

Erika Ferreira Bentes Fonseca

# Tratamento com agregado de trióxido mineral em perfurações radiculares

Orientador: Prof. Ms. Hector Rodrigues

**Belo Horizonte 2021**



Erika Ferreira Bentes Fonseca

# Tratamento com agregado de trióxido mineral em perfurações radiculares

Monografia apresentada a Faculdade de Sete Lagoas (FACSET-BH), como parte dos requisitos obrigatórios para a obtenção do título de Especialista em Endodontia.

Orientador Prof. Ms. Hector Rodrigues

**Belo Horizonte 2021**

Apresentação da Monografia em \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ ao  
curso de Especialização em Endodontia.

---

Coordenador: Prof. Ms. Hector Michel de Souza Rodrigues

---

Orientador: Prof. Ms. Hector Michel de Souza Rodrigues

## **Dedicatória**

Dedico esta importante etapa da minha profissão a minha mãe Geny, sempre presente e me proporcionando o melhor em educação, incentivando a exercer a Odontologia com máximo de conhecimento. A você, mãe, minha gratidão, por tornar possível a conclusão da Especialização em Endodontia, e também gostaria de agradecer ao meu esposo Luciano, que me incentiva e ampara em todos os momentos.

## **Agradecimentos**

Gratidão antecipada sempre

À Deus, por nos dar o dom da vida e a oportunidade de viver momentos como esses.

À minha mãe e irmãs que me propiciaram a oportunidade de alcançar um sonho.

Aos meus filhos Rafael e Debora, pela compreensão de momentos ausentes.

Aos professores, por suas horas dedicadas em compartilhar seus conhecimentos, permitindo o meu crescimento pessoal e profissional.

E a todos os amigos do curso de especialização que tornaram a convivência ao longo desses dois anos inesquecível.

“O saber a gente aprende com os mestres e os livros. A sabedoria se aprende  
é com a vida e com os humildes. ”

Cora Coralina

## **Resumo**

A perfuração radicular é a comunicação entre a cavidade pulpar e os tecidos periodontais. Podendo ser acometida por acidente em qualquer etapa do tratamento dos canais radiculares. Acontece desde a abertura a câmara pulpar, desvios de instrumentação nos condutos radiculares, à falta de conhecimento da anatomia dos dentes. A observação da anatomia é feita por tomadas radiográficas e tomografias quando necessário. A perfuração pode ser causada também por processo iatrogênico e patológico. Estudos mostram ao longo dos anos, a busca por um material que fosse biocompatível com os tecidos adjacentes e fluidos periodontais, que não fosse citotóxico e tivesse uma boa estabilidade dimensional e fosse insolúvel. O objetivo deste trabalho é apresentar a eficácia do material obturador MTA (Agregado Trióxido Mineral), estudado e pesquisado por vários profissionais quanto a sua biocompatibilidade, propriedades físicas e químicas, por ser hidrofílico e bioativo. É utilizado com sucesso para tratamento de perfurações e também reabsorções radiculares, assim como em tampão apical por promover uma boa vedação.

Palavras chaves: Perfuração radicular, material selador, MTA

## **Abstract**

Root perforation is the communication between the pulp cavity and periodontal tissues. It can be affected by accident at any stage of root canal treatment. It happens from the opening of the pulp chamber, instrumentation deviations in the root canals, to the lack of knowledge of the anatomy of the teeth. The observation of the anatomy is made by radiographic and tomography when necessary. Perforation can also be caused by an iatrogenic and pathological process. Studies have shown over the years, the search for a material that is biocompatible with adjacent tissues and periodontal fluids, that is not cytotoxic and has good dimensional stability and is insoluble. The objective of this work is to present the effectiveness of the filling material MTA (Mineral Trioxide Aggregate), studied and researched by several professionals regarding its biocompatibility, physical and chemical properties, as it is hydrophilic and bioactive. It is successfully used to treat perforations and root resorption, as well as in apical plugs, as it promotes a good seal.

Key words: Root perforation, sealing material, MTA



## Sumário

|   |    |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....                               | 10 |
| 2. LISTA DE ABREVIATURAS.....                     | 11 |
| 3. REVISÃO DE LITERATURA.....                     | 12 |
| 3.1 MATERIAIS UTILIZADOS.....                     | 15 |
| 3.1.1 Composição Química e Física.....            | 18 |
| 3.1.2 Propriedades Biológicas e Reparadoras ..... | 22 |
| 4. MANEIRAS DE INSERÇÃO .....                     | 25 |
| 5. DISCUSSÃO.....                                 | 26 |
| 6. CONCLUSÃO.....                                 | 28 |
| 7. REFERÊNCIAS.....                               | 29 |

## 1. INTRODUÇÃO

A Odontologia contemporânea passou por muitos avanços tecnológicos e biológicos, mas sem perder a essência, a promoção de saúde e atendimento humanizado. A Endodontia caminha, na manutenção do elemento dentário para alcançar o sucesso do tratamento, utilizando de todas as tecnologias disponíveis para manter o dente em perfeitas condições e em função. Com isso, alcança o equilíbrio funcional estomatognático do paciente. Durante as etapas do tratamento endodôntico, alguns acidentes e complicações podem ocorrer em virtude da complexidade anatômica dos dentes, da falta de domínio das funcionalidades dos instrumentos endodônticos, do desconhecimento de técnicas adequadas e da pouca competência do profissional. No entanto, os acidentes provenientes do tratamento endodôntico podem ocorrer com, tanto profissionais qualificados, quanto aqueles com menos experiência.

As evidências científicas dos estudos endodônticos trazem a segurança nas condutas clínicas que sinalizam a terapêutica acertada. A evolução dos materiais odontológicos associados às novas tecnologias, contribui para que o profissional os utilize de forma consciente, assertiva e no momento adequado. O prognóstico favorável pode não ser alcançado devido aos incidentes que podem ser acometidos durante e após o tratamento endodôntico.

## 2. LISTA DE ABREVIATURAS

- SCR Sistema de Canais Radiculares
- MTA Agregado de Trióxido Mineral (*Mineral Trioxide Aggregate*)
- EAL Localizador Foraminal Eletrônico (*Electronic Apex Locator*)
- IRM Material Restaurador Intermediário (*Intermediate Restorative Material*)
- Cimento-PBS Solução salina tamponada com fosfato
- HA Apatita carbonatada

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 PERFURAÇÃO

A perfuração radicular é um incidente que pode ocorrer em qualquer estágio do tratamento do canal radicular. É a comunicação artificial entre o sistema de canais radiculares e os tecidos periodontais (Tsesis & Zvi Fuss, 2006). Pode ocorrer em todas as etapas do tratamento, desde a abertura de acesso à câmara pulpar a desvios de instrumentação nos condutos, por processo patológico, ou serem de origem iatrogênicas (Estrela *et al.*, 2018). Causadas por instrumentos manuais ou rotatórios, preparos para retentores intra-radulares malsucedidos, falhas na localização da entrada dos condutos radiculares, desconhecimento por parte dos operadores, das diferenças anatômicas do sistema de canais radiculares (SCR), retratamentos endodônticos, remoção de objetos retidos intra-radicular, acesso com câmara pulpares atrésicas ou calcificadas.

A perfuração radicular próxima ao ápice apresenta um bom prognóstico e aqueles que são menores em extensão são mais fácil de selar. Em perfurações laterais, a relação da crista óssea com a perfuração pode favorecer um bom prognóstico e vedação. Em perfurações de furcas nos molares, a questão principal é o grau do dano tecidual e a possibilidade de comunicação com o sulco gengival (Estrela *et al.*, 2018).

O objetivo principal do tratamento de perfurações é deter o processo inflamatório e a consequente perda de inserção tecidual, através da preservação dos tecidos saudáveis no local da perfuração. Se a lesão já está presente, é importante promover a reinserção dos tecidos, tratando e selando a área perfurada (Mente *et al.*, 2010).

Caso ocorram acidentes durante o tratamento odontológico, o profissional deve intervir de uma maneira correta para viabilizar a manutenção do elemento dentário. Se as perfurações não forem tratadas, serão seguidas por contaminação bacteriana, havendo destruição dos ligamentos periodontais, processo inflamatório, reabsorção e ou necrose do osso, que pode levar a perda irreversível do elemento dentário (Baraa Aldayri *et al.*, 2019).

Condições sistêmicas, medicamentos, dentes com ápice aberto, reabsorção interna e periodontite apical aguda, podem estar associadas ao excesso de sangramento e confundir-se com a perfuração da raiz. Nas perfurações com hemorragia intensa, deve-se utilizar o hidróxido de cálcio com veículo hidrossolúvel com objetivo de cessar o sangramento e cauterizar superficialmente o tecido junto à área da perfuração. Clinicamente, seu diagnóstico é um desafio, no entanto, o localizador apical é um recurso tecnológico que pode ajudar no diagnóstico da perfuração radicular (Estrela *et al.*, 2018).

O tempo, tamanho e localização são fatores significativos para o prognóstico do tratamento da perfuração, sendo o tempo o fator mais crítico, pois quanto mais rápido o reparo da lesão, melhor o resultado do tratamento (Tsesis & Zvi Fuss, 2006).

Considerações relevantes no prognóstico e na cura das perfurações radiculares, segundo Tsesis & Zvi Fuss, 2006:

- Tempo – período entre a ocorrência da perfuração e o adequado preenchimento
- Extensão – uma pequena perfuração causa menos destruição nos tecidos e menor resposta inflamatória
- Localização – perfurações localizadas no terço apical, são prováveis que tenham um bom prognóstico quando o canal radicular é acessível e o tratamento é apropriado.

Assim, parâmetros clínicos associados com a linha do tempo, evitando o início da infecção, com a gravidade da lesão tecidual e com sua localização em relação a crista óssea, são fatores essenciais ao prognóstico do tratamento (Estrela *et al.*, 2018). Os localizadores foraminais eletrônicos (EAL) podem determinar a localização das perfurações radiculares. Após a instrumentação da raiz, recomenda-se que o comprimento de trabalho seja verificado. Leituras que são significativamente menores que o comprimento original, é uma indicação de perfuração. Um microscópio operatório é outra ferramenta eficaz na detecção de perfurações nas raízes durante o tratamento endodôntico do

canal radicular. A alta ampliação com iluminação axial permite a detecção e visualização precisa das perfurações ao longo da raiz reta dos canais (Tsesis & Zvi Fuss, 2006).

Condições ideais para vedar perfurações:

A perfuração é limpa com Hipoclorito de sódio a 3%, lava com soro fisiológico e depois com Clorexidina a 0,12%. Seca com ponta de papel estéril nas raízes ou com bolinha de algodão estéril na perfuração de furca. Quando há sangramento, aplica-se pó de hidróxido de cálcio e Clorexidina 0,12% por alguns dias, para se ter as condições ideais para inserir o material MTA na perfuração. Usa-se aplicador de MTA (Dentsplay Maillefer) de tamanhos diferentes – 0, ½, ¾. O cimento foi comprimido e compactado. Não utiliza matriz absorvível (Mente *et al.*, 2010)

### 3.2 HISTÓRICO DO AGREGADO TRIÓXIDO MINERAL

Em 1824, o inglês Joseph Aspdin queimou pedras calcárias misturadas com argila, transformando-as num pó fino. Ele percebeu que o produto dessa mistura, após secar, tornava-se duro e não se dissolvia em água. Joseph Aspdin patenteou no mesmo ano, com o nome de Cimento de Portland, que recebeu esse nome por apresentar cor e propriedades de durabilidade e solidez semelhantes às rochas da ilha britânica de Portland (Kaefer, 1998).

O cimento de Portland é um pó fino, acinzentado, produzido a partir da queima de calcário e argila em forno, com posterior moagem e adição de uma pequena quantidade de gipsita (gesso), para retardar o início do endurecimento. Um novo cimento, Agregado de Trióxido Mineral (MTA), foi desenvolvido na *Loma Linda University* para selar comunicações entre o dente e as superfícies externas. Os principais compostos presentes neste material são silicato tricálcio, aluminato tricálcico e silicato de óxido tricálcico. Além dos trióxidos, existem outros óxidos minerais que são responsáveis pelo produto químico e propriedades físicas deste agregado (Lee & Torabinejad, 1993).

### 3.1 MATERIAIS UTILIZADOS

Os materiais usados em endodontia são frequentemente colocados em contato com o periodonto e, portanto, devem ser atóxicos e biocompatíveis com os tecidos periodontais (Torabinejad & Parirokh, 2010).

Harris (1976) fez um levantamento dos materiais que eram utilizados, como o amálgama, pasta de óxido e zinco, cavit (cimento temporário sem eugenol a base de resina), hidróxido de cálcio, guta-percha, mistura de resina e guta-percha mais clorofórmio, nos tratamentos de perfuração no assoalho da câmara pulpar ou em tampão retrógrado de cirurgias paredodônticas. Em 14 anos de pesquisa, com os pacientes sendo observados num intervalo variando de 6 meses a mais de 10 anos, 75% dos casos tratados foram bem tolerados. O Amálgama foi um dos materiais mais utilizados para este fim.

O hidróxido de cálcio foi um dos materiais a serem utilizados para selar perfurações radiculares, com diferentes resultados (Frank e Weine, 1973). Seguindo essa tendência Lee *et al.*, (1993) foram os primeiros autores a relatarem cientificamente o emprego de um novo material indicado para casos de perfuração em dentes humanos: o MTA (agregado de trióxido mineral). Em sua pesquisa, Lee *et al.*, (1993) investigaram a capacidade de vedação do MTA em perfurações laterais e relataram que o material tem mais capacidade de reparo, com menos vazamento que o amálgama e IRM (material restaurador intermediário).

Desde então, vários estudos foram feitos e observaram que o material tem excelente propriedade biológica capaz de selar comunicações entre o dente e as superfícies externas junto ao ligamento periodontal (Salles *et al.*, 2012).

Em 1999, o cimento MTA foi lançado comercialmente como *ProRoot MTA®* (Dentsply Tulsa Dental, Oklahoma, USA). Posteriormente, a empresa Angelus Indústria de Produtos Odontológicas S.A., com sede no Paraná, Brasil, iniciou a comercialização do MTA (MTA Angelus®) em 2001, na cor cinza, e em 2004, na cor branca. Ambos os cimentos são compostos principalmente de silicato. O MTA é composto por uma mistura de cimento Portland e óxido de

bismuto como radiopacificador. A principal diferença entre o cimento MTA e o cimento de Portland é o óxido de bismuto e os baixos níveis de alumina no MTA (Camilleri, 2011).

Os principais componentes do cimento ProRoot MTA são silicato tricálcico, aluminato tricálcico, silicato dicálcico, ferroaluminato tetracálcico, sulfato de cálcio diidratado, sílica cristalina, óxido de cálcio, óxido de magnésio, álcalis sob a forma de sulfatos e óxido de bismuto (Torabinejad *et al.*, 1995). Nessas duas últimas formulações, o sulfato de cálcio (gesso), é um dos componentes químicos do ProRoot MTA. Junto a esses minerais, existem outros óxidos que são responsáveis pelo produto químico e propriedades físicas deste agregado (Sarzeda *et al.*, 2019).

Assim, estudos têm sido realizados e revisados com um material composto por cálcio, sílica e bismuto (MTA), devido as suas propriedades químicas e físicas, atividades antimicrobianas e suas aplicações clínicas (Torabinejad & Mahmoud, 2010). O MTA tem sido indicado para situações indesejadas cometidas na clínica endodôntica, selando perfurações, reabsorções internas e externas, apceno gênese, tampão apical (Torabinejad & Mahmoud, 2010).

Uma pesquisa bibliográfica realizada no *Journal Endodontic (JOE)* e *PubMed* mostra ao longo, dos anos, uma busca por materiais que fossem biocompatíveis com os tecidos e fluidos periradiculares, não fossem citotóxicos, tivessem uma estabilidade dimensional e fossem insolúveis (Torabnejad *et al.*, 2010; Camilleri 2011; Pontius *et al.*, 2013).

Ford *et al.*, (1995), fez um estudo histológico para avaliar a resposta do tecido periodontal induzido experimentalmente por perfurações na furca. As perfurações foram reparadas com amálgama ou MTA, imediatamente ou após a contaminação salivar. Nos dentes reparados imediatamente com MTA, foi verificado falta de inflamação e formação de cimento na maioria dos dentes, enquanto as amostras de amálgama estavam sempre associadas com inflamação frequentemente moderada ou grave.



Um estudo realizado em 2001, onde foram feitas perfurações intencionais em áreas laterais em dentes de cães por Holland *et al.* (2001). As perfurações foram reparadas com MTA e Sealapex. A análise histológica foi realizada com 30 a 180 dias pós tratamento e apresentou deposição de cimento com 30 dias após o tratamento usando Sealapex e MTA nas perfurações de raiz de dentes laterais. Alguns casos apresentaram pequenas áreas de anquilose próximas à perfuração e outras amostras apresentaram algumas células inflamatórias crônicas. O Sealapex, no mesmo pós-operatório apresentou casos com reação inflamatória crônica e amostras com pequenas áreas de anquilose. Após 180 dias, a maioria das amostras de MTA apresentou formação de cimento e nenhum sinal de inflamação, em comparação com amostras de Sealapex que apresentaram inflamação mesmo após 180 dias

Parirokh & Torabinejad (2010) fizeram um estudo literário de um material com cálcio, sílica e bismuto, (MTA). Desde então, tem sido o material de escolha a ser utilizado nas recuperações de perfurações e reabsorções radiculares, por apresentar a eficácia da utilização dos materiais biocerâmicos quanto a sua biocompatibilidade, estabilidade, solubilidade, propriedades físicas, químicas e biológicas, quando usado durante o selamento de perfurações e reabsorções dentárias.

Mente *et al.*, (2014) realizou uma pesquisa onde fez estudo em dentes com perfuração radicular, gerenciado por colocação ortógrada do agregado de trióxido mineral (MTA). Examinadores calibrados avaliaram os resultados clínicos e radiográficos dos tratamentos dos dentes com perfurações de raízes que foram reparadas com MTA. Dos 64 dentes examinados, 86% foram curados, sendo que 48% dos dentes foram avaliados em um período entre 1 e 2 anos, seguido de 22% no intervalo de tempo entre 2 e 4 anos e 30% deles entre 4 anos e 107 meses. Os autores concluíram que o MTA parece ter boa capacidade de vedação a longo prazo para perfurações de raiz, independentemente da localização.

O MTA possui capacidade de vedação eficaz e uma boa adaptação marginal. Estas características de vedação aumentaram de 24 para 72 horas, independentemente da presença de umidade. Portanto, a força de flexão

aumentou em condições úmidas, sendo capaz de estabelecer o vínculo com a dentina. O teste de *push-out*, visa avaliar a resistência da união de um material restaurador a dentina (Reyes-Carmona *et al.*, 2010).

Pontius *et al.*, (2013), analisaram as perfurações e observaram que elas levam a inflamação e a destruição das fibras periodontais e osso alveolar, e pode causar defeito periodontal. Avaliaram o sucesso do selamento com MTA na perfuração de 50 dentes, em um intervalo de tempo entre 6 e 116 meses após a conclusão do tratamento. Foi obtida uma taxa de sucesso de 90%. Além disso, perceberam um pior prognóstico em perfurações na altura ou próximo a crista óssea, em pacientes do sexo masculino ou quando estão presentes restaurações classificadas como “inaceitáveis” antes da intervenção. A conclusão é que o MTA é um material de escolha por possuir propriedades antimicrobianas e antifúngicas.

Em casos de perfurações, deve-se fazer avaliações clínicas e radiográficas como exames complementares ao diagnóstico. Deve-se considerar métodos avançados de imagem tridimensional (tomografia computadorizada de feixe cônico) ao invés de usar as imagens bidimensionais das radiografias periapicais. (Mente *et al.*, 2010).

Recentemente, o Bio-C Repair (Angelus, Londrina, Brasil), é um novo material biocerâmico pronto para uso, foi apresentado à endodontia em uma seringa rosqueada, que oferece melhorias no manuseio e na inserção, colaborando com a prática e economizando tempo. Este material tem biocompatibilidade e propriedades de biomineralização semelhantes ao MTA-HP e MTA branco. (Toubes *et al.*, 2021).

### 3.1.1 Composição Química e Física

Os materiais baseados em agregado de trióxido mineral (MTA) são materiais com uma composição amplamente baseada em componentes de cimento Portland (principalmente silicato dicálcio e tricálcico) e agentes radiopacificantes adicionais, como óxido de bismuto. As variações desses componentes variam de acordo com a marca. O grande interesse neste material, se deve a sua menor citotoxicidade em comparação com outros

materiais de preenchimento da raiz e sua capacidade de induzir a formação de tecido mineralizado (Cintra *et al.*, 2017). O MTA tem seu pH alto e tem baixo nível de compressão. Possui algumas propriedades antimicrobianas e antifúngicas, dependendo da proporção pó-líquido. É insolúvel em fluidos teciduais e dimensionalmente estável (Parirokh & Torabinejad, 2010).

No início, o MTA foi comercializado em duas fórmulas, cinza (GMTA) (75% de CP, 5% de cálcio e 20% óxido de bismuto) e branco (AMTA), (80% de CP e 20% de óxido de bismuto). Este material contém partículas finas que se depositam na presença de umidade, no qual o óxido de bismuto fornece sua radiopacidade (Parirokh & Torabinejad, 2010). O cálcio precipitado produz hidróxido de cálcio, que é a causa da alta alcalinidade do MTA após hidratado. Acreditava-se que o hidróxido de cálcio era formado por silicato de cálcio e silicato tricálcio após a mistura do pó com a água (Camilleri, 2008).

O óxido de bismuto do MTA fornece sua radiopacidade e afeta a precipitação do hidróxido de cálcio após a hidratação. Foi sugerido não colocar em ambiente ácido e com tecidos inflamados, pois diminui a biocompatibilidade e com isso, não estimula a proliferação celular (Camilleri, 2008). A adição de óxido de zinco na formulação do MTA foi capaz de impedir uma alteração de cor sem interferência significativa em suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Portanto, a formulação estável da cor com óxido de zinco, permite o uso de MTA sem restrições em termos de estética (Estrela *et al.*, 2018).

O MTA é um material bioativo, libera íons cálcio para ligação e proliferação celular, cria um ambiente antibacteriano devido seu pH alcalino (Pontius *et al.*, 2013).

Vários estudos demonstraram que o MTA é microscopicamente idêntico e quimicamente semelhante ao cimento de Portland. Ambos materiais são comparáveis nas respostas histológicas dos tecidos e na biocompatibilidade (Tsisis & Zvi Fuss, 2006). O alto pH da superfície do MTA suporta reparos, formando tecidos duros semelhantes ao hidróxido. O óxido de cálcio do MTA reage com fluidos teciduais para formar hidróxido de cálcio, que por sua vez pode incentivar a deposição de tecido duro (Tsisis & Zvi Fuss, 2006). A

hidratação do pó do MTA resulta em um gel coloidal que se solidifica em uma estrutura dura, promovendo uma selagem, reparo da perfuração no qual não se observa reabsorção óssea e tem menos células inflamatórias (Estrela *et al.*, 2018). Vários fatores podem influenciar nas características da mistura pó e líquido, como a umidade e o pH do ambiente, o tipo de veículo, onde o material será inserido e o período de tempo entre a mistura e o reparo. Os autores relataram que o uso de mais água aumentaria a liberação de cálcio do MTA. A adição de óxido de bismuto ao MTA, que é insolúvel na água, é outro fator de insolubilidade do MTA (Parirok & Torabinejad, 2010).

Segundo Camilleri, (2011) o MTA é mais solúvel que o cimento de Portland e ambos os cimentos exibiram expansão líquida quando em contato com solução fisiológica, liberando grandes níveis de cálcio. A adição de óxido de bismuto no MTA, reduziu a lixiviação de hidróxido de cálcio, aumentando a solubilidade de material causando a instabilidade dimensional do material.

As perfurações levam à inflamação e a destruição das fibras periodontais e do osso alveolar e podem causar defeito periodontal. É importante diagnosticar e reparar as perfurações imediatamente, quando possível. O material MTA é o material de escolha para reparo e perfuração. Sua propriedade bioativa modula a produção de citocinas e incentiva a diferenciação e migração de células produtoras de tecidos duros. Esse cimento libera íons cálcio para ligação e proliferação celular, criando um ambiente antibacteriano devido seu pH alcalino. Forma hidróxido de cálcio em sua superfície e fornece reparo biológico, que em condições ideais, vai formar tecido duro no reparo da perfuração. (Pontius *et al.*, 2013).

Vários fatores podem influenciar a resistência a compressão do cimento, incluindo o tipo de MTA, o líquido a ser misturado, o pH do líquido a ser misturado e as condições de armazenamento. Quanto a força flexural, recomenda-se a colocação de uma bolinha de algodão úmida sobre o cimento, quando usado para reparo de perfuração, capeamento ou tampão apical (Parirokh & Torabinejad, 2010).

As propriedades físicas do cimento podem ser influenciadas pelo tamanho das partículas. Partículas menores aumentam o contato da superfície com o líquido de mistura e leva a uma maior resistência inicial, bem como facilidade de manuseio. Um estudo relatou que algumas partículas de MTA são tão pequenas quanto 1,5  $\mu\text{m}$ , que é menor que o diâmetro de alguns túbulos dentinários (Parirokh & Torabnejad, 2010). Para os autores, essa hipótese pode desempenhar um papel importante na capacidade de vedação do MTA após hidratação e produção de um reparo hidráulico, porém pode não ser clinicamente relevante, porque os túbulos dentinários após instrumentação do canal radicular ou preparação da cavidade radicular não estão abertas, a menos que o operador remova a camada de esfregaço por condicionamento ácido das superfícies (Parirokh & Torabnejad, 2010).

O valor do pH do cimento MTA é de 10,2. Após a mistura este valor sobe para 12,5 em 3 horas (Parirokh & Torabnejad, 2010). Atribuíram o alto valor do pH à constante liberação de cálcio do cimento e formação de hidróxido de cálcio. Na presença de fluido tecidual, a hidratação do pó do cimento MTA, resulta em formação de cristais de hidróxiapatita e formação de uma camada híbrida de dentina e MTA. A composição e morfologia dos cristais de hidróxiapatita estão relacionados a vários fatores, incluindo o pH do ambiente. O valor do pH ideal para esta reação é de 7,0. Na hidratação, o MTA pode liberar hidróxido de cálcio. A formação de hidróxido de cálcio e a precipitação de fosfato de cálcio podem explicar a capacidade do MTA de manter o pH do ambiente circundante a um nível alto. Também pode explicar algumas de suas propriedades biológicas como a capacidade de aumentar a atividade dos osteoblastos e a indução de formação de tecidos duros. Um ambiente de pH baixo afeta a microestrutura e a estrutura física e propriedades químicas do MTA (Parirokh & Torabnejad, 2010).

Toubes *et al.*, (2021) argumentam que o MTA apresenta algumas limitações, como descoloração dos dentes, dificuldades de manuseio, tempo de presa prolongado e liberação de metais pesados. Devido à necessidade de melhorar essas propriedades, os biocerâmicos sofrem várias alterações na composição, tamanho de partícula e apresentação. A distribuição e o tamanho das partículas dos pós de silicato tricálcico afetam as propriedades de

manuseio e pega, uma vez que partículas menores podem penetrar nos túbulos dentinários, levando a uma hidratação mais rápida. Além disso, o óxido de zircônia, utilizado como radiopacificante, foi detectado em níveis elevados no cimento Bio-C Repair e Biodentine quando comparado ao ProRoot MTA. Este componente está associado à prevenção da descoloração dentária.

Ainda segundo Toubes *et al.* (2021) o Bio-C Repair é um cimento com uma vantagem considerável, na sua composição química, na morfologia ultraestrutural, na biocompatibilidade e nos efeitos da polpa dentária humana, quando comparado com o Biodentine e o ProRoot MTA. Constatou-se que o Bio-C Repair é composto principalmente por carbono (34,81%) e oxigênio (34,51%), com menor concentração de cálcio em comparação com os outros biomateriais que contêm principalmente oxigênio e cálcio. Além disso, apresentou maior viabilidade, adesão e taxas de migração celular em comparação ao Bio-C Sealer.

### 3.1.2 Propriedades Biológicas e Reparadoras

Estudos investigaram a capacidade de vedação e biocompatibilidade do MTA. Em uma busca eletrônica em artigos científicos sobre a capacidade de vedação do MTA e outros materiais usando método de corante, filtração de fluidos, vazamento de proteína e bactéria, a maioria dos resultados, indicavam que o MTA exibe menor vazamento de corante em comparação com os outros materiais, como SuperEba, amálgama e IRM (material restaurador intermediário) Lee *et al.*, (1993).

Um relato que, o EDTA pode influenciar na composição do MTA, mostrou efeitos adversos do ácido na hidratação, microdureza e na adesão celular do MTA (Torabinejad & Parirokh, 2010). Ainda de acordo com Torabinejad *et al.*, (2010) a redução do vazamento bacteriano do MTA é resultado de sua capacidade de vedação, em vez de quaisquer propriedades antimicrobianas do material. O estudo deles mostrou que o MTA não possui nenhum efeito significativo no crescimento de bactérias facultativas ou anaeróbicas. Demonstrou ser biocompatível com os tecidos adjacentes, ter

capacidade de regenerar tecidos duros e estimula a propagação de osteoblastos, oferecendo um substrato biologicamente ativo para as células.

A biocompatibilidade do MTA, a capacidade deste material para selar perfurações nas raízes e suas propriedades de fixação na presença de umidade e até sangue, são características importantes que podem resultar em maiores taxas de sucesso quando usado no tratamento de perfurações radiculares (Mente *et al.*, 2010). Ele pode ser usado como selador de canal radicular, mas o preenchimento excessivo com esse selante pode ter um efeito adverso sobre os tecidos periapicais (Parirokh & Torabinejad, 2010). O MTA quando colocado em contato com as células, promove a formação odontoblástica, como osteocalcina e a sialoproteína da dentina. Isto mostra que o contato direto do MTA com as células é necessário para promover a diferenciação das células pulpares em células semelhantes a odontoblastos, que são responsáveis pela formação da ponte dentinária (Paranjipe *et al.*, 2011)

De acordo com Estrela *et al.*, (2018) a capacidade de controle microbiano com o uso de MTA, está relacionada ao meio alcalino devido a liberação de íons hidroxila e sua difusão através da dentina. Em relação a citotoxicidade, cimentos de silicato de cálcio apresenta bons resultados. Pesquisas histológicas demonstram em perfuração de furca que foram tratadas com MTA, encontram tecido mineralizado sobre o material.

Desde o momento em que o MTA é colocado em contato direto com os tecidos humanos, parece que o material faz o seguinte:

- Forma hidróxido de cálcio que libera íons cálcio para fixação celular e proliferação;
- Cria um ambiente antibacteriano pelo pH alcalino;
- Modula a produção de citocinas;
- Incentiva a diferenciação e migração de tecidos duros (células produtoras);
- Forma HA (apatita carbonatada) na superfície do MTA e fornece um selo biológico.

São necessárias mais investigações para determinar os mecanismos específicos de ação responsável pela bioatividade do MTA (Parirokh & Torabinejad, 2010). Acredita-se que o material MTA promove ativamente a formação de tecido rígido em vez de ser inerte ou irritante como outros materiais já utilizados. A condensação de fibronectina ao redor formando cristais de apatita, permitem adesão e diferenciação celular, observadas como odontoblastos no tecido pulpar e nos cimentoblastos no periósteo (Holland *et al.*, 2001).

A biomineralização na interface MTA-dentina, ocorre através da formação de apatita pelo sistema cimento-PBS (solução salina tamponada com fosfato) e é depositada dentro das fibras colágenas, promovendo nucleação mineral controlada na dentina e desencadeando a formação da camada interfacial com estruturas tipo *tag* na interface cimento-dentina, responsável pela ligação química (Hashem & Amin, 2012). Outra característica responsável pela boa selabilidade dos biocerâmicos refere-se à sua expansão após hidratação e fixação (Camilleri, 2011).

Apesar de muitas das suas vantagens, o cimento MTA que tem em sua composição o óxido de bismuto que tem como desvantagens um potencial de descoloração, presença de elementos tóxicos na sua composição, difícil manuseio, alto custo, ausência de um solvente conhecido e a dificuldade de remoção após a cura (Parirokh & Torabinejad, 2010).

O MTA tornou-se disponível comercialmente como ProRoot MTA (Tulsa Dental Products, Tulsa). Mais tarde foram introduzidos o MTA-Angelus cinza e branco (MTA-Ang) (Angelus Indústria de Produtos Odontológicos S.A., Londrina, PR, Brasil). Apesar das propriedades aceitáveis, esses primeiros produtos apresentavam inconvenientes, como tempo de presa prolongado, manuseio inadequado e possíveis descoloração (Cintra *et al.*, 2017)

Recentemente, um novo material baseado em MTA foi colocado no mercado, o MTA HP (Angelus Indústria de Produtos Odontológicos S.A.). Uma das diferenças deste novo material sobre a antiga formulação de MTA-Ang branco foi a substituição da água destilada por um líquido contendo água e um



plastificante orgânico. Este líquido fornece uma plasticidade mais alta, melhorando manuseio e inserção do material no local de reparo. Além disso, a substituição do radiopacificador de óxido de bismuto por tungstato de cálcio evitará descoloração (Cintra *et al.*, 2017). Acreditam que a presença de tungstênio de cálcio como agente radiopacificador no MTA HP contribui para a maior liberação de cálcio nos períodos iniciais, promovendo maior biomineralização e auxiliando na resistência deste material. Além disso, a maior plasticidade poderia melhorar a margem de adaptação, o que também contribuiria para esse resultado (Cintra *et al.*, 2017).

O Bio-C Repair, tem citotoxicidade semelhante, biocompatibilidade e propriedades de biomineralização para MTAHP e MTA branco. Em células-tronco do periodontal ligamento, Bio-C Repair e Bio-C Sealer tinham pHs semelhantes, mas Bio-C Repair exibiu maior viabilidade celular e adesão, indicando sua bioatividade (Toubes *et al.*, 2021).

#### 4. MANEIRAS DE INSERÇÃO

Os materiais baseados em MTA disponíveis no mercado, apresentam aspectos histológicos satisfatórios e são amplamente utilizados pelos clínicos. No entanto, as desvantagens dos primeiros produtos do tipo MTA levaram a novas formulações que combinam bom manuseio e propriedades clínicas e biológicas. A polpa é removida e os canais radiculares eram instrumentados e preenchidos pela técnica de condensação lateral com cimento e guta-percha. A perfuração é limpa com solução salina após o controle da hemorragia, seca-se com bolinha de algodão e cone de papel e é imediatamente reparada como MTA (University Loma Linda, Loma Linda, CA). (Holland *et al.*, 2001). Um longo tempo de ajuste e a dificuldade de manipulação têm sido desvantagens comuns, especialmente para inserir o material em perfuração de raiz. Segundo o fabricante, o MTA HP possui alta plasticidade comparado com o MTA-Ang branco. O pó da nova fórmula é composto de silicato tricálcico, silicato bicálcico, alumínio tricálcico óxido de cálcio e tungstato de cálcio, cujo tamanho de partícula após a hidratação permite fácil manipulação e inserção na cavidade dental. Após o manuseio, a consistência obtida é semelhante a uma massa de modelagem, não arenoso. O pó do MTA HP é acondicionado em

cápsulas e a recomendação do fabricante é misturar o conteúdo da cápsula com 2 gotas de líquido por 40 segundos. (Cintra *et al.*, 2017).

Bio-C Repair (Angelus, Londrina, Brasil), um novo material biocerâmico pronto para uso, foi apresentado à endodontia em seringa rosqueada, que oferece melhorias no manuseio e na inserção, colaborando com a prática e economizando tempo. Este material tem citotoxicidade, biocompatibilidade e propriedades de biomineralização semelhantes ao MTA-HP e MTA branco. (Toubes *et al.*, 2021).

## 5. DISCUSSÃO

Embora o amálgama fosse recomendado por muito tempo para reparo de perfuração de furca, o MTA tem mostrado menor grau de infiltração de corante, com média 0,28 mm com uma faixa de 0 a 0,8 mm (Lee *et al.*, 1993). O longo tempo de endurecimento do MTA é uma das principais desvantagens do cimento (Parirokh, 2010). O uso de mais água aumentaria liberação de cálcio do MTA. A adição de óxido de bismuto ao MTA, que é insolúvel na água, é outra causa da insolubilidade do cimento e tem como desvantagens um potencial de descoloração, presença de elementos tóxicos na sua composição (Parirokh & Torabinejad, 2010). Para evitar a descoloração causada pelo óxido de bismuto, outras substâncias como tungstato de cálcio ou óxido de zircônio foram usadas para substituir o óxido de bismuto (Wencheng Song *et al.*, 2020).

As propriedades físicas do cimento podem ser influenciadas pelo tamanho de partículas menores aumentando o contato da superfície. Algumas partículas de MTA são pequenas (1,5 µm), que é menor que o diâmetro de alguns túbulos dentinários. Isso pode desempenhar um papel importante na capacidade de vedação do MTA após hidratação e produção de um selamento hidráulico (Parirokh, 2010). Mas o preenchimento excessivo com o MTA pode ter um efeito adverso sobre os tecidos periapicais. Mais estudos são necessários para testar o MTA como selador de canal radicular (Holland *et al.*, 2007).

Vários relatos de casos mostraram sucesso no tratamento completo de perfurações de furca com MTA. A adição de óxido de bismuto ao MTA reduziu

a lixiviação do hidróxido de cálcio, aumentou a solubilidade do material e causou deterioração na estabilidade dimensional do material (Camilleri, 2011). Ainda segundo o mesmo autor, mais pesquisas são necessárias para estabelecer a porosidade do material e seu efeito na estabilidade dimensional. O reparo ortógrado de perfurações em raiz usando cimento MTA, é uma opção de tratamento apropriada em todas as áreas da raiz (Torabnejad *et al.*, 2010; Pontius *et al.*, 2013; Mente *et al.*, 2014).

O material MTA pode aumentar ainda mais a taxa de sucesso. Até o momento, há uma evidência relativamente alta (acima de 70%) pode ser conseguido por reparo não cirúrgico de perfurações radiculares, sugerindo que é uma tentativa interessante de salvar o dente afetado (Siew *et al.*, 2015). Estudos físico-químicos, histológicos e clínicos têm indicado o MTA como um bom selador para essas situações, mas que carece de um bom resultado estético (Estrela *et al.*, 2018). Embora o MTA seja um biocerâmicos, tem algumas desvantagens, incluindo tempo de presa insatisfatório, características de difícil manuseio e o risco de descoloração dos dentes Camilleri (2011).

Apesar da maioria dos estudos atestar o comportamento adequado dos biocerâmicos para reparo em endodontia (Torabinejad *et al.*, 2010, Camilleri 2011, Estrela *et al.*, 2018), faltam relatos sobre o uso do Bio-C Repair em perfurações, principalmente em dentes anteriores. Estudos observacionais de longo prazo futuros são recomendados para aumentar as evidências disponíveis que demonstram o uso bem-sucedido desse cimento de reparo (Toubes *et al.*, 2021).

## 6. CONCLUSÃO

O cimento agregado de trióxido mineral (MTA), que possui propriedades antibacterianas e antifúngicas, são bioativos e biocompatíveis com os tecidos perirradiculares. Ele toma presa rápido em contato com a umidade e possui capacidade seladora. O MTA é insolúvel aos fluidos periodontais, tem pH alcalino, radiopacificador na sua composição, tornando-o um excelente material reparador de perfurações e reabsorções internas e externas.

## 7. REFERÊNCIAS

1. Baraa Aldayri, Abdul Wahab Nourallah, Faek Badr Avaliação Clínica e Radiográfica da Cura após a aplicação do MTA Furcal mecânico Perfurações em Molares Primários Parte 2
2. Camilleri J. The chemical composition of mineral trioxide aggregate. J Conserv Dent. 2008 Oct-Dec.
3. Camilleri J, Avaliação do efeito das propriedades intrínsecas dos materiais e Condições ambientais sobre a estabilidade dimensional do branco Agregado de Trióxido Mineral e Cimento Portland. JOE - Vol 37, N° 2, Fev 2011
4. Cintra LTA, Benetti F, Queiroz IOA, Lopes JMA, Oliveira SHP, Araújo GS, Gomes-Filho JE Citotoxicidade, biocompatibilidade e biomineralização do novo material. MTA de alta plasticidade. JOE 2017.
5. Estrela C, Decursio DA, Rossi-Fedele G, Silva JA, Gudes OA, Borge AH. Root perforations: a review of diagnosis, prognosis and materials. Braz. Oral Res. 2018.
6. Ford P, Torabinejad M, McKendry DJ, e Chan-Ui Hong, and Stalin P. Kariyawasam. Use of mineral trioxide aggregate for repair of furcal perforations London, England, Loma Linda, Calif., and Seoul, South Korea. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. Jun 1995.
7. Frank, AL e Weine, FS Nonterapia cirúrgica para o tratamento perfurante efeito de reabsorção interna. JADA 87: 863, outubro 1973.
8. Harris WE. A simplified method of treatment for endodontic perforations JOE Vol 2, N° 5, May 1976
9. Hashem AAR and Amin SAW. The Effect of Acidity on Dislodgment Resistance of Mineral Trioxide Aggregate and Bioaggregate in Furcation Perforations: An In Vitro Comparative Study. JOE-Vol 38, N° 2, Fev 2012.
10. Holland R, Otoboni Filho JA, Souza V, Nery MJ, Bernabe´PFE, and Junior ED. Mineral Trioxide Aggregate Repair of Lateral Root Perforations. JOE Vol. 27, N°. 4, April 2001.
11. Holland R, Bisco L F, Valdir de Souza, Otoboni J A Filho, Murata S S, Eloi Dezan Jr Reaction of the lateral periodontium of dogs' teeth to

contaminated and noncontaminated perforations filled with mineral trioxide aggregate Epub Aug 2007.

12. Kaefer, LF. A evolução do concreto armado. PEF 5707 – Concepção, Projeto e Realização das estruturas: aspectos históricos. São Paulo- SP, 1998.
13. Lee SJ, Monsef M, and Torabinejad M, Sealing Ability of a Mineral Trioxide Aggregate for Repair of Lateral Root Perforations JOE Vol. 19, Nº. 11, November 1993.
14. Mente J, Hage N, Pfefferle T, Koch MJ, Geletneky B, Jens Dreyhaupt, Nicolas Martin and Staehle HJ. Treatment Outcome of Mineral Trioxide Aggregate: Repair of Root Perforations JOE Vol. 36, Nº 2, Fev 2010.
15. Mente J, Meltem Leo, Panagidis D, Saure D and Pfefferle T. Treatment Outcome of Mineral Trioxide Aggregate:Repair of Root Perforations— Long-term Results JOE Vol. 40, Nº 6, June 2014.
16. Paranjipe A, Smoot T, Zhang H, Johnson J D. Direct Contact With Mineral Trioxide Aggregate Activates and Differentiates Human Dental Pulp Cells. JOE Dec 2011.
17. Parirokh M, and Torabinejad M. Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review—Part I: Chemical, Physical, and Antibacterial Properties. JOE Vol. 36, Nº 1, January 2010.
18. Parirokh M e Torabinejad M. Agregado de trióxido mineral: uma literatura abrangente Revisão - Parte III: Aplicações Clínicas, Desvantagens e Mecanismo de ação JOE Vol. 36, Nº 3, March 2010.
19. Pontius V, Pontius O, Andreas Braun, Frankenberger R, and Roggendorf MJ. Retrospective Evaluation of Perforation Repairs in 6 Private Practices JOE 2013.
20. Reyes-Carmona JF, Felipe MS and Felipe WT. The Biomineralization Ability of Mineral Trioxide Aggregate and Portland Cement on Dentin Enhances the Push-out Strength. JOE Vol. 36, Nº 2, Fev 2010.
21. Salles LP, Gomes-Cornelio AL, Guimarães FC, MSc, Herrera BS, Bao SN, Carlos Rossa-Junior, Guerreiro-Tanomaru JM, and Mario Tanomaru-Filho, Mineral Trioxide Aggregate–based Endodontic Sealer Stimulates Hydroxyapatite Nucleation in Human Osteoblast-like Cell Culture. JOE Vol 38, Number 7, July 2012.

22. Sarzeda GDR, Bahia MS, Doriguêto PVT, Devito KL, Leite APP  
Chemical analysis composition of MTA Angelus gray, white and HP  
Repair through Electron Microscopy (SEM) coupled by Energy  
Dispersive Spectrometer (EDS), Rev Odontol UNESP. 2019.
23. Siew K L, DDS, Lee AHC e Cheung GSP, Resultado do tratamento  
de perfuração de raiz reparada: Revisão sistemática e metanálise. JOE  
2015.
24. Torabinejad M, Rastegar AF, Kettering JD, and Ford TRP. Bacterial  
Leakage of Mineral Trioxide Aggregate as a Root-End Filling Material.  
JOE Vol. 21, Nº. 3, March 1995.
25. Torabinejad M, and Parirokh M. Mineral Trioxide Aggregate: A  
Comprehensive Literature Review—Part II: Leakage and Biocompatibility  
Investigations. JOE Vol.36, Nº 2, Fev 2010.
26. Tsesis I & Zvi Fuss. Diagnóstico e tratamento de perfurações acidentais  
nas raízes Tópicos Endodônticos 2006, 13, 95-107 Direitos autorais  
Blackwell Munksgaard Tópicos endodônticos 2006 1601-1538.
27. Toubes KS, Tonelli SQ, Girelli CFM, Azevedo CGS, Thompson ACT,  
Nunes E. e Silveira FF. Bio-C Repair - A New Bioceramic Material for  
Root Perforation Management: Two Case Reports. Braz. Dent. J. vol.32  
no.1 Ribeirão Preto Jan./Feb. 2021. Epub Apr 02, 2021.
28. Wencheng Song, Wei Sun, Lili Chen e Zhenglin Yuan.  
Biocompatibilidade e bioatividade in vivo de biocerâmicas à base de  
silicato de cálcio em endodôntica. Frontiers Bioeng. Biotechnol, 29  
October 2020.