

Propriedades e aspectos biológicos do agregado trióxido mineral: revisão da literatura

Cláudia Cristina Brainer de Oliveira MOTA^a, Catarina da Mota Vasconcelos BRASIL^a,
Natalia Rabelo de CARVALHO^a, Lúcia Carneiro de Souza BEATRICE^b, Hilcia Mezzalira TEIXEIRA^c,
Alexandre Batista Lopes do NASCIMENTO^c, Cláudio Heliomar VICENTE SILVA^c

^aMestrandas do Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Centro de Ciências da Saúde,
UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, 50670-901 Recife - PE, Brasil

^bProfessor Associado do Curso de Odontologia, Membro Permanente do Programa de Pós-Graduação em
Odontologia, Centro de Ciências da Saúde, UFPE – Universidade Federal de Pernambuco,
50670-901 Recife - PE, Brasil

^cProfessor Adjunto do Curso de Odontologia, Centro de Ciências da Saúde,
UFPE – Universidade Federal de Pernambuco, 50670-901 Recife - PE, Brasil

Mota CCBO, Brasil CMV, Carvalho NR, Beatrice LCS, Teixeira HM, Nascimento ABL, Vicente Silva CH. Properties and biological aspects of mineral trioxide aggregate: literature review. Rev Odontol UNESP. 2010; 39(1): 49-54.

Resumo

O material obturador ideal deve apresentar características específicas, como biocompatibilidade, selamento marginal adequado, capacidade de permitir ou induzir o reparo ósseo e facilidade de manipulação e inserção. O agregado trióxido mineral (MTA) foi desenvolvido como um material para obturação retrógrada com melhores propriedades químicas, físicas e biológicas do que os materiais existentes na época, como amálgama, material restaurador intermediário (IRM) e SuperEBA. Atualmente, o MTA é usado como material de preenchimento radicular no selamento apical, no reparo de perfurações e como agente de capeamento pulpar, além de ser usado como material de obturação retrógrada. O objetivo deste artigo foi realizar uma revisão da literatura acerca do agregado trióxido mineral, comparando-o com os principais cimentos endodônticos e materiais obturadores retrógrados disponíveis no mercado para a retrobturação do sistema de canais radiculares, analisando suas propriedades e características biológicas. Concluiu-se que o MTA é um material obturador retrógrado bastante satisfatório do ponto de vista químico-físico-biológico, especialmente por sua biocompatibilidade e seu potencial de ação osteocondutora, osteoindutora e cimentocondutora.

Palavras-chave: MTA; obturação retrógrada; capeamento pulpar; cirurgia periapical; infiltração apical.

Abstract

The ideal root canal sealer should present specific characteristics, as biological compatibility, appropriate marginal sealing, ability to allow or induce bone repair, and ease of manipulation and insertion. Mineral trioxide aggregate (MTA) was developed such a retro-sealer with better chemistry, physics and biological properties than materials that exist at the time, as amalgam, intermediate restorative material (IRM), and SuperEBA. Actually, MTA is used such a canal filling material to seal root apical, at drilling repair, and as a pulp capping agent; in addition, it is used as a filling retrograde material. The purpose of this study was a literature review about mineral trioxide aggregate, comparing it to the main endodontic cements and retro-sealer materials available at market for root canal filling retrograde filling, analyzing its properties and biological characteristics. It was concluded MTA is a quite satisfactory retro-sealer material, in terms of its chemical-physical-biological properties, especially due to its biocompatibility, and potential actions do conduce and induce the repair of bone and cementum.

Keywords: MTA; root-end filling; pulp capping; periapical surgery; apical leakage.

INTRODUÇÃO

Prevenir e tratar a infecção endodôntica são as principais tarefas do profissional que pratica a Endodontia.¹ A obturação do canal radicular complementa todo o esforço realizado nas demais etapas do tratamento endodôntico, conduzindo e contribuindo para o êxito definitivo deste tratamento. Para alcançar os objetivos desta importante fase, além das técnicas, o material obturador assume um papel de extrema importância. O aparecimento constante de novos materiais e a busca de um cimento obturador ideal conduzem os pesquisadores à análise das propriedades físicas e biológicas destes cimentos.

Por outro lado, não apenas as propriedades físicas e químicas são necessárias para se obter um selamento hermético, mas também a biocompatibilidade do material de preenchimento é importante para o sucesso. O uso de um material biocompatível para o selamento pode ser responsável pelo completo reparo histológico dos tecidos periapicais após o tratamento do canal radicular. Além do mais, a cura periapical completa após terapia endodôntica pode ser influenciada pelo limite apical da obturação do canal radicular e pela composição do material de preenchimento.²

A cirurgia pararendodôntica compreende várias modalidades de procedimentos que visam à resolução de falhas ou acidentes ocorridos em tratamentos endodônticos convencionais. O insucesso do tratamento endodôntico convencional está relacionado a complicações decorrentes da execução de técnica endodôntica, como a permanência de microorganismos no interior dos canais e as iatrogenias, também envolvendo os fatores anatômicos, como as calcificações e aberrações anatômicas.³

O objetivo deste artigo foi realizar uma revisão da literatura do agregado trióxido mineral (MTA), comparando-o com os principais cimentos endodônticos e materiais obturadores retrógrados disponíveis no mercado para a retrobturação do sistema de canais radiculares, analisando suas propriedades e características biológicas; em paralelo, foram revisadas também as indicações e os resultados obtidos com a aplicação do MTA como material de proteção pulpar. Para tal, foi feita uma abordagem das principais publicações relacionadas ao assunto, no período de 1978 a 2008, por meio de pesquisas nas bases de dados PubMed e SciELO.

REVISÃO DA LITERATURA

Os materiais obturadores dos canais radiculares deveriam atender a três funções principais: sepultar a maioria das bactérias resistentes que permaneceram dentro do sistema de canais, prevenir a entrada de fluidos oriundos dos tecidos periapicais e atuar como um selante ou barreira coronária, prevenindo, assim, a reinfecção do sistema de canais radiculares por microorganismos da cavidade oral.⁴

A capacidade de otimizar a regeneração do ligamento periodontal é mais uma propriedade desejável de qualquer material usado para selamento do canal radicular, apacificação, reparo de perfuração ou qualquer procedimento desenvolvido para selar a comunicação entre o sistema de canais radiculares e o tecido perirradicular. Idealmente, qualquer material usado nestas

situações poderia resultar não apenas na formação de osso novo, mas também de cimento e ligamento periodontal. Registros histológicos indicaram que cimento novo pode ser formado adjacientemente a alguns materiais dentários quando colocados em contato com tecidos periodontais. Estes materiais incluem MTA, resina composta e hidroxiapatita.⁵

1. *Materiais para Obturação Retrógrada*

Dentre os vários tipos de cirurgia endodôntica, a obturação retrógrada objetiva selar o sistema de canais radiculares por meio de um preparo apical da cavidade e sua obturação, usando um material com propriedades físicas, químicas e biológicas adequadas.⁶ Numerosos materiais foram usados como materiais obturadores retrógrados: amálgama de prata, gutta-percha, compósitos resinosos, cimentos de ionômero de vidro, cimentos de óxido de zinco e eugenol, material restaurador intermediário, ácido super etoxibonzoico (SuperEBA) e polímero à base de óleo de mamona.^{7,8}

O material ideal para obturação retrógrada deve apresentar certas características, isto é, biocompatibilidade, atividade antimicrobiana, selamento marginal adequado, capacidade de permitir ou induzir o reparo ósseo e facilidade de manipulação e inserção.⁹

O amálgama foi usado ao longo de cem anos e ainda é o material mais largamente usado em dentística restauradora e retrobturação apical. Porém, nos últimos anos, muito se questionou a segurança e a integridade do amálgama como material obturador retrógrado, por apresentar muitas desvantagens: liberação de íons, toxicidade do mercúrio, corrosão e eletrólise, expansão tardia e tatuagens teciduais. Mesmo assim, o amálgama foi e ainda é o material mais largamente usado.⁷

Em 1978, Oynick, Oynick¹⁰ afirmaram que o cimento SuperEBA era um material obturador retrógrado ideal. SuperEBA é basicamente um cimento de óxido de zinco reforçado, sendo melhor do que o amálgama em termos de selamento, reação tecidual apical e regeneração de tecidos periapicais. Seu uso tornou-se muito popular na década de 1990 e foi lentamente substituindo o amálgama como o material de escolha na prática cirúrgica endodôntica.⁷

Um selador de canais radiculares, à base de silicóna originada de polidimetilsiloxano (RSA Roeko Seal Automix), foi desenvolvido pela Roeko Dental Products (Langenau, Alemanha) e, de acordo com o fabricante, este material tem uma alta capacidade de selamento.¹¹ Alguns estudos foram conduzidos para avaliar as propriedades físicas e químicas do RoekoSeal Automix,^{12,13} aplicando um modelo de infiltração de fluidos e fazendo medidas periódicas da infiltração apical em canais selados com este material. Os resultados mostraram que este selador é dimensionalmente estável e previne a infiltração por pelo menos um ano.

O Sealer 26 é conhecido por suas excelentes propriedades de selamento, quando usado para obturação dos canais ou obturação retrógrada. É um cimento baseado em resina epóxica contendo hidróxido de cálcio. Ao ter sua capacidade de selamento comparada ao uso de IRM e do cimento de ionômero de vidro, estando os espécimes obturados com os referidos materiais em

contato com saliva humana por sessenta dias, observou-se que o Sealer 26 apresentou excelente capacidade de selamento quando usado como material obturador retrógrado, assim como uma ótima capacidade de prevenção de infiltração bacteriana.¹⁴

Sealapex apresenta excelente biocompatibilidade. É capaz de estimular a deposição de tecido mineralizado na região de forame apical.⁶ Apesar de ser relativamente solúvel após a aplicação, isso não afeta sua propriedade seladora. De fato, esta solubilidade relativa permite a dissociação iônica do hidróxido de cálcio deste cimento, contribuindo para a indução da mineralização apical e da ação antibacteriana.²

É aceito que a gutta-percha combinada com os cimentos obturadores tradicionais não previne a migração coronal-apical de bactérias e/ou seus subprodutos.⁴ A partir destas considerações, a obturação dos canais com gutta-percha e cimento pode ser considerada um ponto de fragilidade de grande importância na endodontia.¹⁵

Resilon, um material termoplástico resinoso sintético, contém uma mistura de dimetacrilatos e exibe adesão tanto na dentina radicular quanto nos cimentos à base de metacrilatos, como Epiphany. O uso do sistema de Epiphany/Resilon para obturação dos canais radiculares, quando comparado com o uso de gutta-percha com cimentos tradicionais, foi conclamado por reduzir ou prevenir a microinfiltração, promovendo então um selamento superior.^{16,17} Embora essa afirmação tenha sido contestada por outros pesquisadores, a gutta-percha não mostrou ser um material superior.⁴

Em meados da década de 1990, o MTA foi introduzido como o material para obturação retrógrada mais promissor da época, estando o mais próximo possível do ideal.⁷ Relatos de estudos iniciais¹⁸ afirmaram que este material apresentava elevada compatibilidade biológica.

Uma nova opção de material obturador retrógrado vem surgindo no mercado: trata-se de um polímero à base de óleo de mamona (*Ricinus communis*).⁸ Um grupo de pesquisadores avaliou a capacidade de selamento deste material à base de mamona, do MTA e do cimento de ionômero de vidro como materiais para obturação retrógrada. Usaram 45 dentes unirradiculares extraídos retrobturados com os materiais escolhidos. Observaram que o grupo obturado com cimento à base de óleo de mamona apresentou menor infiltração na interface dentina/material obturador retrógrado estatisticamente significativa, em relação àqueles retrobturados com MTA ou cimento de ionômero de vidro.⁸ A composição química deste material apresenta uma cadeia de ácidos gordurosos cujas estruturas moleculares são também encontradas nos lipídios do corpo humano. Dessa forma, as células não reconhecem o polímero como corpo estranho, sendo este polímero biocompatível e estimulante da regeneração óssea.¹⁹

2. MTA

O MTA foi desenvolvido como um material obturador retrógrado com melhores propriedades químicas, físicas e biológicas do que os materiais existentes à época, como amálgama, material restaurador intermediário (IRM) e SuperEBA. É considerado o melhor entre estes materiais, sendo aplicado no preenchimento

radicular no selamento apical, no reparo de perfurações, como agente de capeamento pulpar e como material para obturação retrógrada. Compreender as características físicas e químicas da superfície do conjunto agregado trióxido mineral pode fornecer conhecimentos profundos de sua bioatividade.^{5,15,20,21}

3. Composição do MTA

O MTA é uma mistura de pó hidrofílico, consistindo de silicato tricálcio, óxido tricálcio, óxido de silicato e aluminato tricálcio.^{9,22,23} Apesar de não conter hidróxido de cálcio, após o endurecimento do MTA, é formado óxido de cálcio, que pode reagir com os fluidos teciduais para produzir hidróxido de cálcio. Após o contato com o tecido pulpar, o MTA apresenta algumas estruturas que são similares aos cristais de cálcio encontrados no hidróxido de cálcio. Estes atraem fibronectina, que é geralmente responsável pela adesão e pela diferenciação celular, assim como faz o hidróxido de cálcio.²⁴ A presença de hidróxido de cálcio faz o cimento altamente alcalino (pH 12,5).¹⁸ Além destas características, o MTA tem uma propriedade osteoindutora desejável²³ e uma distribuição de partículas de óxido de bismuto, propositalmente adicionadas para aumentar a radiopacidade, também pode ser vista. O pó do MTA, quando misturado com água, resulta na formação de um gel coloidal que endurece dentro de 3 a 4 horas.^{9,21,22}

4. MTA Cinza e MTA Branco

O MTA cinza foi introduzido no campo da Endodontia em 1993, como material obturador apical e para reparo de perfurações laterais. Foi demonstrado o reparo de lesões periapicais após cirurgias perirradiculares com obturação apical com o MTA cinza.^{18,22} Foi usado em numerosas aplicações clínicas, como o tratamento de ápices imaturos, capeamento pulpar direto, pulpotomia e reparo de qualquer tipo de perfuração lateral e de furca que não estivesse exposta ao meio bucal.⁵ Uma das principais razões para introduzir o MTA branco como um substituto para o MTA cinza foi fornecer uma matiz mais parecida com a cor dos dentes, diferente do contraste da cor cinza do último.²² O MTA branco foi criado pela exclusão dos componentes de ferro; não contém partículas tão grandes como o MTA cinza e, com isso, melhoram-se suas propriedades de manipulação clínica.²⁵

5. Capeamento com MTA vs. Capeamento com Cimento de Hidróxido de Cálcio

Pitt Ford et al.²⁶ (1995) foram os primeiros a avaliar a performance do MTA para capeamento pulpar e demonstraram que o MTA tem performance superior, quando comparado ao hidróxido de cálcio. As pesquisas continuaram e, em 2008, Accorinte et al.²⁴ avaliaram a resposta histomorfológica de polpas dentárias humanas capeadas com MTA e cimento de hidróxido de cálcio. Todos os grupos responderam bem em termos de formação de tecido duro, resposta inflamatória e outros achados pulpares. Entretanto, observou-se uma resposta inferior na formação de dentina nos dentes capeados com hidróxido de cálcio. A presença de tecidos necróticos próximo ao tecido duro sugere que o MTA, similarmente ao hidróxido de cálcio, inicialmente causa necrose por coagulação em contato com tecido conjuntivo pulpar.

Esta reação pode ocorrer por causa da elevada alcalinidade do produto.^{24,27}

6. Biocompatibilidade do MTA

A biocompatibilidade dos seladores de canal radicular em relação aos tecidos periapicais é importante para alcançar o sucesso na terapia endodôntica. Um selador de canais radiculares biocompatível não poderia retardar o processo de reparo tecidual, mas suportar os processos reparador e regenerativo dos tecidos perirradiculares injuriados.¹¹ O uso do MTA se deve a algumas razões: possui excelente selamento, é biocompatível com os tecidos de união e apresenta potencial condutor e indutor de cementoblastos e osteoblastos^{5,7} para aglomerar, proliferar e expressar proteínas,²¹ além da capacidade de liberar os principais componentes catiônicos e acionar a superfície de precipitados estrutural e quimicamente similar à hidroxiapatita.²⁵

O MTA permite a união de células cementoblásticas, o crescimento e a produção de gene da matriz mineralizada, e a expressão de proteínas da matriz envolvidas na mineralização. As propriedades permissivas do MTA que dizem respeito à cementogênese permanecem incertas.⁵ A fonte ou a origem do novo cimento não está claramente elucidada. Existem duas possibilidades: uma derivada dos remanescentes celulares do ligamento periodontal e outra, do crescimento de tecido conjuntivo a partir do osso.⁷ A capacidade do MTA de induzir a resposta celular se deve à fase do fosfato de cálcio, que pode causar uma mudança no comportamento celular, simulando a aderência de osteoblastos ao MTA.²⁸ Existem indicações de que o mecanismo de iniciação da dentinogênese reparadora no capeamento com MTA e com hidróxido de cálcio é similar.²⁹

DISCUSSÃO

O selamento hermético é um importante fator para o sucesso do reparo apical e periapical. Por isso, o selador deve não apenas satisfazer as propriedades físico-químicas, mas também as propriedades biológicas que permitam ou induzam o reparo apical e a deposição de tecido mineralizado.²

O MTA apresenta características biológicas, composição e propriedades que o tornam um material ideal para selamento dos canais radiculares via retrógrada, destacando-se, em especial, suas condições osteocondutora, osteoindutora e cementocondutora.^{5,15}

Quando comparado o potencial biocompatível do MTA branco e do MTA cinza, não se observou nenhuma diferença entre os cimentos, exceto pela diferença de tamanho de suas partículas, que é maior no MTA cinza.²¹

Em estudo desenvolvido por Baek et al.⁷ (2005), avaliando a resposta tecidual e a regeneração do cimento de canais retrógradados com MTA, amálgama e SuperEBA, observou-se que o MTA mostrou a resposta periapical mais favorável, com neoformação de cobertura de cimento, sugerindo que uma barreira biológica no ápice pode ser obtida apenas com MTA, quando comparado ao amálgama e ao SuperEBA. Ainda em relação aos outros materiais utilizados neste estudo, o SuperEBA foi superior ao amálgama como material de preenchimento do

terço apical. Os resultados deste estudo mostram claramente que o amálgama não é biologicamente adequado como material obturador retrógrado. Ainda neste estudo, o grupo retrógradado com o SuperEBA mostrou menor infiltrado celular inflamatório do que o grupo retrógradado com amálgama, mas maior do que com o MTA. Células plasmáticas, linfócitos e células gigantes foram encontrados frequentemente com uma pequena presença de polimorfonucleados (PMNs). Não houve crescimento de cimento em torno do amálgama e do SuperEBA, mas, na maioria dos casos, o cimento cresceu na superfície do MTA. Os Autores sugeriram, ainda, que a neoformação de cimento na superfície radicular obturada com MTA pode se originar tanto do ligamento periodontal quanto do osso alveolar. Este achado mostra-se semelhante aos resultados encontrados por Regan et al. (2002).²⁰

Tanomaru-Filho et al.⁶ (2006) compararam Sealer 26, Sealapex Plus óxido de zinco e MTA, mas não observaram diferença no reparo dos tecidos periapicais após obturação com os materiais testados. Selapex Plus óxido de zinco apresentou bons resultados, embora apenas uma leve deposição de tecido mineralizado tenha sido observada. O Sealer 26 e o Sealapex Plus óxido de zinco são fáceis de manipular e de inserir na cavidade retrógrada, enquanto que a menor consistência do MTA dificulta o preenchimento uniforme da cavidade.

Recentemente, foi publicado um estudo comparando o MTA com cimento de ionômero de vidro e um polímero à base de óleo de mamona (*Ricinus communis*).⁸ Observou-se que o material constituído à base de óleo de mamona apresentou significativamente menor infiltração que o MTA e o cimento de ionômero de vidro. Os autores registram que este polímero é biocompatível e estimula a regeneração óssea. A composição química deste material apresenta uma cadeia de ácidos graxos cujas estruturas moleculares também estão presentes nos lipídios do corpo humano. Dessa forma, as células não podem reconhecer a resina deste cimento como um corpo estranho.

Em relação ao cimento de Portland, pode-se afirmar que seus principais constituintes são muito semelhantes aos do MTA, tanto na versão branca quanto na cinza, mas com adição de óxido de bismuto, presumivelmente para tornar o material radiopaco para uso odontológico.^{20,25} Como os constituintes do MTA são similares àqueles do cimento de Portland, a reação de fixação destes é similar.¹⁸

Com base nos achados desta revisão de literatura, observa-se o quanto é favorável o uso clínico do MTA como material de obturação retrógrada. Registra-se, ainda, a necessidade de se desenvolverem mais estudos com o polímero à base de óleo de mamona.

CONCLUSÃO

Tomando-se por base os achados na literatura, pode-se concluir que:

- o MTA é um material para obturação retrógrada de grande importância por suas propriedades químicas, físicas e biológicas;
- firmam-se sua biocompatibilidade e seu potencial de ação osteocondutora, osteoindutora e cementocondutora, o que torna este material capaz de levar a um reparo histológico completo após a cirurgia periapical e retro-obturação.

REFERÊNCIAS

1. Lopes HP, Siqueira JF Jr. Endodontia: biologia e técnica. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan; 2004.
2. Leonardo MR, Salgado AAM, Silva LAB, Tanomaru Filho M. Apical and periapical repair of dogs' teeth with periapical lesions after endodontic treatment with different root canal sealers. *Pesqui Odontol Bras.* 2003;17: 69-74.
3. Rocha WC, Estrela C. Cirurgia em endodontia. In: Estrela C, Figueiredo JAP. Endodontia: princípios biológicos e mecânicos. São Paulo: Artes Médicas; 1999. p. 315-65.
4. Baumgartner G, Zehnder M, Paqué F. Enterococcus faecalis type strain leakage through root canals filled with Gutta-Percha/AH Plus or Resilon/Epiphany. *J Endod.* 2007;33:45-7.
5. Thomson TS, Berry, JE, Somerman MJ, Kirkwood KL. Cementoblasts maintain expression of osteocalcina in the presence of mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 2003;29:407-12.
6. Tanomaru-Filho M, Luis MR, Leonardo MR, Tanomaru JMG, Silva LAB. Evaluation of periapical repair following retrograde filling with different root-end filling materials in dog teeth with periapical lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;102:127-32.
7. Baek SH, Plenck H Jr, Kim S. Periapical tissue responses and cementum regeneration with amalgam, SuperEBA, and MTA as root-end filling materials. *J Endod.* 2005;31:444-9.
8. Martins GR, Carvalho CAT, Valera MC, Oliveira LD, Buso L, Carvalho AS. Sealing ability of castor oil polymer as a root-end filling material. *J Appl Oral Sci.* 2009;17:220-3.
9. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod.* 1995;21:349-53.
10. Oynick J, Oynick T. A study of a new material for retrograde fillings. *J Endod.* 1978;4:203-6.
11. Leonardo MR, Flores DSH, Silva FWGP, Leonardo RT, Silva LAB. A comparison study of periapical repair in dog's teeth using RoekoSeal and AH Plus root canal sealers: a histopathological evaluation. *J Endod.* 2008;34:822-5.
12. Wu MK, Tigos E, Wesselink PR. An 18-month longitudinal study on a new siliconbased sealer, RSA RoekoSeal: a Leakage study in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2002;94:499-502.
13. Wu Mk, van der Sluis LW, Wesselink PR. A 1-year follow-up study on leakage of single-conemfillings with RoekoRSA sealer. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006;101:662-7.
14. Siqueira JF Jr, Rôças IN, Abad EC, Castro AJ, Gahyva SM, Favieri A. Ability of three root-end filling materials to prevent bacterial leakage. *J Endod.* 2001;27:673-5.
15. Leonardo MR, Barnett F, Debelian GJ, Lima RKP, Silva LAB. Root canal adhesive filling in dog's teeth with or without coronal restoration: a histopathological evaluation. *J Endod.* 2007;33:1299-303.
16. Shipper G, Teixeira FB, Arnold RR, Trope M. Periapical inflammation after coronal microbial inoculation of dog roots filled with gutta-percha or Resilon. *J Endod.* 2005;31:91-6.
17. Shipper G, Ørstavik D, Teixeira FB, Trope M. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). *J Endod.* 2004;30:342-7.
18. Torabinejad M, Smith PW, Kettering JD, Pitt Ford TR. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. *J Endod.* 1995;21:295-9.
19. Pereira RS, Sumita TC, Furlan MR, Jorege AOC, Ueno M. Antimicrobial activity of essential oils on microorganisms isolated from urinary tract infection. *Rev Saude Publica.* 2004;38:326-8.
20. Regan JD, Gutmann JL, Witherspoon DE. Comparison of Diaket and MTA when used as root-end filling materials to support regeneration of the periradicular tissues. *Int Endod J.* 2002;35:840-7.
21. Tingey MC, Bush P, Levine MS. Analysis of Mineral Trioxide Aggregate surface when set in the presence of fetal bovine serum. *J Endod.* 2008;34:45-9.
22. Asgary S, Parirokh M, EghbalMJ, Brink F. Chemical differences between white and gray mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 2005;31:101-3.
23. Favieri A, Campos LC, Burity VH, Cecilia MS, Abad EC. Use of biomaterials in periradicular surgery: a case report. *J Endod.* 2008;34:490-4.
24. Accorinte MLR, Holland R, Reis A, Bortoluzzi MC, Murata SS, Dezan Jr E, et al. Evaluation of Mineral Trioxide Aggregate and calcium hydroxide cement as pulp-capping agents in human teeth. *J Endod.* 2008;34:1-6.
25. Camilleri J, Montesin FE, Brady K, Sweeney R, Curtis RV, Pitt Ford TR. The constitution of mineral trioxide aggregate. *Dent Mater.* 2005;21:297-303.
26. Pitt Ford TR, Andreasen JO, Dorn SO, Kariyawasam SP. Effect of various zinc oxide materials as root-end fillings on healing after replantation. *Int Endod J.* 1995;28:273-8.
27. Souza Castro CA, Duarte PT, de Souza PP, Giro EM, Hebling J. Cytotoxic effects and pulpal response caused by a mineral trioxide aggregate formulation and calcium hydroxide. *Am J Dent.* 2008;21:255-61.
28. Koh ET, McDonald F, Pitt Ford TR, Torabinejad M. Cellular response to Mineral Trioxide Aggregate. *J Endod.* 1998;24:543-7.
29. Tziafas D, Pantelidou O, Alvanou A, Belibasakis G, Papadimitriou S. The dentinogenesis effect of mineral trioxide aggregate (MTA) in short-term capping experiments. *Int Endod J.* 2002;35:245-54.

AUTOR PARA CORRESPONDÊNCIA

Profa. Dra. Hilcia Mezzalira Teixeira

Professor Adjunto do Curso de Odontologia, Centro de Ciências da Saúde, UFPE – Universidade Federal de Pernambuco,
50670-901 Recife - PE, Brasil

e-mail: hilcia@uol.com.br

Recebido: 17/04/2009

Aceito: 10/01/2010