

Trabalho de Conclusão de Curso

BIOATIVIDADE DO MTA

Rick Fornaza Brodbeck



**Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Graduação em Odontologia**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA**

Rick Fornaza Brodbeck

BIOATIVIDADE DO MTA

Trabalho apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para a conclusão do Curso de Graduação em Odontologia
Orientador: Prof. Dr. Wilson Tadeu Felipe.
Co-orientadora: Prof. MsC Gabriela Santos Felipe

Florianópolis

2012

Rick Fornaza Brodbeck

BIOATIVIDADE DO MTA

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, 17 de outubro de 2012.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Wilson TadeuFelippe
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Eduardo Antunes Bortoluzzi
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dra.Mara Cristina Santos Felippe

Dedico à minha família, namorada e amigos, pois sempre me apoiaram, tornando possíveis meus sonhos e fazendo meus dias melhores com conselhos e carinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida, por estar sempre no meu caminho, iluminando e guiando às escolhas certas.

Aos meus pais: **Kelson e Matilde**, que me proporcionaram uma ótima formação e nunca pouparam esforços para me ajudar a alcançar meus objetivos. Sempre presentes em minha vida com muito diálogo, carinho e compreensão, sendo meus verdadeiros exemplos de vida. Pai e mãe, amo vocês.

Ao meu irmão **Bill**, pelos ensinamentos, brigas e todos os momentos em que estive ao meu lado, sendo companheiro e amigo.

Aos meus **avós**, pelo carinho, diálogo e por me ensinarem um pouco sobre a vida.

À minha tia **Valéria**, que me acolheu, dando carinho e ajudando em todos os momentos que precisei de ajuda longe de casa.

À minha namorada, **Juliana Schmoeller**, que mesmo estando longe de mim, sempre se fez presente, me dando carinho em todos os momentos em que precisei, sendo minha parceira em todos os momentos bons e ruins.

Aos **meus amigos**, que sempre me deram força, compartilhando risadas, histórias e momentos inesquecíveis.

À Universidade Federal de Santa Catarina, pela oportunidade de cursar Odontologia;

Ao Professor **Dr. Wilson Tadeu Felipe**, que sabiamente exerceu sua função de orientador, sempre ajudando não só neste trabalho, mas também ao longo de toda a graduação.

À **Gabriela Santos Felipe** por seu empenho e dedicação em me ajudar, obrigado pela paciência e amizade.

Aos demais professores e funcionários da Universidade Federal de Santa Catarina meu agradecimento por todo o tempo e esforço que dedicaram para me ensinar.

“Tente mover o mundo, o primeiro
passo será mover a si mesmo.”

Platão

RESUMO

O agregado de trióxido mineral (MTA), introduzido na odontologia duas décadas atrás, é um material usado principalmente para o selamento de perfurações, preenchimento de cavidades retrógradas, terapias pulpares e como tampão apical em dentes com rizogênese incompleta. Estudos revelam que o MTA possui capacidade bioativa quando em contato com solução tampão-fosfato (PBS); a interação MTA-dentina com PBS propicia a formação de uma intercamada na interface cimento-dentina, com aglomerados de cristais de apatita carbonatada. Essa camada parece estar aderida quimicamente à dentina e apresenta prolongamentos intratubulares que parecem favorecer o selamento marginal. O presente trabalho teve por objetivo revisar estudos *in vivo e ex vivo*, a fim de elucidar o mecanismo de bioatividade do MTA.

Palavras-chave: Agregado de Trióxido Mineral, Bioatividade, Biomineralização, Cimento Portland.

ABSTRACT

Mineral trioxide aggregate (MTA) was introduced in dentistry two decades ago. It is used mainly for sealing perforations, retrograde filling of cavities, pulp therapy and as apical plug in teeth with incomplete root formation. Studies show MTA is bioactive when in contact with phosphate buffer solution (PBS). The interaction MTA-dentin with PBS promotes the formation of interfacial layer between the cement and dentin, with carbonated apatite crystals. This layer seems to be chemically bonded to dentin and presents intratubular tags, which seem to improve the marginal sealing. This study aimed to review studies *in vivo* and *ex vivo* in order to elucidate the bioactivity of MTA.

Keywords: Mineral Trioxide Aggregate, Bioactivity, Biomineralization, Portland Cement.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MTA - Mineral TrioxideAggregate

PBS - Phosphate Buffered Saline

MEV - Microscópio Eletrônico de Varredura

EDX - Espectroscopia de Raios X por dispersão de energia

XRD - Difração de Raios X

SUMÁRIO

1	Introdução.....	19
2	Revisão de Literatura.....	23
3	Conclusão.....	29
4	Referências.....	31

1INTRODUÇÃO

A importância do selamento marginal na Endodontia já é conhecida. É sabido que a maioria dos casos de insucesso resulta da passagem de substâncias irritantes presentes nos canais radiculares em direção aos tecidos perirradiculares (SIQUEIRA, 2001; TORABINEJAD; PARIROKH, 2010a).

A busca por materiais que apresentem características físico-químicas biológicas ideais levou ao desenvolvimento do agregado de trióxido mineral (MTA) (TORABINEJAD; WATSON; FORD, 1993). Inicialmente este cimento foi indicado para selar comunicações entre a cavidade pulpar e o periodonto (TORABINEJAD; WATSON; FORD, 1993) e, posteriormente, ganhou aplicação no preenchimento de cavidades retrógradas (TORABINEJAD et al., 1995), pulpotomia (HOLLAND et al., 2001) e tampão apical em dentes com rizogênese incompleta (FELIPPE; FELIPPE; ROCHA, 2006).

1.1 MTA - Apresentação, composição e manipulação

O MTA é um pó que contém pequenas partículas hidrofílicas, que tomam presa em contato com umidade. É composto basicamente por 75% de cimento Portland, 20% de óxido de bismuto e 5% de gesso. Seu principal componente, o cimento Portland, é formado por silicato tricálcico, aluminato tricálcico, silicato de cálcio e aluminoferrato tetracálcico. O MTA de cor cinza já não é mais comercializado, devido a sua incompatibilidade estética. Atualmente, o MTA é encontrado comercialmente na cor branca. As principais diferenças entre os dois tipos de MTA são a maior concentração de íons ferro, alumínio e magnésio, e maior tamanho das partículas no MTA cinza (ASGARY et al., 2005; ISLAM et al., 2006). A manipulação do MTA é feita com água destilada na proporção pó-líquido de 3:1, até formar um gel coloidal que tem sua presa após 2 horas e 20 minutos (ISLAM et al., 2006).

1.2 Propriedades físico-químicas

Diversas pesquisas avaliaram as propriedades físico-químicas do MTA e revelam que esse material apresenta baixa solubilidade (ISLAM et al., 2006), boa capacidade de selamento (AQRABAWI, 2000; VIZGIRDA et al., 2005; MATT et al., 2004; CAMILLERI; PITT FORD, 2008; TORABINEJAD et al., 1995a) e força de união à estrutura dental (REYES-CARMONA et al., 2010a). Tais propriedades podem ser alteradas de acordo com o tipo de MTA, a proporção pó/líquido empregada, o método de mistura, a pressão empregada na compactação, a umidade, o pH e temperatura do meio, a espessura de material, e a forma como é levado ao local de aplicação (DAMMASCHKE et al., 2005; WATTS et al., 2007; COOMARASWAMY et al., 2007; SAGHIRI et al., 2008).

O MTA tem natureza hidrofílica, o que lhe permite tomar presa na presença de umidade, que por sua vez está relacionada à ligeira expansão que sofre após a presa, o que parece melhorar a adaptação do material às paredes dentinárias e o selamento (SLUYK; MOON; HARTWELL, 1998; TORABINEJAD et al., 1995a).

Além disso, apresenta pH alcalino que chega a 12,5 3 horas após a manipulação (TORABINEJAD et al., 1995c), que lhe confere poder antimicrobiano (TORABINEJAD et al., 1995a; THOMSON et al., 2003); e ainda capacidade de induzir a mineralização e de gerar menor resposta inflamatória (TORABINEJAD et al., 1995a; KOH et al., 1997; AEINEHCHI et al., 2003; MENEZES et al., 2004; FELIPPE; FELIPPE; ROCHA, 2006).

1.3 Propriedades biológicas e antimicrobianas

Diferentes autores compararam a biocompatibilidade do MTA à de outros materiais, como Diaket, amálgama e super EBA (ASRARI et al., 2003; TORABINEJAD et al., 1995a; KEISER et al., 2000; MASUDA et al., 2005). Num destes estudos o MTA se mostrou o único material não neurotóxico (ASRARI et al., 2003). Também já foi relatado que o MTA, quando colocado em contato com os tecidos perirradiculares, induz a proliferação celular em sua superfície (KOH et al., 1997; THOMSON et al., 2003), fato que permite concluir que o material proporciona boas condições ao reparo tecidual, promovendo a neoformação de tecido ósseo e cementário, e o restabelecimento do

ligamento periodontal (TORABINEJAD et al., 1997; ECONOMIDES et al., 2003; FELIPPE; FELIPPE; ROCHA, 2006).

Inúmeros estudos demonstraram a capacidade antimicrobiana do MTA, porém esta atividade está limitada a alguns micro-organismos (ESTRELA et al., 2000; TORABINEJAD et al., 1995a; MIYAGAK et al., 2006), mais precisamente bactérias anaeróbias facultativas, não apresentando nenhuma atividade contra flora estritamente anaeróbia (PARIROKH e TORABINEJAD, 2010). Segundo Al-Hezaimi et al.(2005), o MTA apresenta alguma capacidade antifúngica.

Outra característica importante do MTA está relacionada à sua bioatividade, ou seja, ao seu poder de formar precipitados minerais de hidroxiapatita ou apatita carbonatada quando em contato com solução tampão-fosfato (PBS). Esta característica parece melhorar tanto as propriedades físicas quanto as biológicas do material (SARKAR et al., 2005; BOZEMAN; LEMON; ELEAZER, 2006; REYES-CARMONA; FELIPPE; FELIPPE, 2009).

O presente trabalho tem por objetivo revisar estudos que avaliaram, *in vitro*, *ex vivo* e *in vivo* a capacidade do MTA de promover o processo de biomineralização.

Para compor a presente revisão foram selecionados artigos científicos publicados entre os anos de 1993 e 2012, indexados na base de dados PubMed, BioMed e SciELO, publicados na língua inglesa ou portuguesa. As palavras-chaves utilizadas para a pesquisa foram: Agregado de Trióxido Mineral, Bioatividade, Biomineralização e Cimento Portland.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Sarkar et al. (2005) realizaram um estudo com o intuito de elucidar a natureza das interações entre o MTA e a dentina após contato com a solução tampão-fosfato (PBS). O estudo foi dividido em 2 partes: Na primeira, 0,25g de MTA foram colocados em frascos com 1mL de água destilada; logo após foram adicionados 10mL de PBS e armazenados a 37° C. Após 1 a 2 horas, ocorreu a formação de um precipitado branco na superfície do material. Ao final de três dias e após duas semanas, os precipitados foram removidos e analisados em microscópio eletrônico de varredura (MEV), espectroscopia de raios-x por dispersão de energia (EDX) e difração de raios x(XRD). Tais precipitados apresentavam formas globulares e continham cálcio, fósforo e oxigênio, composição compatível com hidroxiapatita. Na segunda parte do estudo, canais de 2 dentes unirradiculados foram preparados endodonticamente; os canais foram irrigados com EDTA e hipoclorito de sódio 5,25% e preenchidos com MTA. As amostras foram expostas ao PBS durante 2 meses. Após esse período, foram levadas ao microscópio óptico, MEV e EDX para análise da interface MTA-dentina. As análises revelaram que o MTA sofreu dissolução em PBS, liberando principalmente cálcio, que levaram a precipitação de hidroxiapatita. Os autores acreditam que, pelo fato de o MTA ser um material poroso, essa precipitação continua internamente, mudando a composição do MTA na região em contato com a parede de dentina, e dando origem a uma camada de hidroxiapatita, quimicamente aderida ao tecido dentinário.

Bozeman et al. (2006) realizaram um estudo com o objetivo de quantificar e qualificar os cristais formados após interação do MTA branco, MTA cinza e Dentalcrete com PBS. Foram confeccionados 15 cilindros de cada material (4 mm de altura e 12 mm de diâmetro interno) e criados 7 grupos. Os grupos G1(n=12) e G4 (n=3) continham cilindros preenchidos com MTA cinza; G2 (n=12) e G5 (n=3) foram preenchidos com MTA branco e G3 (n=12) e G6 (n=3) com Dentalcrete. O G7 (n=1) constituiu o grupo controle, no qual o cilindro permaneceu vazio. Nos grupos 1 a 3 foram analisados o crescimento e a composição química e estrutural dos precipitados. As 36 amostras desses grupos foram individualizadas e imersas em frascos contendo 40 mL de PBS, o qual era substituído a cada 5 dias. Após 40 dias, as amostras foram analisadas em MEV e XRD. Nos grupos 4 a 6, o

objetivo foi medir a dissolução de íons cálcio, silício e outros elementos em água destilada. As amostras foram colocadas individualmente em frascos contendo 35mL de água destilada, e a concentração dos íons foi medida após 24h, 72h, 5, 7,10 e 14 dias. Foi observado que os precipitados eram estrutural e quimicamente semelhantes à hidroxiapatita. O MTA cinza apresentou maior quantidade de precipitados, enquanto o Dentalcrete não os produziu. A análise dos cristais indicou a presença de Si, Ca e P. Com relação à liberação de íons, após 14 dias o MTA cinza liberou mais cálcio, alumínio, bismuto e ferro do que MTA branco. Os autores sugeriram que a capacidade de o MTA cinza formar mais precipitados pode resultar em um melhor desempenho clínico, principalmente em relação a sua capacidade seladora.

Reyes-Carmona et al. (2009) avaliaram a capacidade de biomineralização do ProRoot MTA, MTA BIO, MTA Branco e do cimento Portland branco quando em contato com PBS. Foram feitas seções transversais do terço médio de raízes de 28 dentes humanos unirradiculados, com diâmetro interno padronizado em 2 mm. Os espécimes foram imersos em EDTA, NaOCl, e posteriormente lavados em água destilada e secos. Após o preenchimento com os materiais, as amostras foram divididas em 5 grupos (n=11): G1) ProRoot MTA; G2) MTA branco; G3) MTA BIO; G4) CP1 (Cimento Portland + óxido de bismuto 20%) e G5) CP2 (CP1 + 10% de cloreto de cálcio), colocadas individualmente em frascos contendo PBS e incubadas a 37° C por 2 meses. A cada 5 dias a solução de PBS foi substituída e o precipitado colhido para análise. O MTA BIO apresentou maior quantidade de precipitados em relação aos outros cimentos. A análise em MEV mostrou que eles apresentavam diferentes morfologias, e eram compostos basicamente por cálcio e fósforo, em proporções variáveis. As superfícies das amostras foram preparadas para análise da interface cimento-dentina, a qual revelou formação de uma intercâmara e deposição mineral no interior dos túbulos dentinários, também contendo principalmente cálcio e fósforo. Essa deposição foi maior nas amostras dos grupos 2 e 3. O aditivo cloreto de cálcio não otimizou a formação de deposição intratubular no G5. Foi possível observar que inicialmente ocorre a formação de fosfato de cálcio amorfo, o qual atua como precursor para a fase secundária, de apatita carbonatada. Os autores afirmam que a bioatividade do MTA e do cimento Portland está diretamente relacionada à sua capacidade de formar apatita carbonatada, a qual influencia na formação e manutenção de tecido duro, e possivelmente melhora a capacidade seladora do material. Os autores

sugeriram que a formação mineral está diretamente ligada à liberação de íons a partir dos cimentos.

Os mesmos autores (REYES-CARMONA; FELIPPE; FELIPPE, 2010) realizaram um estudo com o objetivo de analisar a influência da biomineralização na resistência à tração dos cimentos ProRoot MTA, MTA Branco, MTA BIO e cimento Portland com e sem cloreto de cálcio. Foram utilizados 63 dentes unirradiculados, a partir dos quais foram obtidas secções com 2 mm de espessura. O espaço do canal radicular foi padronizado em 1,3 mm e preenchido com os diferentes materiais. As amostras foram colocadas em contato com algodão umedecido por 72 horas à 37° C (controle) ou imersas em PBS por 2 meses. A solução de PBS foi substituída a cada 5 dias. Após os períodos, foi medida a resistência de união cimento-dentina com o auxílio de uma máquina Instron e as superfícies fraturadas foram analisadas em MEV. As amostras imersas em PBS apresentaram maior resistência ao deslocamento do que as do grupo controle e os MTAs demonstraram melhores resultados do que o cimento Portland com ou sem cloreto de cálcio. Ainda, a adição de cloreto de cálcio parece ter influenciado positivamente na força de resistência à tração do cimento. Foi possível observar, nas fotomicrografias das amostras imersas em PBS, deposição mineral no interior de túbulos dentinários compostas predominantemente por cálcio e fósforo. Os autores concluíram que a biomineralização influencia positivamente a resistência de união dos cimentos à dentina, principalmente dos MTAs.

Reyes-Carmona et al. (2010a) por meio de um modelo de apicificação *ex-vivo* avaliaram o efeito do PBS intracanal no processo de biomineralização em tampões apicais de MTA. Foram seccionadas a parte coróal e apical de 30 pré-molares unirradiculados. Em seguida, os canais foram preparados, irrigados e os dentes armazenados em solução salina. Tampões apicais de 5 mm foram realizados com ProRoot MTA e as raízes divididas em 3 grupos (n=10): no G1 o restante do canal foi preenchido com PBS; no G2 as amostras foram introduzidas em frascos contendo espuma floral umedecida com 20mL de PBS e no G3 as amostras foram introduzidas em frascos com 20mL de PBS e o restante do canal preenchido com PBS. Após 2 meses as amostras foram analisadas em MEV. No G1 houve formação mineral (intercamada) no terço cervical e ausência no terço apical do tampão. No G2 não foi observada formação mineral no terço cervical, mas ela estava presente em algumas amostras no terço médio e em todas no terço apical. O G3 apresentou os melhores resultados, com formação de intercamada e projeções intratubulares nos três terços do tampão. Os autores

concluíram que a utilização de um curativo intracanal com PBS após a confecção de um tampão apical com MTA estimula a formação de apatita carbonatada na interface material/dentina.

Gandolfi et al. (2010) investigaram a bioatividade do ProRoot MTA em função do tempo, por meio da imersão de amostras do cimento em PBS por 10 minutos, 5 horas, 1 e 7 dias. A análise em EDX-MEV demonstrou que as amostras que permaneceram em PBS por 10 minutos (recém-preparadas) e por 5 horas já apresentaram formação de apatita, caracterizada pela deposição de cristais de fosfato de cálcio. Após 7 dias, houve a formação de uma camada uniformemente distribuída sobre toda a superfície. A proporção Ca/P aumentou conforme o tempo de imersão, indicando a maturação da apatita carbonatada, onde íons carbonato substituem os íons fosfato na estrutura das apatitas. Os resultados deste estudo confirmaram a bioatividade do ProRoot MTA e sua capacidade de formar apatita carbonatada em poucas horas.

Reyes-Carmona et al. (2010b) avaliaram o processo de biomineralização e a resposta tecidual após a implantação de tubos de dentina preenchidos com MTA no tecido conjuntivo subcutâneo de camundongos. Foram confeccionados tubos de dentina, com diâmetro interno padronizado em 1,3 mm. Após lavagem, autoclavagem e irrigação com EDTA seguido de NaOCl, os tubos foram preenchidos com ProRoot MTA e implantados. O sacrifício dos animais ocorreu após 12 horas, 1, 3 e 7 dias, quando os tubos e o tecido adjacente foram removidos e preparados para análise. A capacidade de biomineralização *in vivo* foi observada já nas primeiras horas, quando os autores observaram aglomerados semelhantes à apatita sobre as fibrilas colágenas da dentina. Com o passar do tempo ocorreu um aumento da mineralização, formando uma camada compacta na superfície dos tubos após 7 dias. A análise em EDX demonstrou que os precipitados continham principalmente cálcio e fósforo (Ca/P = 1,60 a 1,64). Foi constatado que o processo de biomineralização ocorre simultaneamente à fase aguda da resposta inflamatória. Quando o MTA é implantado, uma série de reações bioquímicas e biofísicas ocorrem na interface dentina-MTA-tecido, que posteriormente ativam os eventos celulares e teciduais inflamatórios, culminando com a formação de uma camada de apatita, que facilita a integração do biomaterial ao meio.

Por meio de metodologia semelhante, Dreger et al. (2012) analisaram a capacidade de biomineralização dos cimentos MTA branco, MTA BIO e Cimento Portland com (CP1) ou sem (CP2) cloreto de cálcio (10%), através da implantação de tubos de dentina no tecido conjuntivo subcutâneo de ratos. Aos trinta dias foi visualizada a

formação de uma intercâmara em 6 amostras do MTA BIO, 5 do MTA Branco, 2 do CP1 e em nenhuma do CP2. Aos 60 dias, todos os tubos preenchidos com MTA BIO e MTA Branco apresentaram a intercâmara, enquanto nos grupos do CP1 e CP2 ela foi visualizada em apenas uma das amostras. Após 90 dias, apenas 3 amostras do CP2 não apresentaram a formação da intercâmara. A composição química dessa camada era principalmente de cálcio e fosfato, em uma razão Ca/P tempo dependente. Os autores concluíram que o MTA BIO e MTA Branco foram mais efetivos no processo de biomineralização do que o CP1 e CP2, principalmente nos períodos de 30 e 60 dias.

Felippe (2012) analisou a interação dos cimentos MTA FILLAPEX, iRoot SP, DiaRoot Bioaggregate (BA) e MTA Branco com a dentina *in vivo*. Cento e sessenta tubos de dentina foram divididos em 4 grupos experimentais e um grupo controle (tubo vazio) (n=32). Após o preenchimento com os materiais, os tubos foram implantados no tecido conjuntivo subcutâneo de ratos. Após 7, 15, 30 e 90 dias os ratos foram mortos (n=8/período) e os tubos de dentina foram preparados para análise em MEV (n=8/material/período). Aos 7 e 30 dias foi observada deposição mineral na interface cimento-dentina em todas as amostras preenchidas com MTA FILLAPEX, e após 15 e 90 dias esta deposição foi encontrada em 7 das 8 amostras. A autora não visualizou formação mineral em nenhuma das amostras dos grupos do iRoot SP, BA e MTA Branco, independentemente do período experimental. Foi concluído que o MTA FILLAPEX foi o único cimento que interagiu com a dentina e promoveu a biomineralização *in vivo*, e que este processo não foi influenciado pelo tempo.

De Almeida (2012) avaliou, num modelo de apicificação *ex vivo*, se a interação MTA/dentina com PBS intracanal e se a adição de cloreto de cálcio ao MTA Branco exercem influência sobre o selamento apical. Sessenta segmentos radiculares foram divididos em dois grupos (n=30), sendo G1=MTA Branco e G2=MTA Branco + 10 % de cloreto de cálcio. Os segmentos foram inseridos em uma esponja floral umedecida com PBS e subdivididos (n=15): nos subgrupos G1A e G2A, uma bolinha de algodão umedecida com água destilada foi colocada na região cervical dos segmentos durante 24h e depois substituída por uma seca; nos subgrupos G1B e G2B, o espaço do canal foi preenchido com PBS. Todas as cavidades foram seladas e após 2 meses foi feito o teste de infiltração de glicose. Não foram verificadas diferenças significativas entre os resultados dos grupos 1A e 1B; e 2A e 2B, contudo os segmentos que receberam PBS intracanal apresentaram menor número de amostras com traços da solução e menor valor médio de

concentração de glicose. Foram observadas diferenças significativas entre G1A e G2A; e G1B e G2B. Os segmentos que receberam o tampão com MTA Branco + 10% de cloreto de cálcio apresentaram maior número de amostras com traços da solução e maior valor médio de concentração de glicose. Assim, a autora concluiu que a interação MTA-dentina com PBS intracanal influenciou positivamente o selamento apical, contudo a adição de cloreto de cálcio 10% ao MTA o influenciou negativamente.

3 CONCLUSÃO

O MTA é um material capaz de promover a biomineralização. Após interação com fluido tissular (ou PBS) há deposição de cristais de apatita carbonatada, decorrente das reações entre os íons cálcio liberados pelo cimento e os íons fosfato do PBS ou fluido tissular. Estes cristais contribuem para a formação de uma camada de apatita carbonatada na interface MTA/dentina, com aparente adesão química à estrutura dentinária, que influencia positivamente a força de união à dentina e o selamento promovido pelo MTA.

REFERÊNCIAS

AEINEHCHI, M. et al. **Randomized controlled Trial of mineral trioxide aggregate and formocresol for pulpotomy in primary molar teeth.** J Endod, v.40, p.261-7, 2007.

AL-HEZAIMI, K. et al. **Human saliva penetration of root canals obturated with two types of mineral trioxide aggregate cements.**J Endod, v.31,n.6, p.453-6, June 2005.

AQRABAWI, J. **Sealing ability of amalgam, super EBA cement, and MTA when used as retrograde filling materials.**Braz Dent J, v.11, p. 266-8, 2000.

ASGARY, S. et al. **A comparative study of white mineral trioxide aggregate and white Portland cements using X-ray microanalises.**AustEndod J, v.30, n.3, p.89-92, Dec 2004.

ASGARY, S. et al. **A qualitative X-ray analysis of white and grey mineral trioxide aggregate using compositional imaging.** J Mater Sci Mater Med, v.17, n. 2, p.187-91, Feb 2006.

BOZEMAN, T.B.; LEMAN, R.R.; ELEAZER, P.D. **Elemental analisys of crystal precipitate from gray and White MTA.** J Endod, v. 32, n. 5, p. 425-8, May 2006.

CAMILLERI, J.; PITT FORD, T.R. **Evaluation of the effect of tracer pH on the sealing ability of glass ionomer cement and mineral trioxide aggregate.**J Mater Sci Mater Med, v. 19, p.2941-8, 2008.

CAMILLERI, J. et al. **Dynamic sealing ability of MTA root canal sealer.** JEndod, v.44, n.1, p.9-20, Jan 2011.

COOMARASWAMY, K.S.; LUMLEY, P.J.; HOFMANN, M.P. **Effect of bismuth oxide radiopacifiercontent on the material properties of and endodontic Portland cement-based (MTA-like) system.**J Endod, v.33, p.295-8, 2007.

DAMMASCHKE, T. et al. **Chemical and physical surface and bulk material characterization of white ProRoot MTA and two Portland**

cements. Dental Mat, v.21, n.8, p.731-8, Aug. 2005.

DE ALMEIDA, J. **Influência do processo de biomineralização e da adição de cloreto de calico ao MTA branco no selamento apical. Avaliação *ex vivo* em modelo de rizogênese incompleta.** Dissertação (Mestrado em odontologia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

DREGER, L.A.S. et al. **Mineral Trioxide Aggregate and Portland Cement Promote Biomineralization In Vivo.** J Endod, v.38, n.3, p.324-9, Mar 2012.

ECONOMIDES, N. et al. **Short-term periradicular tissue response to mineral trioxide aggregate (MTA) as root-end filling material.**IntEndod J, v.36, n.1, p.44-8, Jan 2003.

ESTRELA, C. et al. **Antimicrobial and chemical study of MTA, Portland cement, calcium hydroxide paste, Sealapex and Dycal.**Braz. Dent. J, v.11, n.1, p.3-9, 2000.

FELIPPE, G.S. **Capacidade de promover biomineralização em diferentes bioagregados: análise *in vivo*.** *Dissertação* (Mestrado em odontologia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

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

GANDOLFI, M.G. et al. **Apatite-forming ability (bioactivity) of Proroot MTA.**J Endod, v.43, n.10, p. 917-29, Oct 2010.

HAN, L.; OKIJI, T.; OKAWA, S. **Morphological and chemical analysis of different precipitates on mineral trioxide aggregate immersed in different fluids.**Dental Materials Journal, v.29, n.5, p. 512-7, 2010.

HOLLAND, R. et al. **Healing processo f dog dental pulp after pulpotomy and pulp covering with mineral trioxide aggregate or Portland cement.** Braz Dent J, v.12, p.109-13, 2001.

ISLAM, I.; CHNG, H.K.; YAP, A.U.J. **Comparison of the physical and mechanical properties of MTA and Portland cement.** JEndod, v.32, n.3, p.193-7, 2006a.

ISLAM, I.; CHNG H.K.; YAP, A.U.J. **X-ray diffraction analysis of mineral trioxide aggregate and Portland cement.** JEndod, v.39, n.3, p.220-5, 2006b.

KEISER, K. et al. **Cytotoxicity of mineral trioxide aggregate using human periodontal ligament fibroblast.** J Endod, v.26, p.288-91, 2000.

KOH, E. et al. **Mineral trioxide aggregate stimulates a biological response in human osteoblasts.** J Biomed Mat Res, v.37, p.432-9, 1997.

MARTIN, R.L. et al. **Sealing properties of mineral trioxide aggregate orthograde apical plugs and root fillings in an in vitro apexification model.** J Endod, v.33, n.3, Mar, p.272-5, 2007.

MASUDA, Y. et al. **Evaluation of biocompatibility of mineral trioxide aggregate with and improved rabbit ear chamber.** J Oral Rehabil, v.32, p.140-50, 2005.

MATT, G.D. et al. **Comparative study of White and gray mineral trioxide aggregate (MTA) simulating a one-or-two-step apical barrier technique.** J Endod, v.30, p.876-9, 2004.

MENEZES, R. et al. **Histologic evaluation of pulpotomies in dog two types of mineral trioxide aggregate and regular and white Portland cements as wound dressings.** Oral Surg Oral Med, Oral Pathol Oral Radiol Endod, v.98, n.3, p.376-9, Sep 2004.

MIYAGAK, D.C. et al. **In vitro of the antimicrobial activity of endodontic sealers.** Brazilian Oral Reserch, v.20, n.4, p.303-6, 2006.

PARIROKH, M. et al. **Effect of phosphate buffer saline on coronal leakage of mineral trioxide aggregate.** J of Oral Science, v.50, n.2, p. 187-91, June 2009.

REYES-CARMONA, J.F.et al. **Biom mineralization 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.731-6, May 2009.

REYES-CARMONA, J.F.et al.**The biom mineralization ability of mineral trioxide aggregate and Portland cement on dentin enhances the push-out strength.** J Endod, v.36, n.2, p.286-91, Feb 2010a.

REYES-CARMONA, J.F. et al.**A phosphate-buffered saline intracanal dressing improves the biom mineralization ability of mineral trioxide aggregate apical plugs.** J Endod, v.36, n.10, p.1648-52, 2010b.

SARKAR, N.K. et al. **Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate.** J Endod, v.31, n.2, p.97-100, Feb2005.

SAGHIRI, M.A. et al. **Effect of ph on sealing ability of white mineral trioxide aggregate as a root-end filling material.**J Endod, v.34, p. 1226-9, 2008.

SIQUEIRA, J.F.J.R.**Aetiology of the endodontic failure: why well-treated teeth can fail.**JEndod, v.34, p.1-10, 2001.

SLUYK, S.; MOON P.C.; HARTWELL G.R. **Evaluation of setting properties and retention characteristics of mineral trioxide aggregate when used as a furcation perforation repair material.** JEndod, v.24, n.11, p.468-71, 1998.

THOMSON, T.S. et. al. **Cementoblasts maintain expression of osteocalcin in the presence of mineral trioxide aggregate.**JEndod, v.29, n.6, p.407-12, 2003.

TINGEY, M.C. et al.**Analysis of mineral trioxide aggregate surface when set in the presence of fetal bovine serum.** J Endod, v.34, n.1, p.45-9, Jan 2008.

TORABINEJAD, M.; WATSON, T.F.; PITT FORD, T.R. **Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material.** J Endod, v.19, p. 591-5, 1993.

TORABINEJAD, M. et al. **Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material.** J Endod, v.21, p.109-12, 1995a.

TORABINEJAD, M. et al. **Physical and chemical properties of a new root-end filling material.** J Endod, v.21, n.7, p.349-53, 1995b.

TORABINEJAD, M. et al. **Histologic assessment of mineral trioxide aggregate as a root-end filling in monkeys.** J Endod, v.23, n.4, p.225-8, 1997.

TORABINEJAD, M.; PARIROKH, 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 2010a.

TORABINEJAD, M.; PARIROKH, M. **Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--part II: leakage and biocompatibility investigations.** J Endod, v.36, n.2, p.190-202, Feb 2010b.

TORABINEJAD, M.; PARIROKH, M. **Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--Part III: Clinical applications, drawbacks, and mechanism of action.** J Endod, v.36, n.3, p.400-13, Mar 2010c.

VIZGIRDA, P.J. et al. **A comparison of laterally condensed gutta-percha, thermoplasticised gutta-percha, and mineral trioxide aggregate as root canal filling materials.** J Endod, v.30, p.103-6, 2004.

WATTS, J.D. et al. **Effects of pH and mixing agents on the temporal setting of tooth-colored and gray mineral trioxide aggregate.** J Endod, v.33, p.970-3, 2002.

