cimento endodôntico composto por óxidos minerais na forma de finas partículas hidrofílicas (insolúveis). Possui na sua composição SiO<sub>2</sub> (Dióxido de Silício), K<sub>2</sub>O (Potássio), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Trióxido de Alumina), Na<sub>2</sub>O (Óxido de Sódio), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Trióxido de Ferro), SO<sub>3</sub> (Trióxido de Enxofre), CaO (Óxido de Cálcio), Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Trióxido de Bismuto), MgO (Óxido de Magnésio), e ainda resíduos insolúveis de sílica cristalina, óxido de cálcio e sulfatos de potássio e sódio, responsáveis

pelas propriedades químicas e físicas do material, como óxido de bismuto que lhe confere radiopacidade<sup>12</sup>.

O MTA é conhecido por promover um bom selamento e apresentar biocompatibilidade, baixa solubilidade e uma radiopacidade ligeiramente superior à da dentina<sup>13</sup>. Foi usado inicialmente no tratamento de perfurações radiculares e depois no vedamento apical devido à sua característica de se solidificar em presença de umidade<sup>14</sup>.

O tempo da presa é longo, de 2 horas e 45 minutos sendo que por 24 horas o MTA apresenta baixa resistência à compressão (40 MPa), que se eleva a 67 MPa aos 21 dias. Possui radiopacidade superior ao IRM e Super EBA, porém inferior ao amálgama. Exceto pelo IRM, os materiais testados não apresentaram solubilidade ao estudo. O MTA apresenta-se em duas formas cinza (GMTA) e branco (WMTA)<sup>8</sup>.

O pó do MTA contém partículas hidrofílicas fixadas na presença de umidade e diversos líquidos têm sido utilizados para analisar a composição do cimento incluindo a análise de energia dispersiva de raios-X, indutivamente acoplada a espectroscopia de emissão óptica com plasma, análises da difração de raios-X, espectrometria de fluorescência de raios-X, espectroscopia de energia dispersiva<sup>8</sup>.

A patente do MTA mostra que ele contém óxido de cálcio e óxido de silício. Várias pesquisas relatam que seus principais componentes elementares são cálcio e sílica, bem como óxido de bismuto. Quando o pó de MTA é misturado com água, inicialmente forma-se hidrato de hidróxido de cálcio (CH) e silicato de cálcio, e eventualmente se transforma em cristais pobres e gel sólido poroso. A proporção de gotas de silicato de cálcio inicia a formação de um precipitado de cálcio, o precipitado produz CH, que causa uma elevada alcalinidade do MTA após hidratação, porém a fonte de produção de CH é uma questão controversa<sup>12</sup>.

A hidratação do pó de MTA resulta em gel coloidal que se solidifica em uma estrutura dura. Características da mistura podem ser influenciadas pelo método de pó/líquido da mistura, a pressão usada para condensação, a umidade do ambiente, o tipo de MTA, o tipo de armazenamento, o pH do ambiente, o tipo de veículo, período de tempo entre a mistura

e a avaliação, espessura do material e temperatura<sup>8</sup>.

O MTA é preparado misturando pó com água em proporção de 3:1 de pó em relação ao líquido, a média de tempo de presa é de 165 minutos, sendo maior que do amálgama, Super EBA e material restaurador intermediário (IRM) que é de 5 minutos. Este fato repercute na alta estabilidade dimensional e baixa infiltração marginal apresentada pelo material MTA, pois quanto mais rápida é a presa de um material, maior a contração e a tendência de infiltrações ocorrerem através do mesmo<sup>2</sup>.

O MTA apresenta como principal característica seu caráter hidrofílico. Por ser constituído de óxidos minerais, estes endurecem quando em contato com a água. Assim, a umidade presente nos tecidos age como ativador da reação química, assegurando-lhe satisfatório selamento. O longo tempo de endurecimento não constitui problema durante aplicações clínicas, pois não é necessário aguardar a presa total do material para a sequência do tratamento<sup>15</sup>.

#### *Propriedades Biológicas (Potencial Bactericida e Biomineralizador)*

Kettering *et al.*<sup>16</sup>, avaliaram comparativamente o MTA, não somente quanto a selar adequadamente a cavidade, como também quanto a ser biocompatível aos tecidos periapicais e não ser carcinogênico. Avaliaram o MTA, o IRM e Super EBA quanto a efeitos mutagênicos, pois havia poucas informações a esse respeito. Os resultados demonstraram que nenhum dos materiais testados incluindo o MTA, é mutagênico.

Em 2010, Torabinejad *et al.*<sup>2</sup> verificaram que além de não apresentarem efeito mutagênico, a reação tecidual de Super EBA e MTA implantados em mandíbulas de cobaias por 2 meses mostram que são biocompatíveis aos tecidos, observando no entanto, resultados sensivelmente melhores para o MTA.

Em um estudo comparativo sobre os efeitos do MTA, Amálgama, Óxido de zinco e eugenol e Super EBA, frente a 9 bactérias facultativas e 7 anaeróbias. Parirokh *et al.*<sup>17</sup> não observaram nenhum efeito sobre as bactérias anaeróbias e nenhum dos materiais foi capaz de eliminar todos os

microorganismos testados.

Torabinejad *et al.*<sup>2</sup> avaliaram a citotoxicidade do Amálgama, IRM, Super EBA e MTA nas formas frescas (recém espatuladas) ou tardia (após a presa). O MTA se apresentou como material menos tóxico.

### *Material odontológico à Base de MTA*

#### Cimentos endodônticos

Costa *et al.*<sup>18</sup> observaram que as análises efetuadas em vários tipos de cimentos reparadores a base de MTA (ProRoot e MTA experimental de presa rápida) e o Cimento Portland, em algumas amostras encontraram traços de cromo, níquel e chumbo.

Resende *et al.*<sup>19</sup> avaliaram, por meio de espectrofotometria de absorção atômica, a presença dos elementos químicos cálcio (Ca), cromo (Cr), chumbo (Pb) e ferro (Fe) na composição dos cimentos retro-obturadores ProRoot MTA, Angelus MTA (branco e cinza) e Portland (branco e cinza). Cada amostra de cimento sofreu digestão em ácido nítrico (1:1) e clorídrico, proporcionando soluções concentradas em partes por bilhão, para posterior leitura de absorvância no Espectrofotômetro de Absorção Atômica, em triplicata. Os resultados mostraram ser o ProRoot MTA cinza o maior detentor de ferro em sua composição (23.045 mg/Kg) quando comparados com os outros cimentos. Quanto à presença de cálcio, importante na reparação óssea, os cimentos Angelus (branco e cinza) apresentaram pelo menos duas vezes mais cálcio, que os outros cimentos. Enquanto que os cimentos Portland branco (CP II e III) não apresentaram cromo nas suas composições, o Angelus cinza apresentou 95,09 mg/Kg de concentração, 146% a mais do que o ProRoot MTA e 1,900% a mais que o Angelus branco. A quantidade de chumbo presente no Angelus cinza foi de 51,28 mg/Kg.

#### Solução Irrigadora

Durante a terapia endodôntica, várias soluções irrigantes em diferentes concentrações e tempos são utilizadas. Estas, podem afetar a reação de presa do agregado de trióxido mineral (MTA). Aggarwal *et al.*<sup>20</sup> avaliaram o efeito das soluções de hipoclorito

de sódio (NaOCl) (5,25%), gluconato de clorexidina (CHX) (2%), ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) (17%) e BioPure MTAD na microdureza superficial e resistência à flexão do MTA branco, expondo 25 amostras de disco e 25 amostras de barras por 7 dias. A microdureza das amostras de disco foi medida enquanto a resistência à flexão foi testada em amostras de barra. EDTA e BioPure MTAD reduziram significativamente a dureza e resistência à flexão em comparação com outros grupos. Sob a força da água destilada, a dureza e resistência permaneceram altas; portanto, um fluxo final com água destilada antes da colocação de MTA é defendido, especialmente se agentes descalcificantes forem usados durante o procedimento clínico.

#### Cimentos obturadores de canais radiculares

Um dos objetivos do tratamento endodôntico é o selamento hermético do sistema de canais radiculares após uma adequada modelagem e sanificação. Esse propósito é alcançado quando a obturação consegue, de modo efetivo, eliminar os espaços e selar os túbulos dentinários. O MTA Plus representa a próxima geração dos materiais de silicato tricálcico e é composto de um pó fino, não-arenoso e um gel exclusivo, enquanto a maioria dos outros MTAs inclui água. MTA Plus gel permite que o pó MTA seja mais rápido e tenha resistência à lavagem em cinco minutos. O gel e o pó fino permitem que o clínico facilmente crie a consistência desejada. A proporção de pó-gel pode variar para que o clínico possa criar uma massa semelhante, pastosa ou uma consistência de cimento<sup>21</sup>.

Já o cimento Fillapex é um cimento à base de MTA (mineral trióxido agregado), é um produto biocompatível, possui alta radiopacidade, excelente escoamento e libera íons de cálcio. Seu sistema é pasta a pasta, que facilita a manipulação e tem base resinosa para uma fácil remoção. Mostrou estimular a formação de tecido duro no ápice dental e em locais de perfuração<sup>7</sup>.

O MTA apresenta alto custo quando comparado ao cimento Portland. Novos cimentos à base de MTA ou Portland são desenvolvidos para aperfeiçoar algumas propriedades do material. Estas novas

formulações devem ser avaliadas por ensaios de biocompatibilidade e de bioatividade. No caso do cimento Portland como substituto do MTA, é necessária a adição de agente radiopacificador, o qual não deve interferir com as propriedades do PC, ou até mesmo proporcionar maior potencial bioativo. No entanto, para o desenvolvimento de cimentos obturadores de canais radiculares baseados no MTA, outros componentes são acrescentados, como resinas, o que torna necessária a avaliação de suas propriedades biológicas<sup>12</sup>.

Os benefícios do MTA (silicato tricálcico) estão bem estabelecidos para uma infinidade de procedimentos endodônticos, variando entre reparação de perfuração até preenchimento final radicular e também para a terapia vital da polpa. MTA Plus é indicado para procedimentos de polpa vital, incluindo capeamento da polpa, revestimento da cavidade e pode ser usado como uma base em restaurações. Além disso, ele pode ser usado para selagem, revascularização do canal radicular ou para obturação quando o tratamento endodôntico é a única alternativa<sup>21</sup>.

A cor prateada do MTA Plus é benéfica para distinguir o material quando colocado, e a cor faz o material ligeiramente mais radiopaco do que outros materiais a base de MTAs que são brancos. O produto foi testado internacionalmente a partir de 2011, e relatos mostraram o efeito de cura que resulta do silicato tricálcio bioativo do MTA. Quando utilizado, o material foi igual ou melhor que o MTA conhecido.

O material é não citotóxico e antibacteriano quando testado *in vitro* contra bactérias endodônticas comuns, incluindo a *E. faecalis*. Todos os componentes do produto já são usados na odontologia e procedimentos pulpares. O MTA Plus em pó é embalado em recipiente hermético para manter o pó seco e permite ao clínico dispensar somente o que é necessário, evitando o desperdício. O frasco do gel conta-gotas é apropriado para pequenas quantidades da mistura. Dois tamanhos de kit estão disponíveis: 2,5 e 8 gramas<sup>22</sup>.

Quando misturado o pó ao gel, o som estridente, arenoso se torna ausente, e a manipulação do MTA Plus é tão fácil quanto a do IRM. Ele foi projetado para ser um MTA acessível, conveniente tanto para o

profissional quanto para o paciente<sup>22</sup>.

## Discussão

Há aproximadamente duas décadas, um novo cimento reparador foi introduzido no mercado odontológico: o Agregado Trióxido Mineral (MTA). Disponível comercialmente sob os nomes de ProRoot (Dentsply, Tulsa, EUA) e MTA-Angelus (Angelus, Londrina, Brasil). O MTA é apresentado sob a forma de pó branco ou cinza, que contém partículas hidrofílicas, cujos componentes principais são silicato tricálcio, aluminato tricálcio, óxido tricálcio, óxido silicato e o óxido bismuto, responsável pela radiopacidade, além dos elementos cromo (Cr) e chumbo (Pb). Uma vez adicionado à água destilada na proporção de 3:1, o MTA resulta em um gel coloidal. Inicialmente, seu pH=10,7 eleva-se para pH=12,5 após a presa, a qual se completa em aproximadamente 3 horas. Esse pH alcalino, semelhante ao do Hidróxido de Cálcio é, possivelmente, o indutor da formação de tecido mineralizado. Para Song *et al.*<sup>23</sup> a única diferença química entre o MTA branco e o MTA cinza reside na menor quantidade de íons de ferro no primeiro. Resende *et al.*<sup>19</sup> verificaram que no ProRoot MTA cinza a quantidade de ferro é da ordem de 23,045 mg/Kg, enquanto que a quantidade de cromo no MTA Angelus cinza foi da ordem de 95,09 mg/Kg, o equivalente a 146% da concentração do ProRoot MTA cinza e 1,900% a mais que o Angelus branco.

Pesquisas demonstraram a excelente habilidade seladora e biocompatibilidade. O exame microscópico dos tecidos periodontais, após perfurações na região de furca ou raiz e subsequente selamento com MTA, demonstrou reparo do periodonto e uma nova formação de cimento sobre o material<sup>1</sup>, e baseado nos estudos das propriedades físicas e biológicas do MTA, esse material parece ser o mais indicado até o momento para selar a comunicação entre o canal radicular e os tecidos periodontais em casos de perfuração radicular<sup>2,3,4,6</sup>.

## Conclusão

O Agregado de Trióxido Mineral (MTA) é um material desenvolvido para o uso odontológico que possui propriedades

satisfatórias para seu emprego na Endodontia como material retro-obturador e foi desenvolvido com o intuito de selar as áreas de comunicação do interior do dente com o meio externo. O MTA é um cimento com boa capacidade seladora que demonstrou em diversos trabalhos ser capaz de induzir a formação de tecido mineralizado. O MTA, como cimento obturador de canais radiculares, é um material novo, de grande interesse em Endodontia. Adicionalmente, temos produtos nacionais a base de MTA de fácil aquisição. De uma maneira geral, o MTA pode ser considerado um dos materiais mais bem utilizados pelos profissionais da área da endodontia devido a suas excelentes propriedades biológicas.

## The use of MTA in Endodontics: Literature review

### Abstract

The Mineral Trioxide Aggregate (MTA) is a biocompatible material with numerous and interesting clinical applications in endodontics. MTA was introduced as endodontic material by Lee Monsef Torabinejad in 1993 and was approved for human use by Food and Drug Administration (FDA) in 1998. The material consists of insoluble residues, hydrophilic particles and mineral oxides. MTA is easy to handle with good features and adequate radiopacity properties. The aim of this study was to perform a literature review on the Mineral Trioxide Aggregate use in dentistry, in accordance with its excellent properties and biocompatibility. We conducted a literature review using survey data from the last 10 years. We conclude that MTA is a material widely used in endodontics. MTA potential to induce mineralization and its good sealing ability make MTA a very suitable material for diverse endodontic treatments.

**Descriptors:** Endodontics. Biocompatibility Tests. Root Canal Obturation.

### Referências

1. Fukunaga D, Barberini AF, Shimabuko DM, Morilhas C, Belardinelli B, Akabane CE. Utilização do agregado de trióxido mineral (MTA) no tratamento das perfurações radiculares: relato caso clínico. *Rev Odontol Univ Cid São Paulo*. 2007;19(3):347-53.
2. Torabinejad M, Parirokh M. Mineral Trioxide Aggregate: a comprehensive literature review - part II: leakage and biocompatibility investigations. *J Endod*. 2010;36(2):190-202.
3. Ruiz PA. Perfurações endodônticas: revisão da literatura. *Rev Bras Patol Oral*. 2003;(2):45-50.
4. Camilo CMJ, Rodrigues TM, Coêlho BM, et al. Repair of iatrogenic Furcal Perforation with Mineral Trioxide Aggregate: A Seven-Year Follow-up. *Iran Endod J*. 2017;12(4):516-20.
5. Schmietke F. Uso do Agregado Trióxido Mineral em obturações retrógradas. [Monografia]. Universidade do Oeste de Santa Catarina; 2010.
6. Novais IG, Dumont AFS, Cardoso FP, Castro ACDV. Tratamento da reabsorção externa via canal radicular: relato de dois casos clínicos. *Belo Horizonte*; 2012.
7. Salles LP, Gomes-Cornélio AL, Guimarães FC, Herrera BS, Bao SN, Rossa-Junior C, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M. Mineral trioxide aggregate-based endodontic sealer stimulates hydroxyapatite nucleation in human osteoblastic-like cell culture. *J Endod*. 2012;38(7):971-6.
8. Gava AB. O agregado de trióxido mineral e sua aplicação em casos de perfurações radiculares. Faculdade Redentor. Minas Gerais; 2012.
9. Yoshino P, Nishiyama CK, Modena KC, Santos CF, Sipert CR. In vitro cytotoxicity of white MTA, MTA Fillapex (R) and Portland cement on human periodontal ligament fibroblasts. *Braz Dent J*. 2013;(24)111-16.
10. Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod*. 1993;19(11):541-44.
11. Juárez Broon N, Bramante CM, de Assis GF, Bortoluzzi EA, Bernardinelli N, de Moraes IG, Garcia RB. Healing of root perforations treated with Mineral Trioxide Aggregate (MTA) and Portland cement. *J Appl Oral Sci*. 2006;14(5):305-11.
12. Gomes Cornélio AL, Salles LP, Campos da Paz M, Cirelli JA, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru Filho M. Cytotoxicity of Portland cement with diferente radiopacifying agents: a cell death study. *J Endod*. 2011;37(2):203-10.
13. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod*. 1999;25(3):197-205.
14. Pinto, NMF. Capacidade de selamento marginal apical do cimento MTA FILLAPEX. [Dissertação] Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais; 2011.
15. Júnior, MB; Camilo, CC; Soares, JA; Popoff, DAV. Biocompatibility and sealing ability of mineral trioxide aggregate for root perforations. *Rev Gaucha Odontol*. 2013;61:447-52.
16. Kettering JD, Torabinejad MJ. Investigation of mutagenicity of Mineral Trioxide Aggregate and other commonly used root end filling materials. *J Endod*. 1995;21(11):537-42.
17. Parirokh M, Torabinejad M. Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review - Part I: chemical, physical, and antibacterial properties. *J Endod*. 2010;36(1):16-27.
18. Costa, TMC. O uso do MTA na endodontia. Instituto de ciências da saúde - Funorte / Soebrás; 2011.
19. Resende LM, Braga NMA, Sousa NMD, et al. Avaliação da presença de cálcio, cromo, chumbo e ferro nos cimentos retroobturadores ProRoot MTA, Ângelus MTA e Portland. *Brazilian Oral Research*. 2007;21:293.
20. Aggarwal V, Jain A, Kabi D. In vitro evaluation of effect of various endodontic solutions on selected physical properties of white mineral trioxide aggregate. *Aust Endod J*. 2009;37(2):61-4.
21. Rodrigues EM, Cornélio ALG, Mestieri LB, Fuentes ASC, Salles LP, Rossa-Junior C, Faria G, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M. Human dental pulp cells response to mineral trioxide aggregate (MTA) and MTA Plus: Cytotoxicity and gene expression analysis. *Int Endod J*. 2017;50(8):780-9.
22. Song JS, Mante FK, Romanow WJ, Kim S. Chemical analysis of powder and set forms of Portland cement, gray ProRoot MTA, white ProRoot MTA, and gray MTA-Angelus. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2006;102(6):809-15.