

Pedro Miguel Da Silva Oliveira

Biocerâmicas em Endodontia

Universidade Fernando Pessoa  
Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2014



Pedro Miguel Da Silva Oliveira

Biocerâmicas em Endodontia

Universidade Fernando Pessoa  
Faculdade de Ciências da Saúde

Porto, 2014

Pedro Miguel Da Silva Oliveira

Biocerâmicas em Endodontia

“Trabalho apresentado à Universidade Fernando  
Pessoa como parte dos requisitos para obtenção  
do grau de Mestre em Medicina Dentária.”

---

## **Resumo**

### **Introdução e Objectivos:**

Biocerâmicas incluem materiais cerâmicos projetados especificamente para uso em Medicina e Medicina Dentária. O objetivo deste trabalho é efetuar uma revisão bibliográfica em que demonstre a avaliação das propriedades físico-químicas das biocerâmicas e o seu uso em Endodontia. Radiopacidade, Fluidez, pH e Libertação de íões cálcio foram analisados e comparados com outros materiais usados em Endodontia.

### **Material e Métodos:**

Para a realização da pesquisa bibliográfica foram usados os motores de busca da “*PubMed*” e “*SciencDirect*”. As palavras-chave utilizadas foram: “Bioceramics in Endodontics”, “MTA and Bioceramics”, “Bioceramic sealer”, “Bioceramic root canal”, “Bioceramic endodontics”, “Bioceramic root repair” e “Bioceramic root canal sealer”. A pesquisa foi limitada a artigos publicados entre 2000 e 2014, restringindo-se a artigos de revisão bibliográfica, meta-análises e ensaios clínicos randomizados.

### **Desenvolvimento:**

As Biocerâmicas prometem alterar a Endodontia como a conhecemos. Para verificar este novo material foi realizada uma pesquisa exaustiva das biocerâmicas na sua componente físico-química e a sua aplicabilidade, comparando testes efectuados com outros materiais usados em Endodontia. A sua criação foi pensada para suprimir lacunas de um material muito conhecido e bem aceite pela comunidade odontológica, o MTA, para isso foram feitas comparações de diversas propriedades dos dois componentes em questão, as biocerâmicas e o MTA.

### **Conclusão:**

Neste estudo verificou-se que as Biocerâmicas têm boas propriedades na sua área de utilização em Endodontia. Este novo material apresenta vantagens de utilização, tridimensionalidade, funcionalidade, rapidez de trabalho e simplicidade, apresentando boas propriedades de trabalho, tempo de presa mais curto e ajustado, pH alcalino e capacidade de libertação de íões de cálcio. Contudo mais estudos comparativos são imprescindíveis para avaliar outras possibilidades das biocerâmicas.

## **Abstract**

### **Introduction and goals:**

Bioceramics include ceramic materials designed specifically for use in medicine and dentistry. The objective of this work is to perform a literature review that demonstrates the evaluation of the physico-chemical properties of bioceramics and its use in endodontics. Radiopacity, flow, pH and calcium ion release were analyzed and compared with other materials used in endodontics.

### **Material and Methods:**

To perform the literature search engines of the "PubMed" and "SciencDirect" were used. The key words used were: "Bioceramics in Endodontics", "MTA and Bioceramics", "bioceramic sealer", "bioceramic root canal", "endodontics bioceramic", "bioceramic root repair" and "bioceramic root canal sealer" The research was limited to articles published between 2000 and 2014, restricted to a literature review articles, meta-analyzes and randomized clinical trials.

### **Development:**

The promise Bioceramics Endodontics change as we know it. To verify this new material an exhaustive search of bioceramics on its physico-chemical component and its applicability by comparing testing with other materials used in endodontics was performed. Its creation was thought to remove gaps in a very material known and well accepted by the dental community, the MTA for that comparisons of various properties of the two components in question were made, the bioceramic and the MTA.

### **Conclusion:**

In this study it was found that the Bioceramics have good properties in your area of use in endodontics. This new material has advantages of use, three-dimensionality, functionality, simplicity and speed of work, and has good working properties, shorter and adjusted prey, alkaline pH and ability to release calcium ions. However, more comparative studies are essential to assess the possibilities of bioceramics.

## **Dedicatórias**

A minha esposa Sofia por ter sido o meu braço direito durante o curso, pela paciência e disponibilidade.

Aos meus Pais pelo apoio e carinho prestado durante esta fase.

## **Agradecimentos**

A minha orientadora Dr.<sup>a</sup> Natália Vasconcelos, que eu considero mais uma amiga do que uma professora, pelo apoio prestado durante o curso.

A diretora clinica Dr.<sup>a</sup> Sandra Gavinha por o apoio prestado para a conciliação deste curso com o meu trabalho

A Dr.<sup>a</sup> Cláudia Barbosa por ser uma referência positiva para seguir futuramente



## Índice Geral

Índice de Figuras.....	II
Índice de Tabelas.....	III
I. Introdução .....	4
II. Desenvolvimento.....	8
1. Material e Metodos .....	8
2. MTA (Mineral Trióxido Agregado) .....	11
i. Introdução .....	11
ii. Composição Química .....	12
iii. Vário Tipos MTA .....	13
iv. Áreas de Aplicação Clínica.....	15
v. Vantagens do MTA .....	16
vi. Desvantagens MTA .....	17
3. Biocerâmicas .....	18
i. Propriedades Clínicas .....	19
ii. Mecanismo de Ação .....	20
iii. Condensação Hidráulica Sincronizada .....	22
iv. Aplicações Clínicas das Biocerâmicas .....	23
a. Como cimento Selador .....	23
b. Biocerâmicas no Retratamento .....	25
c. Como Material de Reparação Radicular .....	26
d. Em Cirurgia Periapical .....	27
e. Em Recobrimento Pulpar .....	30
f. Outras Aplicações .....	32
v. Comparação com outros Cimentos Endodônticos .....	32
vi. Desvantagens das Biocerâmicas .....	42
vii. Futuro das Biocerâmicas .....	42
III. Conclusão .....	43
IV. Bibliografia .....	45

## Índice de Figuras

Fig.1 – Procedimento Cirúrgico de uma Cirurgia Periapical .....	10
Fig.2 - MTA em Pó e Líquido para espatulação .....	11
Fig.3 – MTA em Seringa Auto Misturadora .....	11
Fig.4 – Aplicações Clínicas do MTA .....	15
Fig.5 - Duas marcas de Cimento Biocerâmico (iRoot BP e EndoSequence Root Repair Material).....	20
Fig.6 - Biocerâmica em seringa pré-preparada para utilização.....	24
Fig.7 - Biocerâmica em seringa pré-preparada para utilização iRoot SP (lado esquerdo) e imagem ilustrativa do modo de aplicação directo no canal radicular (lado direito) .....	25
Fig.8 - Imagem ilustrativa do modo de aplicação do cimento biocerâmico como cimento selador associado a cones de gutta-percha.....	25
Fig.9 - Imagem de primeiro molar inferior com lesão apical na raiz mesial, em seguida imagem do mesmo dente logo após cirurgia periapical (apicectomia) com obturação retrógrada com cimento biocerâmico, finalmente a regeneração da mesma lesão após 6 meses).....	28
Fig.10 - Imagem do cimento biocerâmico em consistência Putty na apresentação em boião e na espatula para aplicação.....	29
Fig.11 - Imagem cirúrgica de uma apicectomia na fase de preparação radicular para selamento com material biocerâmico.....	29
Fig.12 - . Limpeza de cárie dentária com microexposição pulpar mesial (lado esquerdo) e restauração provisória com recobrimento pulpar direto usando cimento biocerâmico, tratamento espera até 6 semanas (lado direito).....	31
Fig. 13- Remoção da restauração provisória deixando o forro de cimento biocerâmico (lado esquerdo) e restauração definitiva com resina composta (lado direito).....	31
Fig. 14 - Remoção de amálgama com microexposição pulpar em mesial (lado esquerdo), aplicação de forro de cimento biocerâmico (ao centro) e restauração definitiva com resina composta (lado direito).....	31

## **Índice de Tabelas**

Tabela I – Composição Química do MTA .....	14
Tabela II – Valores Registrados de pH de vários materiais seladores.....	22
Tabela III – Valores Registrados de Liberação de Iões Cálcio em vários materiais seladores .....	22

## **I. INTRODUÇÃO**

Segundo a Associação Americana de Endodontista (AAE), e a Sociedade Europeia de Endodontia (ESE), a Endodontia pode ser definida como “a disciplina da Medicina Dentária que se dedica ao estudo da prevenção, etiopatogenia, histologia, diagnóstico e tratamento das doenças da polpa e das suas repercussões patológicas sobre outros tecidos, nomeadamente o periodonto”, sendo que “a causa da doença pulpar é bacteriana” e, assim sendo, “o principal objectivo do Tratamento Endodôntico é a prevenção ou a cura da patologia pulpar e periapical” (Castellucci et al., 2005).

Deste modo, o Tratamento Endodôntico é direccionado para a eliminação dos microrganismos do sistema de canais infectados ou para a redução a níveis insignificantes das bactérias aí existentes, através da combinação da instrumentação mecânica do sistema de canais radiculares com a limpeza química e a obturação dos mesmos com um material inerte de forma a manter ou restabelecer a saúde dos tecidos perirradiculares (Mann et al., 2007).

Para que o sucesso deste procedimento seja pleno, existem várias etapas que se sucedem umas às outras e que são interdependentes, ou seja, o sucesso ou fracasso de cada etapa compromete o sucesso da etapa seguinte.

A obturação consiste na etapa final, em que se promove o preenchimento do espaço canalar já conformado com materiais inertes ou anti-sépticos que proporcionam um selamento tridimensional (Bin et al., 2012).

Segundo Siqueira et al. (2004), o objectivo principal da obturação é selar toda a cavidade endodôntica, desde a sua abertura coronária até ao término apical. O material obturador deve preencher todo o espaço anteriormente ocupado pelo tecido pulpar, promovendo um selamento adequado nos sentidos apical, lateral e coronário. O material obturador utilizado deve ser um material estável e que se mantenha de forma permanente sem ultrapassar os seus limites, ou seja, sem alcançar o periodonto (Castellucci et al., 2005).

De facto, é na fase da obturação, que o canal radicular é preenchido com um material inerte que promove um selamento apical hermético, de forma a evitar a recolonização bacteriana e estimular a reparação apical e periapical. Para que se possa ter sucesso nesta fase do tratamento é fundamental que o canal esteja limpo e instrumentado de forma a que os restos pulpares e bacterianos sejam removidos e este obtenha a conformação ideal para uma obturação tridimensional (Castellucci et al., 2005).

A anatomia interna e em especial a complexidade do sistema de canais radiculares deve ser considerada durante o tratamento, uma vez que, estudos revelam existir uma variedade de canais laterais acessórios nomeadamente no terço médio e apical da raiz (Karabucak et al., 2008).

Deste modo, os microrganismos residuais que sobrevivem à preparação químico-mecânica constituem um potencial para o fracasso do Tratamento Endodôntico a longo prazo (Gencoglu et al., 2008).

Bishop et al., (2008), salientaram que 50% dos canais obturados, quando em contacto com bactérias, sofreram infiltração através de todo o seu comprimento após um período de trinta dias.

Segundo Camões et al. (2007), a infiltração apical por bactérias que sobrevivem num canal obturado é responsável por 56,55% dos fracassos dos Tratamentos Endodônticos.

É axiomático que o selamento tridimensional do canal radicular, através da obturação, constitui-se num procedimento de fundamental importância uma vez que, ao ocupar o espaço criado pela instrumentação, este inviabiliza a sobrevivência dos microrganismos, evita a estagnação de líquidos, oferece condições para que ocorra reparação, contribuindo, assim, de forma decisiva, para o sucesso da terapêutica Endodôntica (Soares et al., 2001).

A unanimidade de opiniões sobre a importância da obturação, contrasta com as divergências sobre o material a ser utilizado no preenchimento do canal instrumentado (Roberts et al., 2001).

Estudos indicam que o sucesso do Tratamento Endodôntico pode ser alcançado com o uso de vários materiais, uma vez que não existem diferenças significativas entre a maioria deles (Roberts et al., 2008).

Assim, até que estudos propiciem o aparecimento ou a confirmação da existência de um material ideal, segundo Castellucci et al. (2005), a obturação poderá ser realizada com um material que deva ser capaz de preencher a totalidade do sistema de canais radiculares, dimensionalmente estável, biocompatível e não reabsorvível, bacteriostático e não irritante, deve prevenir a descoloração dentária, capaz de selar canais laterais, fácil de manipular e de remover do canal, se necessário, radiopaco e estéril, não deve ser condutor térmico e não deve ser imunogénico nem carcinogénico.

A evolução dos materiais seladores foi necessária pelos fracassos endodônticos e pela necessidade de encontrar um material obturador que preencha todos os requisitos anteriormente descritos.

Beatrice *et al.*, (2009) destaca ainda que perfurações dentárias, reabsorções apicais, fraturas de instrumentos, extravasamento de material obturador, lesões periapicais não resolvidas por via ortógrada, inacessibilidade ao ápice podem ser resolvidos com o tratamento cirúrgico.

Dessa maneira, Holland et al (2002), consideram que, a respeito de ser um procedimento invasivo, a terapêutica endodôntica cirúrgica hoje é considerada como tratamento conservador, pois é, muitas vezes, através dela que o órgão dentário é preservado.

Vários materiais retrobturadores têm sido propostos com o objetivo de promover um adequado selamento do canal radicular por via retrógrada, através do tratamento cirúrgico (Beatrice *et al*, 2009).

Um material ideal para ser utilizado em obturações retrógradas, deve aderir às paredes da cavidade, promovendo o selamento do sistema de canais radiculares, ser biocompatível, não interferir nos processos biológicos do reparação, não ser reabsorvível, possuir boa estabilidade dimensional, facilidade de preparo e inserção, ser radiopaco e insensível à humidade (Beatrice *et al*, 2009).

Deste modo, introduziu-se no mercado em 1998, o Mineral Trióxido Agregado (MTA) e mais tarde em 2009 as Biocerâmicas com o intuito de solucionar os insucessos da Terapia Endodôntica. (Koch et al., 2012)

Neste trabalho irei efetuar uma abordagem acerca do material endodôntico mais recente, as Biocerâmicas, realçando as suas características físicas e biológicas assim como as suas indicações, vantagens e desvantagens.

O MTA será abordado não só como antecessor histórico, mas também como factor de comparação.

## **II. DESENVOLVIMENTO**

### **1. MATERIAIS E MÉTODOS**

Foi efectuada uma pesquisa bibliográfica, nos motores de busca “PubMed” e “ScienceDirect” com as seguintes palavras chave: “Bioceramics in Endodontics”, “MTA and Bioceramics”, “Bioceramic sealer”, “Bioceramic root canal”, “Bioceramic endodontics”, “Bioceramic root repair” e “Bioceramic root canal sealer”.

A pesquisa foi limitada a artigos publicados entre 2000 e 2014, restringindo-se a artigos de revisão bibliográfica, meta-análises e ensaios clínicos randomizados. Dos 235 artigos encontrados foram seleccionados 84 artigos, por serem estes os que se encontravam nos critérios de inclusão.

O tratamento do sistema de canais radiculares, compõe-se, como vimos, de varias fases, onde a obturação consiste no procedimento final, ou seja, na expressão de todo o tratamento, com o objectivo de preencher totalmente o espaço outrora ocupado pelo tecido pulpar (Lima et al., 2004).

É na fase da obturação, que o canal radicular é preenchido com um material inerte que promove um selamento apical hermético, de forma a evitar a recolonização bacteriana e estimular a reparação apical e periapical. Para esta fase ter sucesso é fundamental que o canal esteja limpo e instrumentado de forma a que os restos pulpares e bacterianos sejam removidos e este obtenha a conformação ideal para a obturação tridimensional (Castellucci et al., 2005).

Tecnicamente, os objectivos da obturação segundo (Castellucci et al., 2005), consistem em selar de forma o mais hermeticamente possível a totalidade do sistema de canais radiculares, com um material estável e que se mantenha de forma permanente sem ultrapassar os seus limites, ou seja, sem alcançar o periodonto.

As deficiências evidenciadas nos diversos materiais usados na obturação, têm sido, em parte, superadas pelo uso de materiais em estado sólido (cones de gutta-percha) associados a materiais em estado plástico (cimentos) (Epley et al., 2006; De-Deus et al., 2007).

Segundo Castelluci et al., (2005), a gutta-percha apresenta na sua composição uma combinação de produtos, nomeadamente o óxido de zinco (59-76%). Para melhorar as suas propriedades físicas, foram adicionadas ceras, resinas e sulfatos metálicos, que lhe conferem radiopacidade.

Apesar de os materiais estarem em constante aperfeiçoamento, e de serem cada vez mais o número de técnicas de obturação como forma de aproveitar melhor as características dos materiais, segundo Gilhooly et al. (2000), ainda é necessário a associação da gutta-percha a um cimento resinoso, afim de obter uma obturação tridimensionalmente hermética.

Segundo Schilder (2006), a quantidade de materiais em estado sólido (cones gutta-percha) deve ser maximizada, enquanto que deve-se minimizar a utilização de cimento, uma vez que este, ao longo do tempo é muitas vezes reabsorvido, comprometendo a eficácia do selamento.

Infelizmente, os materiais até então utilizados na obturação endodôntica apresentam, como referido, diferentes níveis de fraquezas, nomeadamente na biocompatibilidade, infiltração, solubilidade, capacidade reparadora, propriedades de manuseamento e preço (Asgary et al., 2008)

A obturação endodôntica apresenta um grande desafio, principalmente relacionado à adesão do material obturador às paredes dentinárias. A falha no selamento apical e lateral pode permitir o acesso de microrganismos à região apical, resultando numa possível falha no tratamento ( Castelluci et al., 2005).

Perante o insucesso da Terapia Endodôntica, o tratamento de eleição é o Retratamento Endodôntico antes da indicação da cirurgia perirradicular. Tanto o MTA como as Biocerâmicas são materiais utilizados na cirurgia apical (Koch et al., 2012).

De entre as indicações para a cirurgia perirradicular, encontram-se os problemas anatómicos como calcificações, impedindo a correta limpeza e instrumentação e a obturação dos canais radiculares; fratura horizontal da raiz com necrose apical; material obturador não removível, impedindo tratamento ou retratamento do canal e grandes lesões periapicais que não regridem com o tratamento do canal, entre outras. (Gonçalves de Farias, 2006).

A cirurgia apical tem também algumas contra-indicações como: complicações sistêmicas; comprometimento da relação coroa/ raiz; estruturas que interferem no acesso e visibilidade; risco de dano das estruturas anatómicas vizinhas (Gonçalves de Farias, 2006).

A apicetomia com obturação retrógrada consiste no corte da porção apical da raiz de um dente, ou seja, a recessão do ápice radicular, o desbridamento cirúrgico do tecido perirradicular patológico seguido do preparo de uma cavidade na porção final do remanescente radicular e a obturação deste espaço com um material adequado para promover o selamento do ápice radicular (Bogen, 2009; Tobón-Arroyave et al., 2007 ).

Segundo Gonçalves de Farias (2006), o objetivo da obturação retrógrada é o selamento hermético da região apical, propiciando o processo de cura e reparação apical.

Ao longo dos estudos, tem-se considerado o material de preenchimento e selamento como factor primordial para o sucesso da cirurgia perirradicular (Cohen et al., 2007).

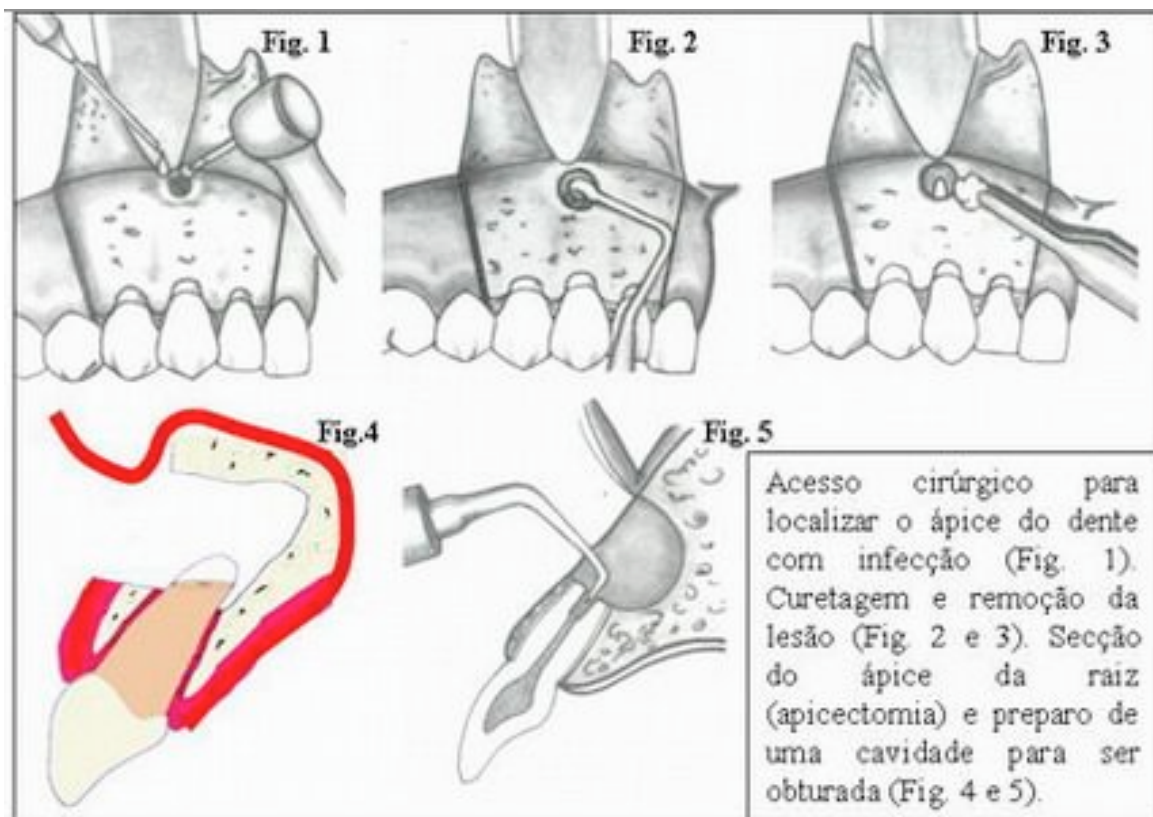


Figura 1 – Procedimento Cirúrgico de uma Cirurgia Periapical. (Palma V., 2010)

## 2. MTA

### i. Introdução

Ao longo dos anos foram muitos os materiais utilizados para o selamento do sistema de canais radiculares e para a cirurgia apical como materiais retroobturadores. Muitos materiais como amálgama, cimentos baseados em óxido de zinco-eugenol, cimentos à base de resina e cimentos de ionómero de vidro apresentam desvantagens que envolvem determinados factores muito importantes tais como, infiltração bacteriana, toxicidade e sensibilidade na presença de humidade. Após muitos anos de investigação outro material foi criado para ultrapassar as deficiências dos materiais anteriores (Torabinejad et al., 2010).

O MTA foi desenvolvido na universidade de Loma Linda, California, EUA, apresentando um vasto número de indicações clínicas e características físicas e químicas melhoradas indicado para recobrimento pulpar, pulpotomia, reparação de perfuração radicular, reabsorção interna e como material retro obturador, entre outras (Torabinejad et al., 2010).

O MTA tem sido tradicionalmente associado e indicado como um material de reparação (Fig.2). No entanto, atualmente também está disponível como material de obturação canalar (Fig.3).



Figura 2 – MTA em apresentação Pó e Líquido para espatulação (adaptado de Pro Root® Dentsply Maillefer)



Figura 3 – MTA em seringa auto misturadora (adaptado de MTA Fillapex® Angelus)

## **ii. Composição Química**

O MTA tradicional é constituído por um pó de partículas finas hidrofílicas que necessitam de presença de humidade para solidificar (Roberts et al., 2008).

Os seus componentes são uma mistura de cimento Portland e óxido de bismuto, contem também vestígios de dióxido de sílica, óxido de cálcio, óxido de magnésio, sulfato de potássio, sulfato de sódio (Camilleri et al., 2006).

O MTA é um produto em pó que após a sua mistura com água destilada na proporção de 3:1 (pó / líquido) se torna aplicável. Para a sua aplicação devemos promover o contacto direto entre a pasta formada pela mistura com algodão húmido, este processo leva a formação de um gel coloidal que depois de aplicado solidifica durante aproximadamente 3-4 horas (Torabinejad et al., 2010).

O MTA é um material de cor branca ou cinza, de relativa facilidade de manipulação e radiopaco. Incorpora água destilada ou soro fisiológico, apresenta um PH inicial de 10,2 aumentando para 12,5 em três horas após a sua manipulação. O maior componente, o Cimento Portland, é uma mistura refinada de silicato dicalcico, silicato tricalcico, aluminato tricálcico, gesso e cimento, ferrite aluminato tetracalcico. O Gesso e o cimento são importantes para determinar o tempo de trabalho assim como ferrite aluminato tetracalcico embora em menor extensão (Roberts, et al., 2008).

Camilleri et al., (2006) defende que o MTA consiste em 50% -75% de óxido de cálcio e 15% - 25% de dióxido de sílica. Estes 2 componentes juntos representam 70% - 95% do cimento. Quando estes componentes são misturados eles produzem silicato tricalcico, silicato dicalcico, aluminato tricalcico, ferrite aluminato tetracalcico. Com a adição de água o cimento hidrata para formar gel hidratado de silicato.

Os constituintes do MTA têm vindo a ser referenciados por terem um menor tamanho médio de partículas, contém menos metais pesados tóxicos, têm maior tempo de trabalho, e parece ter sofrido processamento adicional de purificação comparados com os cimentos Portland normais. (Roberts et al., 2008).

É um material radiopaco, biocompatível, anti-microbiano, não sofre contração, é insensível à humidade e à contaminação sanguínea, tem um pH alcalino e mutável, no

momento da sua aplicação apresenta pH de 10 e 3 horas após sua aplicação este valor sobe para 12. Tem como característica promover um selamento eficaz, reparação biológica e regeneração do ligamento periodontal, sendo uma escolha popular entre Endodontistas (Kim e Kratchman., 2006).

A biocompatibilidade do MTA é superior a qualquer outro material utilizado como protetor pulpar direto já que este apresenta uma maior facilidade em recuperar a polpa afectada devido as suas características biológicas de criar um ambiente não-citotóxico e facilitar a ligação às células (Tomson et al., 2007).

A radiopacidade é uma importante característica essencial a materiais obturadores e protetores pulpares. O Óxido de Bismuto é um elemento de excelente radiopacidade, e este apresenta-se em aproximadamente 20% do peso do MTA (Duarte et al., 2003).

O MTA apresenta uma forma própria para ser usado como cimento endodôntico - MTA Fillapex®, (Angelus®) que foi recentemente proposto como material de preenchimento endodôntico (Gandolfi e Prati., 2010).

O forte interesse no desenvolvimento de materiais endodônticos à base de MTA é resultante da excelente biocompatibilidade, bioatividade e osteocondutividade do MTA (Gandolfi et al., 2012).

O MTA Fillapex® é um cimento que tem na sua composição, resina salicilato, resina natural, óxido de bismuto e de sílica. Um estudo recente mostrou que este cimento tem propriedades físico-químicas adequadas, tais como uma boa radiopacidade, boa fluidez, e pH alcalino ( Gandolfi et al., 2010).

### **iii. Vários Tipos MTA**

O MTA foi um produto introduzido por Torabinejad e colaboradores como material protetor pulpar. O estudo realizado por Gilckman e Kenneth (2000), verificou que o MTA cinzento provocava alteração de cor quando usado como protetor pulpar. Por este motivo, foi necessário a criação de um outro MTA, que não altera-se a cor da peça

dentária. Desta forma, foi criado o MTA branco. Este MTA possui as mesmas características e resultados que o MTA cinzento.

Asgary et al., (2005) analisaram o MTA branco e o MTA cinzento e concluíram que ambos possuem os mesmos componentes CaO, SiO<sub>2</sub> e Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mas a maior diferença encontrava-se ao nível das concentrações do Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e MgO e especialmente o FeO, cujas concentrações de formulação eram mais baixas que no MTA cinzento.

Segundo Holland et al., (2001) a remoção do componente de ferrite de alumínio da formula do MTA cinzento apenas vai diminuir o risco de coloração do dente pois a nível biológico nada é afectado.

Camilleri et al., (2006), avaliaram o tamanho de partículas dos diferentes tipos de MTA e verificaram que o tamanho médio de partículas de MTA cinzento varia de 5 a 40 µm, enquanto que o MTA branco apresenta partículas de menores dimensões, variando de 3 a 20 µm.

<b>Table 1 – Chemical compositions of GMTA and WMTA (wt%)</b>		
Chemical	WMTA	GMTA
CaO	44.23	40.45
SiO <sub>2</sub>	21.20	17.00
Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.13	15.90
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.92	4.26
MgO	1.35	3.10
SO <sub>3</sub>	0.53	0.51
Cl	0.43	0.43
FeO	0.40	4.39
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.21	0.18
TiO <sub>2</sub>	0.11	0.06
H <sub>2</sub> O + CO <sub>2</sub>	14.49	13.72

Adapted from Asgary et al. [16].

Tabela I – Composição Química MTA segundo Howard et al. (2008).

#### iv. Áreas Aplicação Clínica

O MTA é um material que continua a ser investigado devido aos excelentes resultados físico-químicos.

Está indicado em vários tipos de procedimentos, essencialmente na área da Endodontia. Está indicado em perfurações do canal radicular, perfurações da furca, reabsorções radiculares, na cirurgia periapical como material retro-obturador, pulpotomia, apexogênese, apexificação, protecção pulpar directa, base de cavidade para selamento coronal e cimento obturador (Parirokh e Torabinejad C., 2010)

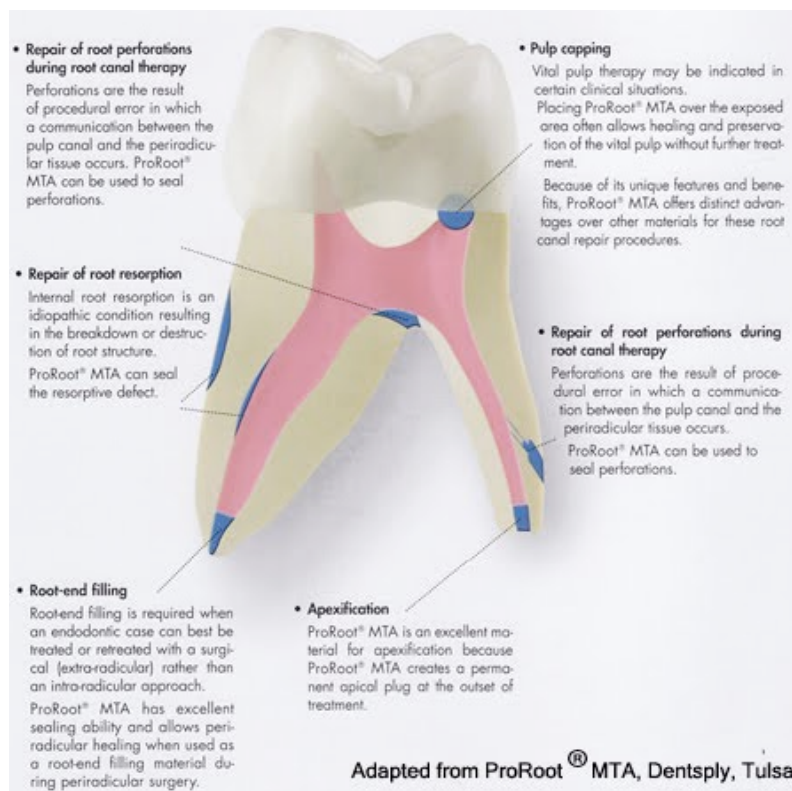


Figura 4 – Aplicações Clínicas do MTA

#### **v. Vantagens do MTA**

O MTA é um material bem conhecido, com eficiente capacidade de selamento, além de ser biocompatível (Keiser et al., 2000).

Kim e Bakland, (2008) referem que no estudo de Goracci e Mori, o MTA apresentou uma capacidade física e química de selamento de 0 micrómetros isolando o complexo pulpo-dentinário do meio externo. Assim conclui que é um material não reabsorvível na presença de outros fluidos.

Num estudo realizado *in vivo* em cães foi confirmada a excelente biocompatibilidade do MTA. Esta característica foi verificada pela observação da facilidade com que as células formadoras de dentina se ligam ao cimento aplicado, levando a formação de um novo tecido duro (Menezes et al., 2004).

O MTA apresenta uma elevada alcalinidade que se deve, em grande parte, à libertação de iões de cálcio e um constante pH de 12,5, esta capacidade promove um ambiente anti-microbiano, que em parte é o responsável pela destruição da maioria das bactérias (Tomson et al., 2007).

A força compressiva do MTA é significativamente menor que o amálgama, IRM®, e Super EBA® após 24 horas aplicado, contudo após 3 semanas, essa diferença já não se verifica. Devido ao componente de silicato de dicalcio a reacção é mais lenta que os outros materiais (Parirokh e Torabinejad A., 2010).

O MTA quando usado como protetor pulpar direto facilita a libertação de factores de crescimento e moléculas bio-ativas que vão ativar determinadas estruturas celulares que levam à permanência da vitalidade pulpar. A elevada concentração de cálcio é o principal factor responsável pelo aumento de agentes promotores da polpa que são fundamentais para a reparação da mesma (Tomson et al., 2007).

Um estudo de Sakar e colaboradores, afirma que o MTA tem a capacidade de induzir a formação de hidroxiapatite quando é libertado cálcio e este entra em contato com os tecidos envolventes (Tomson et al., 2007).

A radiopacidade é uma importante propriedade dos materiais dentários, especialmente para os materiais obturadores e protetores pulpares. O óxido de bismuto no MTA é o principal responsável pela sua radiopacidade tem um valor reportado de 7.17mm equivalente a fina partícula de alumínio (Parirokh e Torabinejad A., 2010).

Um estudo realizado *in vivo* realizado por Yasuda et al., (2008) visou os efeitos que o MTA possui ao nível da viabilidade celular e habilidade de mineralização em polpas dentárias de ratos. Como o MTA é um material não tóxico para as células da polpa e a sua associação com proteínas morfogenéticas do osso (BMP-2) leva a um aumento de produção de células e conseqüentemente a uma maior e mais rápida mineralização da estrutura dentária.

Bogen et al., (2009) estudou as reações apicais e a regeneração do cimento, com vários materiais, verificaram que nas raízes obturadas com MTA, ocorria regeneração de cimento. Conclui que a formação de uma nova camada de cimento, que atua como uma barreira biológica no ápice radicular, só pode ser obtida com o MTA.

Os resultados relacionados com a resposta biológica de MTA Fillapex® são conflituosos. Quando recém-misturado, este material apresentou alta citotoxicidade e genotoxicidade. Um outro estudo demonstrou que, quando implantado no tecido subcutâneo em ratos, manteve-se tóxico, mesmo após 90 dias (Gandolfi et al., 2009). No entanto, um estudo recente demonstrou que, apesar de estes efeitos tóxicos iniciais produzidos numa fase inicial, a citotoxicidade do MTA Fillapex® diminui com o tempo e o cimento apresenta bioatividade adequada para estimular os locais de nucleação para a formação de cristais de hidroxiapatite em cultura de células humanas de osteoblastos (Gandolfi et al., 2010).

#### **vi. Desvantagens do MTA**

Segundo os estudos de Saghiri et al., (2008) verificou-se que o MTA apresenta alterações da sua estrutura quando submetido a um ambiente ácido durante 3 dias, relacionadas diretamente com o aparecimento de falhas ou vazios que permitem a passagem de bactérias para o interior do dente dificultando o processo de cicatrização.

As principais desvantagens do MTA incluem o potencial de alteração de cor, presença de materiais tóxicos na sua composição, dificuldade de manipulação, elevado tempo de solidificação, elevado custo e a falta de um solvente para a sua remoção após o seu endurecimento total (Parirokh, Torabinejad., parte C 2010).

Concluindo, o sucesso do MTA, usado como material de obturação retrógrada assim como material de obturação é indiscutível, contudo como o MTA é uma modificação do cimento de Portland, tem algumas limitações como o seu manuseamento, o facto de ter de ser manipulado para a sua mistura, a sua dificuldade na colocação em cavidades para obturações retrógradas, o tamanho das suas partículas e o facto de não ser possível colocar numa seringa, tornaram necessário pesquisa de novos materiais (Koch et al., 2012 parte B).

### **3. Biocerâmicas**

O termo biocerâmicas refere-se a um material cerâmico biocompatível, apto para uso biomédico e dentário. Uma revisão sistemática sobre as cerâmicas em uso biomédico refere aplicações no início dos anos 70 e passados mais de 40 anos a variedade de aplicações e o seu uso tiveram uma grande expansão (Tsumita et al., 2008).

Biocerâmicas são cerâmicas específicas para uso em Medicina e Medicina Dentária, utilizadas na substituição de tecidos ou no recobrimento de metais, com a finalidade de aumentar sua biocompatibilidade. Na área da saúde, as biocerâmicas alumina, zircónia, hidroxiapatita, fosfato de cálcio, silicato de cálcio e cerâmicas de vidro são amplamente empregadas. Quando um material contém na sua composição biocerâmicas passa a ser chamado de bioagregado (Koch et al., 2010).

Os bioagregados são produzidos em laboratório e possuem particularidades interessantes para a Endodontia: são de fácil manipulação e estáveis dimensionalmente, têm boa capacidade de escoamento (fluidez) e selamento, possuem alto pH e consequente poder antimicrobiano, são biocompatíveis e bioativos (Koch et al., 2010).

Os materiais biocerâmicos têm sido introduzidos na Medicina e Medicina Dentária, uma vez que são cerâmicas especialmente desenvolvidas para aplicação biológica. A sua

aplicação mudou tanto a Endodontia cirúrgica como a não cirúrgica. São um material cerâmico desenhado especificamente para o uso médico, que contemplam alumina, zirconia, vidro bioativo, vitrocerâmica, revestimentos e compósitos, hidroxiapatite de cálcio e fosfatos reabsorvíveis (Koch et al., 2012).

Na Endodontia, os materiais biocerâmicos apresentam-se principalmente como cimento reparador (Damas et al., 2011) e como cimento Endodôntico (Koch and Brave, 2012).

Segundo os fabricantes, os materiais biocerâmicos apresentam pH alcalino, atividade antibacteriana, radiopacidade e biocompatibilidade adequados. Assim os seus pontos chave para a aplicação odontológica estão relacionados com as suas propriedades físicas, químicas e biológicas. Este tipo de material é biocompatível, não tóxico, não sofre contração volumétrica e é quimicamente estável em ambiente biológico. Outra vantagem deste material é a bioatividade, ou seja, a capacidade durante o processo de endurecimento ou presa em formar hidroxiapatite, que exerce influencia na ligação entre a dentina e o material obturador (Zang et al., 2009).

### **i. Propriedades Clínicas**

O cimento Endodôntico Endosequence® BC Sealer®, é um cimento biocerâmico pré manipulado, de coloração branca, composto por óxido de zircônia, silicato de cálcio, fosfato de cálcio monobásico, hidróxido de cálcio e agentes espessantes (Hess et al. 2011). Vem na forma de seringa, tem um tempo de trabalho de aproximadamente 4 horas à temperatura ambiente e é introduzido imediatamente dentro dos canais. Atua pela criação de uma união entre o material apropriado de preenchimento e a dentina o que pode levar a formação de hidroxiapatite (Hess et al. 2011).

Outra propriedade refere que foi concebido para endurecer apenas quando exposto a um ambiente com humidade sendo os túbulos dentinários o local ideal (Zhang et al., 2009).

Este material foi desenhado especificamente com um silicato de cálcio não-tóxico usado como cimento Endodôntico. Em adição às suas excelentes propriedades físicas, foi proposto um método de conveniência de aplicação do material tendo em conta as suas biocaracterísticas, ou seja, utilizando a água presente nos túbulos dentinários. Esta água

provoca a hidratação do cimento promovendo a diminuição do tempo de solidificação. Como a dentina é composta por cerca de 20 por cento (em volume) de água, esta é a responsável por iniciar o processo de endurecimento, que resulta na formação de hidroxiapatite (Koch et al., 2012).

Assim, caso estejam presentes no interior do canal resíduos de umidade após a desinfecção e secagem com cones de papel, estes, não irão afectar o selamento estabelecido pelo cimento biocerâmico. O tamanho das suas partículas e a sua ligação química aos túbulos dentinários, tornam um material de referência em relação a todos os anteriores (Koch et al., 2012).

Na perspectiva dos endodontistas o seu pH de 12.8 durante as 24 horas iniciais que o torna um potente agente anti-microbiano, a sua natureza hidrofílica, a sua biocompatibilidade, a capacidade de selamento e o facto de não se reabsorver mas sim expandir cerca de 2  $\mu$ , torna este material um êxito ( Koch et al., 2012 parte A).



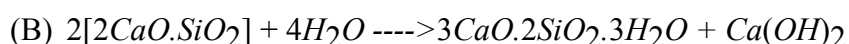
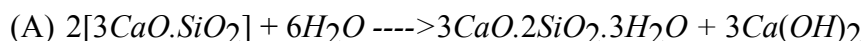
Figura 5 – Duas marcas de Cimento Biocerâmico (iRoot BP® e EndoSequence® root repair material) (adaptado de Brasseler, USA)

## ii. Mecanismo de Ação

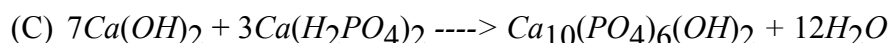
O cimento biocerâmico usa a água presente nos túbulos dentinários para dar início à reação de endurecimento. O tempo de trabalho diminui após a hidratação do produto. Problemas associados a mistura e quantidade não são encontrados, para além de reduzir o tempo necessário, a biocerâmica só endurece, quando presente no ambiente húmido. Após a hidratação o gel de silicato de cálcio e o hidróxido de cálcio são produzidos pelo silicato de cálcio presente na mistura. O hidróxido de cálcio reage com os iões de

fosfato e produz hidroxiapatite e água. A interação contínua do silicato de cálcio e água, leva a formação de silicato de cálcio hidratado.

As seguintes reações de hidratação (A, B) do silicato de cálcio e a sua reação de precipitação, assim como a reação de fosfato de cálcio estão apresentadas em baixo:



A reação de precepitação (C) do fosfato de cálcio em hidroxiapatita ocorre da seguinte forma (Yang et al, 2002)



O factor crítico para controlar a taxa da hidratação é a quantidade de água na reação. Quando comparado com o tempo de reação do hidróxido de cálcio, encontram-se semelhanças que são relacionadas com o pH. Como este é altamente alcalino, atinge um valor de 12,8, durante o tempo de colocação diminuindo progressivamente num período de uma semana (Damas et al., 2011).

O pH é afectado pela libertação de iões de cálcio e alcalinizar o meio, condição esta que pode influenciar o reparo, além de promover o processo de mineralização e a sua concentração. A dissociação é alterada pela libertação de iões de hidroxilo quando é tratada com ele (Candeiro et al., 2012).

Candeiro et al., (2012) realizou um estudo com o intuito de avaliar as propriedades físico-químicas de uma biocerâmica. Radiopacidade, pH, libertação de iões de cálcio e fluidez foram estudados e comparados com o cimento AH Plus® (cimento à base de resina). A radiopacidade e o escoamento foram avaliados tendo como referencia normas ISO 6876/2001. Para a análise da radiopacidade foram usados discos metálicos com 10-mm de diâmetro e 1-mm de espessura e foram cobertos de cimento selador. O teste de

fluidez foi realizado com 0.005mL de cimento numa placa de vidro. A libertação de iões de cálcio e pH foram avaliados em períodos de 3, 24, 72, 180, e 240 horas com um espectrómetro e medidor de pH, respectivamente. Verificou-se então que a radiopacidade é significativamente inferior ao AH Plus®, a análise ao pH e a libertação de iões de cálcio foi significativamente maior que o AH Plus®, por último foi demonstrado não haver diferenças significativas na fluidez. Conclui-se que as biocerâmicas apresentam valores de radiopacidade e fluidez dentro dos limites das normas ISO, as outras propriedades físico-químicas analisadas demonstram valores muito favoráveis para um cimento selador.

**TABLE 2.** pH Values Found at the Different Periods

	3 Hours	24 Hours	72 Hours	168 Hours	240 Hours
BC Sealer	10.31 <sup>a</sup>	10.87 <sup>a</sup>	10.94 <sup>a</sup>	11.21 <sup>a</sup>	11.16 <sup>a</sup>
AH Plus	7.81 <sup>b</sup>	7.53 <sup>b</sup>	7.42 <sup>b</sup>	7.60 <sup>b</sup>	7.17 <sup>b</sup>
Control	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90

Tabela II – Valores registados de pH de vários materiais seladores (Candeiro et al., 2012).

**TABLE 3.** Calcium Ion Release (mg/L) Observed at the Different Periods

	3 Hours	24 Hours	72 Hours	168 Hours	240 Hours	Total
BC Sealer	.329 <sup>a</sup>	.204 <sup>a</sup>	.427 <sup>a</sup>	1.108 <sup>a</sup>	.517 <sup>a</sup>	2.585 <sup>a</sup>
AH Plus	.072 <sup>b</sup>	.182 <sup>a</sup>	.060 <sup>b</sup>	.635 <sup>b</sup>	.152 <sup>b</sup>	.797 <sup>b</sup>
Control	.000	.000	.000	.000	.000	.000

Tabela III – Valores registados da libertação de iões de cálcio em vários materiais seladores (Candeiro et al., 2012)

### iii. Condensação Hidráulica Sincronizada

Esta técnica utiliza um procedimento muito simples, basta remover a cápsula da ponta da biocerâmica depois colocar o dispensador no centro da seringa, como é flexível pode ser adaptada para o acesso ao canal radicular. Colocando no canal não mais profundo que 1/3 da coroa. De forma cuidada e lenta aplicar uma pequena quantidade no canal radicular. Em seguida devemos retirar o dispensador descartável e colocamos num cone

de guta-percha uma pequena quantidade para um revestimento muito fino. Os dois materiais vão ser suficientes para selar o ápice do canal radicular (Koch et al., 2012).

O ajuste necessário do cone principal deve ser obtido através de uma instrumentação cuidada e de conicidade adequada. Estes requisitos promovem a criação de excelentes qualidades hidráulicas e por essa razão não é necessário uma grande quantidade de cimento selador. Além disso, como em todas as técnicas de obturação, é extremamente importante colocar o cone principal lentamente até ao comprimento de trabalho. Além disso foram criados cones de guta-percha com revestimento de biocerâmicas comercializados pela empresa Brasseler® USA com o nome de Endosequence BC Points®. Assim, na sua essência, o que pode alcançar com esta técnica, é uma ligação química à parede do canal, como resultado da hidroxiapatite, que é criada durante a reação de solidificação do material de biocerâmica e também temos uma ligação química entre o cimento biocerâmico e os cones de guta-percha revestidos com biocerâmicas. A vantagem desta técnica é a sua simplicidade, a sua rapidez e os seus resultados. (Ghoneim et al., 2011).

#### **iv. Aplicações Clínicas Das Biocerâmicas:**

##### **a. Como Cimento Selador**

Biocerâmicas são cimentos Endodônticos de grande sucesso e tem várias vantagens, tais como a melhoria da biocompatibilidade, capacidade de selamento, propriedades antibacterianas, facilidade de aplicação e um aumento na resistência da raiz após obturação. A extrema biocompatibilidade da biocerâmica também pode ser observada em casos de sobreobturação onde há ausência de inflamação e dor ou dor mínima após o extravasamento do excesso de cimento durante a obturação (Koch et al., 2012).

O dispensador biocerâmico pode ser utilizado no canal radicular com a utilização de uma seringa pré-misturada. Assim a necessidade para a mistura do cimento não é necessária o que evita problemas, tais como mistura não homogénea e material insuficiente (Malhotra et al., 2014).

As biocerâmicas são de natureza hidrofílica e têm a capacidade de formar hidroxiapatite. Esta conduz a formação de uma ligação química entre o material de enchimento e as paredes da dentina. Isto elimina a presença de todo o espaço entre as paredes de dentina e o cimento selador o que melhora o selamento do canal. O dispensador de biocerâmica tem um tamanho de partícula de  $2\mu$  para ajudar na sua distribuição por meio de uma ponta capilar. Biocerâmicas mostraram radiopacidade e fluidez de acordo com a recomendação da norma ISO 6876/2001 (Malhotra et al., 2014).

Ghoneim et al (2011) mostraram num estudo in vitro que o cimento biocerâmico associado a cones de guta-percha, aumentaram a resistência à fractura das raízes com tratamento Endodôntico.

Nagas et al (2012) realizou um estudo comparando o cimento biocerâmico com outros cimentos, como, AH plus® (cimento à base de resina epóxi), Epiphany® (cimento à base de resina de metacrilato) e MTA Fillapex® (cimento à base de MTA). Foi demonstrado que o cimento biocerâmico tem maior resistência de união à dentina radicular comparado com os outros cimentos estudados.

O grau de humidade residual afectou a capacidade de ligação dos cimentos, embora no que diz respeito às biocerâmicas, o canal é preferível ligeiramente húmido, isto devido à hidrofília do cimento (Koch et al ., 2012).

A condensação hidráulica sincronizada é característica dos cimentos biocerâmicos, isto leva a formação de uma verdadeira ligação entre a parede do canal radicular com o cone principal (Malhora et al., 2014).



Figura 6 – Biocerâmica em seringa pré-preparada para utilização. (Koch et al., 2012)



Figura 7 – Biocerâmica em seringa pré-preparada para utilização iRoot SP® (lado esquerdo) e imagem ilustrativa do modo de aplicação direto no canal endodôntico (lado direito) (Nasseh A., 2009)



Figura 8 – Imagem ilustrativa do modo de aplicação do cimento biocerâmico como cimento selador associado a cones de gutta-percha. (Nasseh A., 2009)

#### **b. Biocerâmicas no Retratamento**

Em retratamento Endodôntico o uso de dispositivos piezoelétricos e remoção tradicional com limas H são duas técnicas usadas para remover as biocerâmicas combinadas com gutta-percha. Cimento biocerâmico é bioativo pela presença de hidroxiapatite e silicato

de cálcio. Estes componentes têm como vantagem uma maior capacidade seladora e a facilidade de uso (Malhotra et al., 2014).

O tratamento pode ser facilitado pela conicidade contínua do canal o que ajuda a minimizar a utilização do cimento endodôntico. Durante o retratamento de casos de obturação com cimento de biocerâmica grandes quantidade de água devem ser utilizadas com ultra-som (Malhotra et al., 2014).

Hess et al (2011) realizou um estudo para avaliar a eficácia de um solvente e dos instrumentos rotatórios para a remoção de biocerâmicas combinado com guta-percha em caparação com o AH Plus®. Foram selecionados 40 dentes mandibulares e o canal mesio lingual foi instrumentado e foram obturados com cone único, uns com uma biocerâmica e outros com AH Plus®. Foram divididos em dois grupos e intencionalmente foi deixado o cone principal a 2 mm do ápice. Os canais foram retratados usando calor, clorofórmio, instrumentos rotatórios e manuais. A obtenção do comprimento de trabalho total foi então tentado e os resultados demonstram que em 70% das amostras com biocerâmicas o canal não foi retratado, a obstrução provocada pelos 2 mm deixados pelo cone principal não foram ultrapassados em 20% dos dentes. Conclui-se que as técnicas e solventes de retratamento convencionais não são eficazes a remover totalmente as biocerâmicas.

### **c. Como Material de Reparação Radicular**

As perfurações radiculares são consideradas, na maioria das vezes, complicações e acidentes no tratamento endodôntico e foram definidas por como comunicações artificiais, normalmente de etiologia iatrogênica, podendo ser patológica (processo de cárie ou reabsorção), comunicando a cavidade pulpar com os tecidos periodontais. (Neto and Moraes., 2003)

As biocerâmicas têm propriedades reparadoras, e pode ser usada de duas formas, quer como cimento de obturação dispensável em seringa, assim como um putty que vem pré-misturado. Esta é uma grande ajuda não só em termos de obtermos uma mistura adequada como também a forma como o podemos utilizar (Koch et al., 2012).

Como já referido, as biocerâmicas apresentam elevada biocompatibilidade, alta resistência e não contraem. Também apresentam excelentes propriedades físicas. A sua força compressiva é de 50-70MPa o que é similar a outros materiais como o ProRoot MTA® (Dentsply®) e BioAggregate® (Diadent®), contudo o que o diferencia é o tamanho das suas partículas, o que permite aplicação por uma seringa. A seringa tem vantagens pois elimina a necessidade de espatulação e a sua mistura. Como o seu tamanho é inferior a 2  $\mu$ , pode ser dispensado por uma ponta capilar que permite que o material de 0,012 pré misturado, seja colocado na zona de reparação radicular (Koch et al., 2012).

Lovato et al., (2011) investigou a atividade antibacteriana das biocerâmicas contra o *Enterococcus fecalis*. Estes microrganismos possuem características de virulência como por exemplo, a sobrevivência a longo prazo em canais radiculares obturados. O objectivo do estudo pretendia saber se as duas formas de biocerâmicas possuíam propriedades antibacterianas sobre uma colónia de *Enterococcus fecalis*. Para ponto de comparação utilizaram também o MTA. Foi verificado que ambos os materiais apresentavam efeitos antibacterianos similares.

Modareszadeh et al., (2012), num estudo avaliaram a citotoxicidade e a actividade da fosfatase alcalina (enzima que quando presente indica diferenciação celular após uma lesão) de uma biocerâmica, um compómero (Geristore®) e o MTA. Os resultados em ambos os parâmetros foram favoráveis ao MTA; as biocerâmicas reduziram a bioatividade celular e a atividade da fosfatase alcalina.

#### **d. Em Cirurgia Periapical**

A cirurgia Endodôntica é indicada para dentes com patologias perirradiculares persistentes que não respondem ao Tratamento Endodôntico não Cirúrgico. Assim a cirurgia periradicular é indicada quando o retratamento não cirúrgico é impraticável, ou, que seja improvável uma melhoria do tratamento anterior. A cirurgia é feita para remover o agente etiológico e para restaurar a saúde funcional dos tecidos. Seguido de uma curetagem bem realizada o defeito ósseo deve ser preenchido através da utilização de enxerto para promover a formação óssea (Johnson et al., 2006).

Os tecidos duros humanos, tais como o esmalte dentário (98%) e do osso (60%-70%), têm hidroxiapatite como componente mineral natural (Yang et al., 2002).

Fosfato tricálcico não é um componente natural do osso, mas é semelhante à hidroxiapatite clinicamente. Devido à sua natureza parcialmente bio reabsorvível é considerado desejável para reparos morfológicos locais (Suneelkumar et al., 2008).

A componente de fosfato de cálcio na biocerâmica não é tóxica e tem a vantagem de se tornar funcional integrando com o osso sem encapsulamento fibroso, este componente promove a extensão de osso em áreas que este ocuparia pela formação de uma matriz adequada para a deposição de novo osso. Fosfato dicálcico inclui tanto fosfato  $\beta$ -tricálcico e hidroxiapatite, estes juntos devido as suas características permitem o controle das suas propriedades ( Gandolfi et al., 2012).

O fosfato dicálcio mantém o potencial osteo condutor de hidroxiapatite, juntamente com o controle sobre a reabsorção do fosfato tricálcico (Suneelkumar et al., 2008).

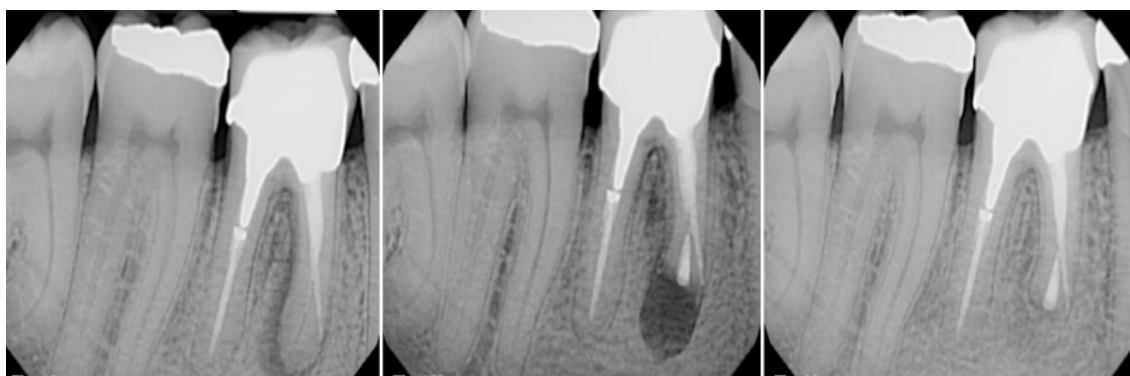


Figura 9 – Imagem de primeiro molar inferior com lesão apical na raiz mesial, em seguida imagem do mesmo dente logo após cirurgia periapical (apicectomia) com obturação retrógrada com cimento biocerâmico, finalmente a regeneração da mesma lesão após 6 meses) (Koch et al., 2012)



Figura 10 – Imagem do cimento biocerâmico em consistência Putty na apresentação em boião e na espátula para aplicação (Koch et al., 2012)

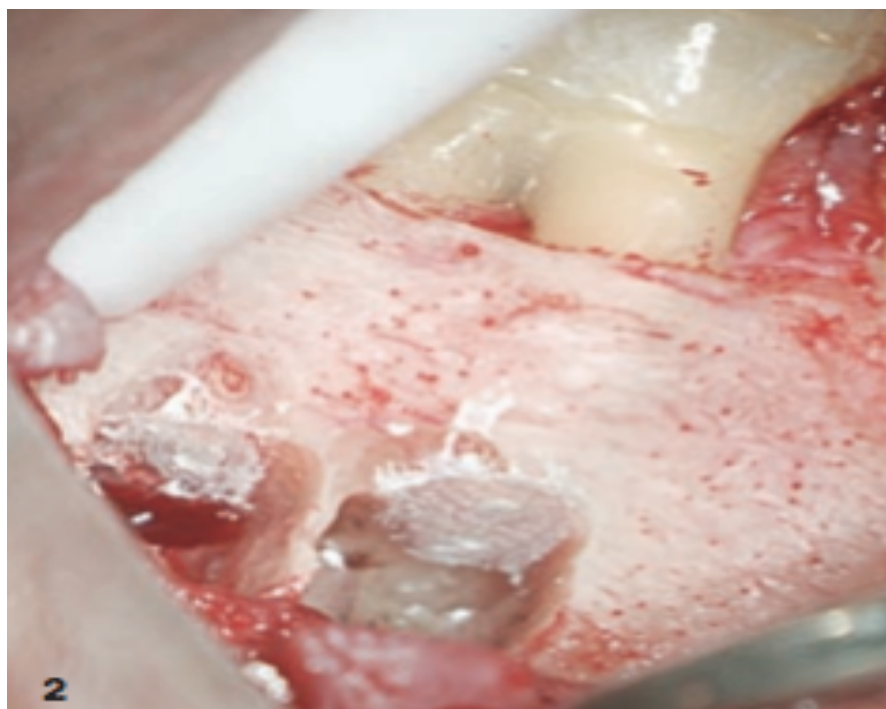


Figura 11 – Imagem cirúrgica de uma apicectomia na fase de preparação radicular para selamento com material biocerâmico. (Nasseh A., 2009)

e. **Em Recobrimento Pulpar:**

Cimentos biocerâmicos são fáceis de usar devido a seringa pré-misturada, pois ajuda na redução do tempo de trabalho, também os problemas associados com a mistura do cimento não se verificam (Koch et al 2012).

Assim, terapias pulpares podem ser melhor geridas em pacientes jovens, pode também, ser usado em recobrimento pulpar direto.

O processo começa pelo isolamento absoluto do dente por dique de borracha. Após a desinfecção do local de exposição com NaOCl e algodão, a exposição deve ser coberta por biocerâmica, este deve formar uma camada uniforme, de seguida é colocado ionómero de vidro ou um compómero. Para a conclusão da restauração pode ser necessário o ataque-acido e este pode ser efectuado. Com este procedimento acima descrito, é possível realizar o recobrimento pulpar em sessão única (Koch et al., 2012).

Azimi et al., (2013) realizou um estudo para avaliar os sinais, sintomas assim como as reações pulpares em termos de inflamação e remineralização após uma pulpotomia em pré-molares usando uma biocerâmica e MTA como recobrimento pulpar. Para a realização deste estudo 24 dentes pré-molares foram divididos de forma randomizada e foi atribuído a cada grupo um recobrimento pulpar com biocerâmica e MTA. Seis semanas após tratamento foram avaliados sinais, sintomas e diferenças radiográficas. Os dentes foram depois extraídos e examinado histologicamente o estado inflamatório, formação de dentina e remineralização. Foi verificado que em termos de inflamação pulpar, formação de dentina e remineralização não houveram diferenças significativas, contudo a sensibilidade ao frio foi menos sentida em dentes que foram tratados com MTA. Conclui-se que quando se realizam tratamentos de dentes com polpas saudáveis o tratamento com MTA e Biocerâmicas foi favorável, contudo o recobrimento pulpar com biocerâmicas apresentou maior sensibilidade aos testes ao frio.



Figura 12 – Limpeza de cárie dentária com microexposição pulpar mesial (lado esquerdo) e restauração provisória com recobrimento pulpar direto usando cimento biocerâmico, tratamento espera até 6 semanas (lado direito)(Firla M., 2011)

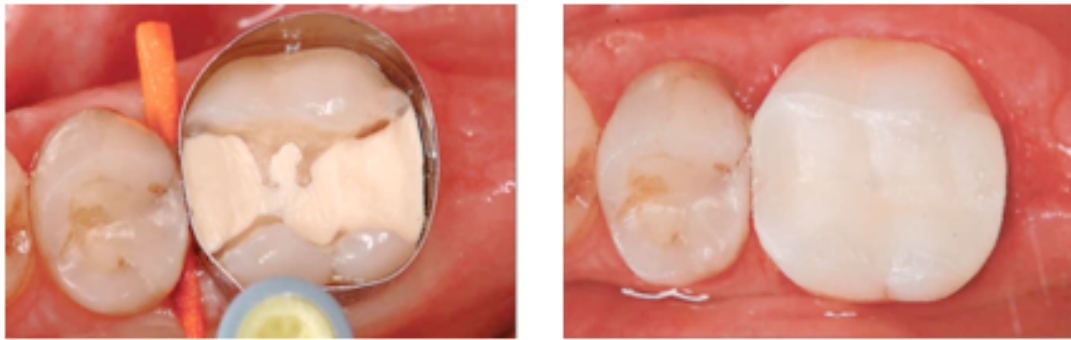


Figura 13 – Remoção da restauração provisória deixando o forro de cimento biocerâmico (lado esquerdo) e restauração definitiva com resina composta (lado direito)(Firla M., 2011)



Figura 14 – Remoção de amálgama com microexposição pulpar em mesial (lado esquerdo), aplicação de forro de cimento biocerâmico (ao centro) e restauração definitiva com resina composta (lado Direito) (Dammaschke T., 2011)

## **f. Outras Aplicações**

As aplicações dentárias incluem aplicações em implantes dentários, em tratamentos periodontais, obliteração do seio nasal, e na correção de fractura do soalho orbitário (Aitasalo et al., 2001).

As funcionalidades em implantologia verificam-se na manutenção do rebordo alveolar de pacientes desdentados, usados também, na reconstrução maxilofacial para corrigir perda de audição condutora, por meio de substituição dos ossos do ouvido médio (HAPEX). São igualmente utilizadas após a extração dentária para minimizar a perda de rebordo ósseo para posterior reabilitação protética (Hench et al., 2006).

Na Periodontia os produtos biocerâmicos utilizados promovem a regeneração óssea provocada por defeitos intraósseos.

São úteis, também, no tratamento de hipersensibilidade dentária, e como o tamanho das partículas permite, este pode ser usado em pasta dentífrica ou como um veículo aquoso usado na superfície do dente ao longo das superfícies expostas para remoção da dor (Koch et al., 2012)

## **v. Comparação Com Outros Cimentos Endodônticos**

Tanto os cimentos biocerâmicos como o MTA têm varias aplicações e alguns estudos demonstram que os níveis de citotoxicidade são idênticos. (Damas et al., 2012).

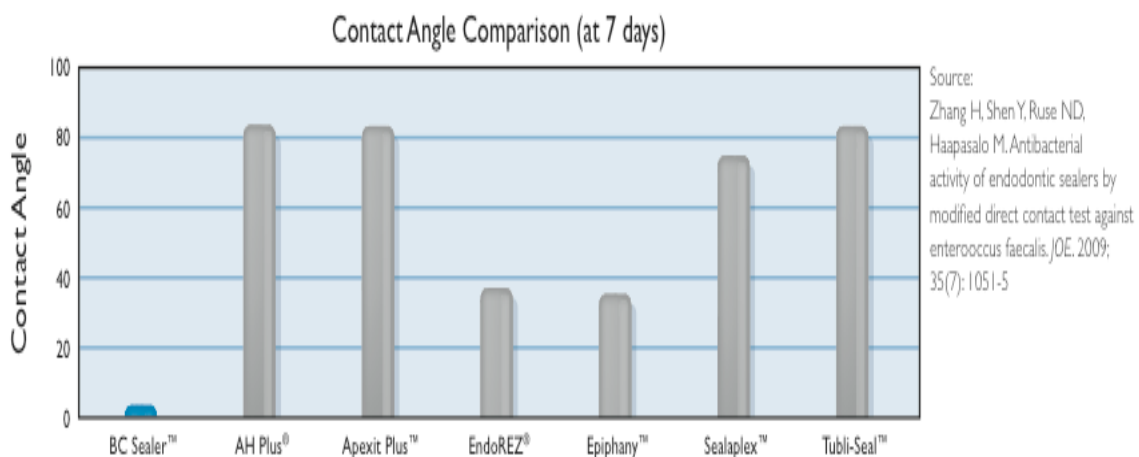
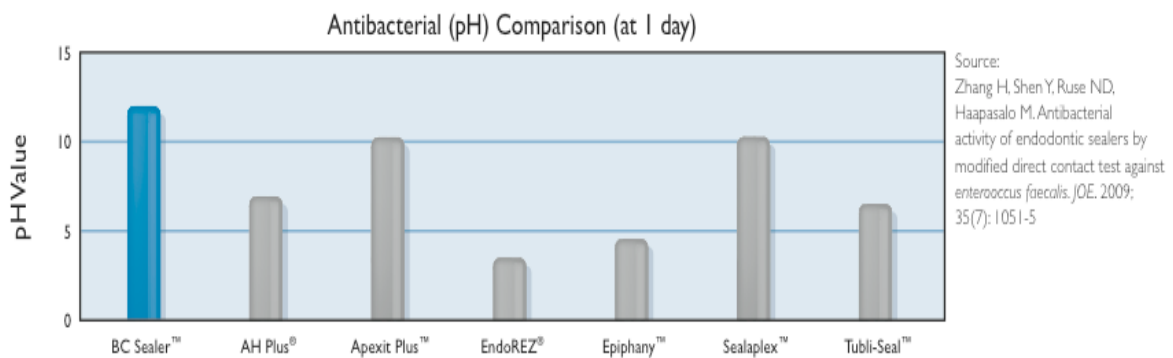
De-Deus et al.,(2009) estudou a biocompatibilidade das biocerâmicas versus MTA e conclui que são muito idênticos. Quanto a atividade antifúngica e antibacteriana também demonstram resultados similares.

O MTA e o hidróxido de cálcio têm sido usado em pacientes com o ápice incompletamente formado, as biocerâmicas podem ser utilizadas em casos semelhantes com vantagens de diminuir o tempo em cadeira e da facilidade de colocação do material. ( Hegde eta la., 2007).

Willershausen et al., (2013) estudou a biocompatibilidade do MTA e das biocerâmicas e

a toxicidade nos tecidos periradiculares. Foram aplicados MTA branco, cinzento e biocerâmicas em contacto com os fibroblastos do ligamento periodontal e incubados por 96 horas para determinar crescimento celular. Após o período de 96 horas foram examinados por microscopia e foi determinado não haver uma diferença significativa de proliferação celular em nenhum dos materiais. O MTA durante as 96 horas demonstrou taxas de proliferação baixa. Foram observadas diferenças durante as 24h do teste em que a biocerâmica teve um desempenho significativamente maior que o MTA porém após o termino do estudo às 96 horas não foi demonstrado valores significativamente diferentes.

Zhang et al. (2009a) avaliaram *in vitro* a eficácia antibacteriana de 7 diferentes cimentos endodônticos, AH Plus®, Apexit Plus®(cimento a base de hidróxido de cálcio), iRoot SP®, Tubli Seal®, Sealapex®, Epiphany SE® (cimento a base de vidro bioativo), e EndoREZ® contra o *Enterococcus faecalis*, a partir de um teste de contato direto modificado. Bactérias em suspensão foram expostas aos materiais por 2-60 minutos usando cimentos que foram recentemente misturados ou endurecidos por 1, 3 e 7 dias. Os valores de pH foram mensurados. Observou-se que o cimento iRoot SP® ainda fresco eliminou todas as bactérias em 2 minutos, o AH Plus® em 5 minutos, o EndoREZ® em 20 minutos, o Sealapex® e o Epiphany® em 60 minutos. Entretanto, o Apexit Plus® e o Tubli Seal® frescos não conseguiram matar todas as bactérias após 60 minutos. Para amostras de 1 dia e 3 dias após a manipulação, os cimentos iRoot SP® e EndoREZ® tiveram a maior atividade antibacteriana, seguido por Sealapex® e Epiphany®; Tubli Seal® e AH Plus® não mostraram qualquer atividade antibacteriana. De todas as amostras, o Apexit teve a menor atividade antimicrobiana. Verificou-se também que o pH do cimento iRoot® variou de 10,7 a 12, durante os tempos experimentais, enquanto o AH Plus apresentou pH entre 6,3 e 10,6. Os autores ainda relataram que o pH dos cimentos não poderia explicar sozinho o seu efeito antibacteriano. Diante dos resultados, os autores concluíram que os cimentos iRoot SP®, AH Plus®, e EndoREZ®, sem endurecimento, foram eficazes em eliminar *E. faecalis*. Os cimentos iRoot SP e EndoREZ® continuaram a ser eficazes durante 3 e 7 dias após a mistura, enquanto os cimentos Sealapex® e EndoREZ® eram os únicos com atividade antimicrobiana, mesmo em 7 dias após a mistura.



Zhang et al. (2009b) investigaram a capacidade seladora apical de um cimento endodôntico biocerâmico, o iRoot SP® Root Canal Sealer. Sessenta e oito dentes anteriores, humanos, unirradiculares foram usados para o estudo. A porção coronária de cada dente foi removida e os canais foram preparados com instrumentos ProTaper®. Os espécimes foram divididos em 3 grupos, no grupo A, os espécimes foram obturados com iRoot SP®, usando a técnica de condensação por onda contínua de calor. No Grupo B, os espécimes foram obturados com iRoot SP®, usando a técnica do cone único e, no grupo C, os espécimes foram obturados com AH Plus® pela técnica de condensação por onda contínua de calor. O selamento apical foi avaliado em 24 horas, 1, 4 e 8 semanas. Os resultados apresentados evidenciaram que não houve diferença estatística significativa entre os grupos experimentais em todos os períodos de observação ( $p > 0,05$ ). As imagens por microscopia eletrônica de varredura revelaram que as

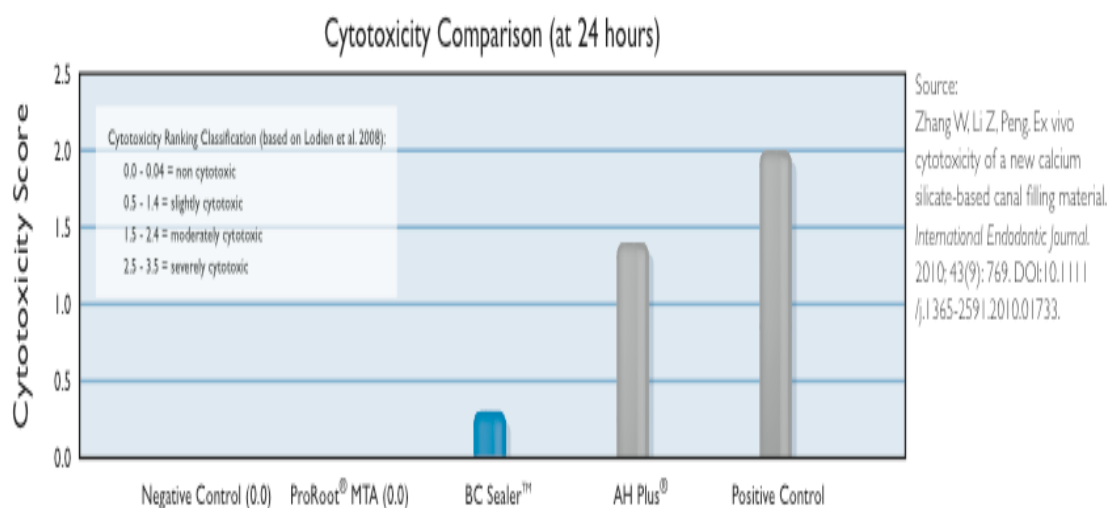
espécimes de todos os grupos apresentaram áreas com falhas e áreas sem falhas nas obturações. Dessa forma, os autores concluíram que o cimento biocerâmico iRoot SP® apresentou selamento apical semelhante ao selamento do cimento resinoso AH Plus®.

Damas et al. (2011) avaliaram o efeito citotóxico em fibroblastos dos cimentos Mineral Trióxido Agregado (MTA) branco, ProRoot® e MTA Angelus®, comparando com o cimento biocerâmico EndoSequence Root Repair®. As células foram cultivadas de acordo com as normas técnicas, sendo colocadas em contacto com os materiais experimentais. Após 24 horas, a citotoxicidade foi avaliada. Todos os materiais testados exibiram viabilidade celular de 91,8%, não sendo observada diferença estatística entre os materiais. Entretanto, houve uma diferença estatisticamente significativa associada com a viabilidade celular em associação ao EndoSequence Root Repair®. Assim, os autores concluíram que o cimento biocerâmico EndoSequence Root Repair® demonstrou similares níveis de citotoxicidade em relação aos cimentos de MTA testados.

Hansen et al. (2011) compararam in vitro o efeito do MTA branco e um material alternativo sem manipulação supostamente com propriedades melhoradas, EndoSequence Root Repair material®, através da medição do pH nos defeitos das superfícies radiculares simulando reabsorções após colocação dos materiais intracanalares. Dentes humanos, unirradiculares, extraídos (n=24), bilateralmente correspondentes, foram instrumentados e as cavidades nas superfícies radiculares foram preparados a 5 mm e 2 mm aquém do ápice. Os canais radiculares dos grupos experimentais (20) foram preenchidos com MTA branco ou com EndoSequence Root Repair material®, enquanto os dentes do grupo controle foram cheios com cálcio hidróxido de sódio (controle positivo) ou soro fisiológico (controle negativo). Os dentes foram selados coronariamente e apicalmente e imersos em solução salina. Os valores dos pHs nas cavidades da superfície da raiz foram medidos em 20 minutos, 3 horas, 24 horas, 1 semana, 2 semanas, 3 semanas e 4 semanas. Foi observado que os valores de pH a 5 mm, quando comparado com o nível de 2 mm foram significativamente mais elevados para os grupos MTA branco, EndoSequence Root Repair material® e o controle positivo. Em ambos os níveis de 2 e 5 mm, mudanças de pH significantes ocorreram ao longo do tempo quando o MTA branco e o EndoSequence Root Repair material® foram utilizados e não no grupo controle negativo. Não houve diferenças

entre o pH do MTA branco e do EndoSequence Root Repair® material em menos 20 minutos e 3 horas em ambos os níveis de análise ou em menos de 24 horas a 5 milímetros. O pH do grupo MTA branco foi maior do que o do grupo EndoSequence Root Repair material®, em 24 horas ao nível de 2 mm, 8,79 e 8,56, respectivamente e após 1 semana ao nível de 5 mm (8,91 e 8,05 respectivamente). Após esses períodos, o pH do grupo MTA branco sempre foi significativamente maior do que o do grupo em que foi utilizado o EndoSequence Root Repair material®. Concluiu-se que a colocação intra-canal de MTA branco em comparação com o EndoSequence Root Repair material® resultou em maiores valores de pH em defeitos simulados de reabsorções radiculares.

Zhang et al (2010) num estudo para avaliar a biocompatibilidade de um novo material de obturação canal, observou que o material iRoot SP® apresentava significativa toxicidade aquando da manipulação, mas quando avaliado após 24 horas, a citotoxicidade desaparecera. Comparado com AH Plus®, este apresentou-se bastante mais tóxico tanto na fase de espatulação como 24 horas após. Quanto ao MTA, verificou-se que este não apresentava toxicidade durante a manipulação nem 24 horas após. Concluiu-se então que o cimento selador AH Plus® é mais citotóxico que o MTA e o iRoot SP®, sendo que este apresenta uma toxicidade intermédia.



Em 2011, Mukhtar-Fayyad avaliou e comparou a citotoxicidade de 2 materiais biocerâmicos, o cimento reparador BioAggregate® e o cimento endodôntico iRoot, em culturas de fibroblastos humanos. Vinte e quatro discos (2 x 5 mm) de BioAggregate® e de iRoot SP® foram fabricados. Os discos foram imersos em meio de cultura celular a 37°C durante 5 dias, e os meios condicionados obtidos foram diluídos com meio Dulbecco Eagle Modificado, em 5 concentrações: puro (sem diluições) e nas diluições de 1/2, 1/10, 1/50 e 1/100. Fibroblastos humanos foram incubados com cada diluição do meio condicionado citada, durante 24 horas, 72 horas, 7 dias e, em seguida, a viabilidade celular foi avaliada. Foi observado uma diferença estatisticamente significativa entre os materiais experimentais e o grupo controle e entre os 2 materiais sem diluição, nas diluições 1/2 e 1/10 para os 3 períodos de incubação. Foi observado ainda que o efeito citotóxico dos dois materiais foi dependente da concentração. Foi concluído que ambos os materiais testados, BioAggregate® e iRoot SP®, mostraram biocompatibilidade aceitável.

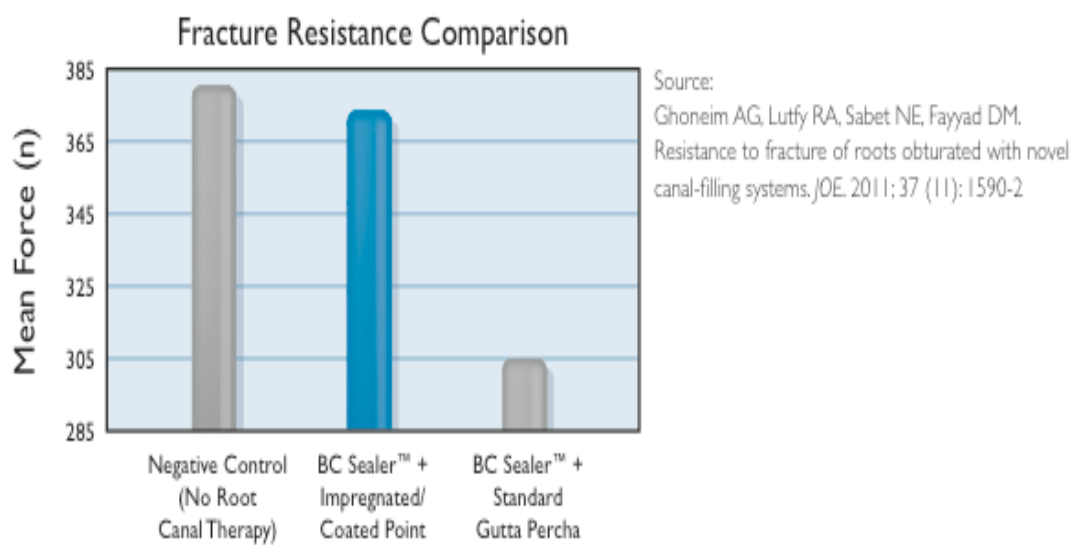
Em 2011, Loushine et al. avaliaram o tempo de presa e a microdureza de um cimento pré-misturado à base de silicato-fosfato de cálcio, o EndoSequence BC Sealer®, na presença de diferentes proporções de umidade. A melhor proporção de umidade encontrada, ou seja, que produziu melhor tempo de presa foi utilizada para avaliação da citotoxicidade do EndoSequence BC Sealer®, comparando-a com o cimento AH Plus®. A citotoxicidade foi avaliada por um período de 6 semanas. Os resultados da citotoxicidade foram observados. Os resultados evidenciaram que o Endosequence BC Sealer® necessitou pelo menos de 168 horas para apresentar o tempo de presa final, usando o teste com a agulha de Gilmore e a sua microdureza diminuiu significativamente quando a água foi adicionada ao cimento. Todos os cimentos exibiram severa citotoxicidade em 24 horas de análise. Entretanto, a citotoxicidade do AH Plus® diminuiu gradativamente e se tornou não-tóxico, enquanto o BC Sealer Endosequence® permaneceu moderadamente citotóxico até o período final de análise (6 semanas). Os autores relataram que estudos adicionais devem ser conduzidos, a fim de avaliar a correlação entre o tempo de presa do cimento BC Sealer Endosequence® e seu grau de citotoxicidade.

Shokouhinejad et al. (2011) compararam a resistência de união de um novo cimento biocerâmico (EndoSequence BC Sealer®) à do AH Plus® na presença ou na ausência de smear layer. Dentes humanos unirradiculares extraídos foram preparados e divididos aleatoriamente em quatro grupos. Nos grupos 1 e 3, os canais radiculares foram irrigados com NaOCl a 5,25% e a camada de smear layer não foi removida, mas nos grupos 2 e 4, os canais radiculares foram irrigados com NaOCl 5,25%, seguido de EDTA 17%, a fim de remover a camada de smear layer. Nos grupos 1 e 2, os canais radiculares foram obturados com guta-percha/AH Plus®, mas nos grupos 3 e 4, a obturação foi realizada com guta-percha/EndoSequence BC Sealer®. A resistência de união e modos de falha foram avaliados. Foi observado que não houve diferença estatisticamente significativa entre a resistência de união da guta-percha/AH Plus® e guta-percha/EndoSequence BC Sealer®. A presença ou ausência de camada de esfregaço não afetou significativamente a resistência de união de materiais obturadores. O modo de falha de ligação mais frequente foi principalmente coesiva para todos os grupos. Em conclusão, a resistência de união entre o cimento biocerâmico foi igual ao do AH Plus® com ou sem a camada de smear layer.

Em 2013, Shokouhinejad et al., efectuaram um estudo onde o propósito foi comparar os diferentes protocolos de irrigação para a remoção da smear layer e a capacidade de adesão de um cimento biocerâmico (EndoSequence BC Sealer®) às paredes dentinárias. Para tal foram utilizados o terço médio de quarenta e quatro dentes humanos, que foram seccionados horizontalmente obtendo-se 128 discos dentinários. Depois da instrumentação dos canais de forma standard, os discos dentinários foram imersos em 5.25% NaOCl por 20 min. Os espécimes foram distribuídos de forma randomizada em 4 grupos, de acordo com o tratamento dentinário. Grupo 1, 17% EDTA (1min); grupo 2, 17% EDTA (1min) + 5.25% NaOCl (5min); grupo 3, 17% EDTA (1min) + 2% clorhexidina (CHX) (5min); e o grupo 4, 17% EDTA (1min) + solução salina (5min). Após o tratamento os espécimes foram avaliados. Verificou-se que não existe uma diferença significativa entre a capacidade de adesão à dentina entre os grupos. Concluiu-se então que a aplicação apenas de 17 % de EDTA, ou seguido de 5.25% de NaOCl, 2% de CHX ou solução salina, resultou numa similar força de adesão as paredes dentinárias do cimento biocerâmico EndoSequence BC.

Ulusoy et al. (2011) compararam os efeitos de diferentes cimentos endodônticos na resistência à fratura de dentes imaturos. Cento e oito raízes foram divididas aleatoriamente em 9 grupos. As raízes foram instrumentadas com exceção das raízes do grupo controle negativo. Quatro milímetros de Trióxido Mineral Agregado (MTA) foram colocadas no ápice, como sendo uma barreira apical. As raízes foram obturadas da seguinte forma: grupo 1, AH Plus + gutta-percha, grupo 2, EndoREZ® + gutta-percha®, grupo 3, EndoREZ® + Resilon®, grupo 4, Hybrid Root SEAL® + gutta-percha, grupo 5, Hybrid Root SEAL® + Resilon®; grupo 6, iRootSP® + gutta-percha, grupo 7, iRootSP® + Resilon®; grupo 8, sem obturação, apenas a barreira com MTA; grupo 9, sem instrumentação e sem nenhuma obturação. A carga de compressão foi aplicada a uma velocidade de 1 mm / min. Os resultados revelaram que o grupo 5 apresentou a maior resistência à fratura. Os valores de resistência à fratura do grupo 3 foram menores do que aqueles dos outros grupos experimentais. Diante disso, os autores concluíram que os cimentos Hybrid Root SEAL®(cimento a base de 4-metacriloxi-etil anidrido trimelítico) e iRootSP® reforçaram as raízes simuladas de dentes imaturos contra fratura quando usado com gutta-percha ou Resilon.

Também em 2011, Ghoneim AG et al., elaborou um estudo onde visava comparar a resistência à fratura de raízes obturadas com diversos cimentos seladores contemporâneos. Para tal utilizou cinquenta pré-molares mandibulares extraídos. Dez destes não foram preparados nem obturados, os restantes quarenta, foram instrumentados e obturados. Foram criados 4 grupos. No grupo 1 foi usado iRoot SP sealer + ActiV GP cone( cones únicos de gutta-percha com componente biocerâmica), no grupo 2 foi utilizado iRoot SP sealer + gutta-percha, no grupo 3 introduziu-se Activ GP sealer + ActiV GP cone e no grupo 4 foi usado ActiV GP sealer + gutta-percha. Todos os grupos foram obturados com técnica de cone único. Todas as raízes foram encubadas em acrílico para ser testada a resistência á fratura. Após análise dos resultados, podemos concluir que o cimento selador iRoot SP é promissor em termos de aumentar a resistência à fratura dos dentes com Tratamento Endodôntico.



Zoufan et al. (2011) avaliaram a citotoxicidade dos cimentos endodônticos GuttaFlow® (que apresenta gutta-percha na forma de partículas inferiores a 30 µm e o cimento composto por polidimetilsiloxano) e EndoSequence BC Sealer® e compará-las com os cimentos AH Plus® e Tubli-Seal (na forma de pasta de óxido de zinco e eugenol). A citotoxicidade dos cimentos foi avaliada antes e após a reação de presa de cada material. Foi observado que para os cimentos frescos ainda, a viabilidade celular do AH Plus foi menor do que os demais cimentos. Após a ocorrência de presa, o cimento Tubli-Seal apresentou menor viabilidade celular do que os cimentos GuttaFlow® e EndoSequence BC Sealer®. Não foi observada nenhuma diferença significativa entre os cimentos GuttaFlow® e EndoSequence BC Sealer®, tanto na presença ou ausência de presa. Os autores concluíram que os cimentos GuttaFlow® e EndoSequence BC Sealer® tiveram menor citotoxicidade do que os cimentos AH Plus® e Tubli-Seal®. Os autores relataram ainda que o cimento EndoSequence BC Sealer® não tomou presa quando deixado sobre uma superfície a temperatura ambiente por até 2 meses, ao passo que nos demais cimentos, a presa ocorreu até 24 horas.

Loushine et al., (2011) investigaram o tempo de presa e microdureza de um cimento à base de silicato de fosfato de cálcio pré-misturados na presença de diferentes valores de humidade. O teor de humidade, que produziu as propriedades de configuração ideais foi usado para preparar e definir Endosequence BC Sealer® para um teste de citotoxicidade

em comparação com AH Plus®, e eles concluíram que a citotoxicidade do AH Plus® gradualmente diminuiu e tornou-se não citotóxico, enquanto BC Sealer® permaneceu moderadamente citotóxico durante um período de 6 semanas. Assim, demonstra que o selador biocerâmico é não tóxico, mas sim biocompatível.

Deyan et al., (2009) descobriram que quando os cimentos à base de biocerâmica BioAggregate® ou iRoot SP® são extravasados para a região periapical, a dor é relativamente pequena ou totalmente ausente. Essa ausência de dor pode ser explicada com base nas características únicas destes novos materiais. Durante o endurecimento, ocorre uma estimulação da produção de hidroxiapatite e após o término do processo de endurecimento. Estes materiais apresentam as mesmas características de biocerâmicas à base de hidroxiapatita não-reabsorvíveis utilizados para substituição óssea em cirurgia oral. Devido à hidroxiapatite formada, eles também são osteocondutores. A expansão da BioAggregate® e iRoot SP® e iRoot BP® é significativa (0,20%). Estes novos materiais biocerâmicos também formam ligações químicas com paredes de dentina do canal radicular. É por isso que nenhum espaço é deixado entre as paredes de dentina.

Shokouhinejad et al., (2014) comparou o efeito de um ambiente ácido na resistência e força de uma biocerâmica e o MTA. Para este estudo foram selecionados 120 dentes dos quais foram instrumentados, obturados e divididos em 6 grupos de 20 dentes cada. O grupo 1 e 2 foi obturado com ProRoot MTA®, o grupo 3 e 4 foram obturados com biocerâmicas em putty e por fim o grupo 5 e 6 foram obturados com cimento biocerâmico. Espécimes do grupo 1, 3, e 5 foram expostas a uma solução salina de pH=7.4 e os grupos 2, 4, 6 foi exposto a um ácido butírico de pH=4.4. As espécimes foram incubadas durante 4 dias a 37° C. Para a análise de resistência e força foram realizados testes mecânicos universais e microscopia. Os espécimes expostos ao primeiro teste não demonstraram diferenças significativas dos materiais. Os espécimes expostos ao segundo teste demonstraram que o MTA e as biocerâmicas diminuíram a sua força compressiva em ambiente ácido. Foi concluído que ambientes cujo o pH apresente valores de 4 influencia significativamente a força compressiva dos materiais.

## **vi. Desvantagens das Biocerâmicas**

Borges et al., (2012) descobriu que algumas biocerâmicas têm uma porosidade aumentada no interior da sua superfície, após o ensaio de solubilidade, possibilitando assim a penetração da água ao longo do tempo. Além disso apresentam elevada libertação de íons de cálcio e de solubilidade em comparação ao MTA. Embora haja uma similaridade encontrada entre as biocerâmicas e o MTA as primeiras devido á sua porosidade, podem não ser não eficazes na interação celular existente na reparação celular periapical.

O cimento biocerâmicos apresenta alta fluidez o que pode aumentar a possibilidade de haver um extravasamento do material para a região periapical. Embora o cimento biocerâmico tenha demonstrado baixa citotoxicidade devem ser tomados cuidados durante a obturação endodôntica para se evitar uma sobre-obturação (Loushine et al. 2011).

Hess et al. (2011) observaram que limas endodônticas foram ineficazes em penetrar e remover completamente o cimento Endosequence BC Sealer, devido principalmente a sua grande dureza após a reação de presa. Entretanto, descreveram que em alguns casos o cimento pôde ser removido convencionalmente. No entanto, os autores enfatizam que as técnicas convencionais de retratamento podem falhar.

## **vii. Futuro das Biocerâmicas**

As biocerâmicas estão a abrir novos horizontes não só na Endodontia mas também em outras áreas da Medicina Dentária. Presentemente está a ser criado um cimento biocerâmico com propriedades reparadoras com tempo de presa mais rápido de 8 a 10 minutos, bem como um putty especialmente criado para uso pediátrico. Está também a ser desenvolvido um cimento para prótese fixa , entre outras funcionalidades que ainda estão a ser estudadas. (Koch et al., 2012)

### III. CONCLUSÃO

O Tratamento Endodôntico baseia-se na limpeza, conformação e obturação tridimensional do sistema de canais radiculares. A obturação endodôntica apresenta-se como um grande desafio, principalmente relacionado à adesão do material obturador às paredes dentinárias. A falha no selamento apical e lateral pode permitir o acesso de microrganismos, resultando numa possível falha no tratamento.

Os cimentos endodônticos são essenciais para permitir um adequado selamento do material obturador às paredes do canal.

Diversos tipos de cimentos endodônticos já foram idealizados e produzidos, sendo o cimento à base de resina epóxica, AH Plus, considerado atualmente o mais utilizado principalmente devido às propriedades físico-químicas que apresenta..

Entretanto, este cimento não apresenta adequadas propriedades biológicas, principalmente relacionadas à citotoxicidade.

Outros materiais foram pesquisados com o objetivo de produzir um cimento que possua todas as qualidades exigidas.

O MTA tem como principal aplicação a obturação retrógrada na cirurgia endodôntica e reparação radicular, mas foi também verificada a sua utilidade como cimento selador e em recobrimento pulpar direto. Contudo, apresenta difícil manuseamento e difícil aplicação.

Recentemente, foi descoberto que alguns materiais à base de silicatos, conhecidos como biocerâmicas, são capazes de induzir a formação de hidroxiapatite quando em contato com água, fenómeno chamado de bioatividade. Dessa forma, estas substâncias foram introduzidas no quotidiano da prática médica e odontológica, principalmente devido a sua alta biocompatibilidade e elevada atividade antibacteriana.

Na Endodontia, os materiais biocerâmicos apresentam aplicação mais comum como cimento reparador e selador, sendo de fácil manipulação e aplicação, podendo também ser utilizado como cimento selador.

Com base nos resultados obtidos dos diversos estudos efetuados, pode-se concluir que as biocerâmicas apresentam boas propriedades de trabalho, tempo de presa mais curto e ajustado, pH alcalino e capacidade de liberação de íons de cálcio, biocompatibilidade, adequado selamento e atividade antibacteriana,.

Apesar dos estudos efectuados sobre as biocerâmicas como cimentos seladores em Endodontia, mais estudos comparativos são necessários, para determinar propriedades químicas e físicas comparativamente com outros materiais.

#### IV. BIBLIOGRAFIA

Aitasalo K, Kinnunen I, Palmgren J, Varpula M. (2001). *Repair of orbital floor fractures with bioactive glass implants*. J Oral Maxillofac Surg;59(12):1390-1395.

Asgary S, Parirokh M, Eghbal MJ, Brink F. (2005). *Chemical differences between white and gray mineral trioxide aggregate*. J Endod. Feb;31(2):101-3.

Azimi S, Fazlyab M, Sadri D, Saghiri MA, Khosravanifard B, Asgary S. (2013). *Comparison of pulp response to mineral trioxide aggregate and a bioceramic paste in partial pulpotomy of sound human premolars: a randomized controlled trial*. Int Endod J. Dec 11.

Beatrice, L.C.S. et al. (2009). *Materiais retrobturadores utilizados na cirurgia paraendodôntica*. Odontologia. Clín. -Científic., Recife, 8 (4) 309-313, out./ dez.,

Bishop, D., et alii. (2008). *Effect of Dynamic Loading on the Integrity of the Interface between Root Canal and Obturation Materials*. Journal of Endodontics, 34(4), pp. 470-473.

Borges RP, Sousa-Neto MD, Versiani MA, Rached-Junior FA, De-Deus G, Miranda CE, et al. (2012). *Changes in the surface of four calcium silicate-containing endodontic materials and an epoxy resin-based sealer after a solubility test*. Int Endod J.;45(5):419-28.

Bogen G, Kuttler S.Baek. (2009). *Mineral trioxide aggregate obturation: a review and case series*. J Endod. Jun;35(6):777-90

Bogen G, Kim JS, Bakland LK. (2008). *Direct pulp capping with mineral trioxide aggregate: an observational study*. J Am Dent Assoc. Mar;139(3):305-15; quiz 305-15.

Bin CV, Valera MC, Camargo SE, Rabelo SB, Silva GO, Balducci I, Camargo CH. (2012). *Cytotoxicity and genotoxicity of root canal sealers based on mineral trioxide aggregate*. J Endod. Apr;38(4):495-500.

- Castelluci, A., West, J. (2005). *Endodontics*. Florença, Il Tridente.
- Camões, I., *et alii*. (2007). *Comparative Study Between Two Root Canal Filling Techniques: Lateral Condensation X Tagger's Hybrid Technique*. Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada, 7(3), pp. 217-222.
- Cohen S, Hargreaves KM. (2007). *Pathways of the pulp*. 9th ed. St. Louis: Mosby.
- Camilleri J, Montesin FE, Di Silvio L, Pitt Ford TR. (2005). *The chemical constitution and biocompatibility of accelerated portland cement for endodontic use*. Int Endod J. 38: 834-42.
- Candeiro GT, Correia FC, Duarte MA, Ribeiro-Siqueira DC, Gavini G. (2012). *Evaluation of radiopacity, pH, release of calcium ions, and flow of a bioceramic root canal sealer*. J Endod. Jun;38(6):842-5.
- Camilleri J, Pitt Ford TR. (2006). *Mineral trioxide aggregate: a review of the constituents and biological properties of the material*. Int Endod J. 39:747-54.
- Dammaschke, T. (2001). *Direkte Überkappung der Pulpa mit einem neuen bioaktiven Zement*. Quintessenz, 62(11)
- De-Deus G, Canabarro A, Alves G, Linhares A, Senne MI, Granjeiro JM. (2009). *Optimal cytocompatibility of a bioceramic nanoparticulate cement in primary human mesenchymal cells*. J Endod. Oct;35(10):1387-90.
- Damas BA, Wheeler MA, Bringas JS, Hoen MM. (2011). *Cytotoxicity comparison of mineral trioxide aggregates and EndoSequence bioceramic root repair materials*. J Endod. 37:372-5.
- Duarte MAH, Demarchi AC, Yamashita JC, Kuga MC, Fraga SC. (2003). *pH and calcium ion release of 2 root-end filling materials*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 95(3): 345-374.

De-Deus, G., *et alii.* (2007). *Comparison of the percentage of gutta-percha-filled area obtained by Thermafil and System B.* Australian Society of Endodontology. 33, pp. 55-61.

Epley, S., *et alii.* (2006). *Completeness of Root Canal Obturations: Epiphany Techniques versus Gutta-percha Techniques.* Journal of Endodontics, 32(6), pp. 541-544.

Fridland M and Rosado R. (2003). *Mineral trioxide aggregate (MTA) solubility and porosity with different water-to-powder ratios.* J Endod, 29:814-817.

Firla, M.(2011). *Pulpaüberkappung mit bioaktivem Zement.* Deutscher Arzte Verlag. Dental Magazine. 29(6);542

Glickman N. G; Koch A. K. (2000). *21ST – Century Endodontics.* Jada June 131 (suppl 1): 39S-46S.

Ghoneim AG, Lutfy RA, Sabet NE, *et al.* (2011). *Resistance to fracture of roots obturated with novel canal-filling systems.* J Endod. 37:1590-1592.

Gandolfi MG, Siboni F and Prati C. (2012). *Chemical-physical properties of TheraCal, a novel light-curable MTA-like material for pulp capping.* Int Endod J, 45:571- 579.

Gandolfi MG, Taddei P, Tinti A and Prati C. (2010). *Apatite-forming ability of ProRoot MTA.* Int Endod J, 43:917-929.

Gandolfi MG, Iacono F, Agee K, Siboni F, Tay F, Pashley DH and Prati C. (2009). *Setting time and expansion in different soaking media of experimental accelerated calcium-silicate cements and ProRoot MTA.* Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 108:39-45.

Gencoglu, N., *et alii.* (2008). *Effectiveness of different gutta-percha techniques when filling experimental internal resorptive cavities.* International Endodontic Journal, 41, pp. 836-842.

Gilhooly, R., *et alii.* (2000). *Comparison of cold lateral condensation and a warm multiphase gutta-percha technique for obturating curved root canals.* International Endodontic Journal, 33, pp. 415-420.

Gonçalves de Faria, J. *et al.* (2006). *Cirurgia Paraendodôntica utilizando o MTA como material retrobturador.* Rev. Cir. Traumatol. Buço-Maxilo-Fac., Camaragibe v.6, n.4, p.57-64, Outubro/Dezembro.

Gandolfi MG and Prati C. (2010). *MTA and F-doped MTA cements used as sealers with warm gutta-percha. Long-term sealing ability study.* Int Endod J, 43:889-901.

Gandolfi MG, Iacono F, Pirani C and Prati C. (2012). *The use of calcium-silicate cements to reduce dentin permeability.* Archives of Oral Biology, in press.

Hatch GW, Roberts S, Joyce AP, Runner R, McPherson JC 3<sup>rd</sup> (2008). *Comparative study of the variability of 0.06 tapered rotary endodontic files to current taper standards.* J Endod. Apr;34(4):463-5. doi: 10.1016/j.joen.2008.01.003. Epub 2008 Feb 15.

Hench LL. (2006). *The story of bioglass.* J Mater Sci: Mater Med. 17:967–978.

Hansen SW, Marshall JG, Sedgley CM. (2011). *Comparison of Intracanal EndoSequence Root Repair Material and ProRoot MTA to Induce pH Changes in Simulated Root Resorption Defects over 4 Weeks in Matched Pairs of Human Teeth.* J Endod. 37:502–506.

Hess D, Solomon E, Spears R, He J. (2011). *Retreatability of a bioceramic root canal sealing material.* J Endod. Nov;37(11):1547-9.

Holland, R.; Souza, V.; Mérita Delgado, R.T.; Murata, S.S. (2002). *Agregado de Trióxido Mineral (MTA): Composição, mecanismo de ação, comportamento biológico e emprego clínico*. Rev. Ciências Odont., v. 5, n. 5.

Holland R, Souza V, Nery MJ, Faraco Junior IM, Bernabé PF, Otoboni Filho JA, et. al. (2001). *Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tube filled with mineral trioxide aggregate, Portland cement or calcium hydroxide*. Braz Dent J. 12(1): 3-8.

Johnson BR, Witherspoon DE. (2006). *Pathways of the pulp*. 9th ed. Mosby Publications.

Koch KA, Brave DG, Nasseh AA. (2010). *Bioceramic technology: closing the endo-restorative circle, Part I*. Dent Today. Feb;29(2):100-5.

Koch KA, Brave GD, Nasseh AA. (2010). *Bioceramic technology : closing the endo-restorative circle, part 2*. Dent Today. Mar;29(3):98, 100, 102-5.

Koch KA, Brave DG. (2012). *Bioceramics, part I: the clinician's viewpoint*. Dent Today. Jan;31(1):130-5

Koch KA, Brave DG. (2012). *Bioceramics, Part II: The clinician's viewpoint*. Dent Today. Feb;31(2):118, 120, 122-5

Kim S, Kratchman S. (2006). *Modern endodontic surgery concepts and practice: a review*. J Endod. Jul;32(7):601-23. Epub 2006 May 6.

Kossev D, Stefanov V. (2009). *Ceramics-based sealers as new alternative to currently used endodontic sealers. research ceramics-based sealers*. 1:42-48.

Koch K, Brave D. (2009). *Bioceramic technology: the game changer in endodontics*. Endod Pract. 2:17–21.

Keiser K, Johnson CC, Tipton DA. (2000). *Cytotoxicity of mineral trioxide aggregate using human periodontal ligament fibroblasts*. J Endod. 26(5): 288-91.

Karabucak, B., *et alii*. (2008). *The Comparison of Gutta-Percha and Resilon Penetration into Lateral Canals with Different Thermoplastic Delivery Systems*. Journal of Endodontics, 34(7), pp. 847-849.

Lima, M., *et alii*. (2004). *Avaluation of Three Obturations Techniques in Endodontics*. Revista Gaúcha de Odontologia, 52(1), pp. 13-18.

Lovato KF, Sedgley CM (2011). *Antibacterial activity of endosequence root repair material and proroot MTA against clinical isolates of Enterococcus faecalis*. J Endod. Nov;37(11):1542-6.

Mann, V., *et alii*. (2007) *Outcome of primary root canal treatment: systematic review of literature – Part 2. Influence of clinical factors*. International Endodontics Journal.

Mukhtar-Fayyad D. (2011) *Cytocompatibility of new bioceramic-based materials on human fibroblast cells (MRC-5)*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.112(6):137-42.

Modareszadeh MR, Di Fiore PM, Tipton DA, Salamat N. (2012) *Cytotoxicity and alkaline phosphatase activity evaluation of endosequence root repair material*. J Endod. Aug;38(8):1101-5.

MG Gandolfi, F Siboni, C Prati. (2012) *Chemical–physical properties of TheraCal, a novel light-curable MTA-like material for pulp capping*. International endodontic journal.

Miner MR, Berzins DW, Bahcall JK. (2006) *A comparison of thermal properties between gutta-percha and a synthetic polymer based root canal filling material (Resilon)*. J Endod. 32: 683-6.

Menezes R, Bramante CM, Garcia RB, Letra A, Carvalho VG, Carneiro E, Brunini S, Oliveira RC, Canova GC, Moraes FG. (2004) *Microscopic analysis of dog dental pulp after pulpotomy and pulp protection with mineral trioxide aggregate and white Portland cement*. J Appl Oral Sci. Jun;12(2):104-7

Malhotra S, Hegde M, Shetty C. (2014) *Bioceramic technology in endodontics*. British Journal of Medicine & Medical Research 4(12): 2446-2454,

Nagas E, Uyanik MO, Eymirli A, Cehreli ZC, Vallittu PK, Lassila LV, Durmaz V. (2012) *Dentin moisture conditions affect the adhesion of root canal sealers*. J Endod. 38(2):240-4.

Nasseh A., (2009). *Clinical Applications of Bioceramics in Endodontics*. Endo Practice. Aug;21-25.

Ulisses Xavier da Silva Neto; Ivaldo Gomes de Moraes. (2003) *Sealing capacity produced by some materials when utilized under furcation perforations of extract human molars*. J. Appl. Oral Sci. vol.11 no.1 Bauru Jan./Mar.

Palma V. (2010). Instituto de Odontologia Integrada [em Linha]. Disponível em <<http://www.odontologiamt.com.br>> [Consultado em 28.06.2014]

Parirokh M and Torabinejad M. (2010) *Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—part III: clinical applications, drawbacks and mechanism of action*. J Endod, 36:400-413.

Parirokh M, Torabinejad M. (2010) *Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review--Part I: chemical, physical, and antibacterial properties*. J Endod. Jan;36(1):16-27.

Roberts G, Homer KA, Tarelli E, Philpott-Howard J, Devriese LA, Beighton D. (2001) *Distribution of endo-beta-N-acetylglucosaminidase amongst enterococci*. J Med Microbiol. Jul;50(7):620-6.

Roberts HW, Toth JM, Berzins DW, Charlton DG. (2008) *Mineral trioxide aggregate material use in endodontic treatment: A review of the literature*. *Dent Mater*. 24:149–164

Soares, I., Goldberg, F. (2001). *Endodontia técnica e Fundamentos*. São Paulo, Artmed Editora.

Siqueira, J., Lopes, H. (2004). *Endodontia Biologia e Técnica*. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan.

Schilder, H. (2006). *Filling Root Canals in Three Dimensions*. *Journal of Endodontics*, 32(4), pp. 281-290.

Shokouhinejad N, Hoseini A, Gorjestani H, Shamshiri AR. (2013) *The effect of different irrigation protocols for smear layer removal on bond strength of a new bioceramic sealer*. *Iran Endod J*. 2013 Winter;8(1):10-3. Epub Jan 20.

Shokouhinejad N, Gorjestani H, Nasseh AA, Hoseini A, Mohammadi M, Shamshiri AR. (2011) *Push-out bond strength of gutta-percha with a new bioceramic sealer in the presence or absence of smear layer*. *Aust Endod J*.

Shokouhinejad N, Nekoofar MH, Ashoftehyazdi K, Zahraee S, Khoshkounejad M. (2014) *Marginal adaptation of new bioceramic materials and mineral trioxide aggregate: scanning electron microscopy study*. *Iran Endod J*. Spring;9(2):144-8.

Saghiri MA, Lotfi M, Saghiri AM, Vosoughhosseini S, Fatemi A, Shiezhadeh V, Ranjkesh B. (2008). *Effect of pH on sealing ability of white mineral trioxide aggregate as a root-end filling material*. *J Endod*. 2008 Oct;34(10):1226-9.

Suneelkumar C, Datta K, Srinivasan MR, Kumar ST. (2008). *Biphasic calcium phosphate in periapical surgery*. *J Conserv Dent*. 2008 Apr;11(2):92-6.

Tsumita M, Kokubo Y, Vult von Steyern P, Fukushima S. (2008) *Effect of*

*framework shape on the fracture strength of implant-supported all-ceramic fixed partial dentures in the molar region. J Prosthodont. Jun;17(4):274-85.*

Tomson PL, Grover LM, Lumley PJ, Sloan AJ, Smith AJ, Cooper PR. *Dissolution of bio-active dentine matrix components by mineral trioxide aggregate. (2007) J Dent. Aug;35(8):636-42.*

Tobón-Arroyave SI, Restrepo-Pérez MM, Arismendi-Echavarría JA, Velásquez-Restrepo Z, Marín-Botero ML, García-Dorado EC. (2007) *Ex vivo microscopic assessment of factors affecting the quality of apical seal created by root-end fillings. Int Endod J. 40(8): 590-602.*

Torabinejad M and Parirokh M. (2010) *Mineral trioxide aggregate: a comprehensive literature review—part II: leakage and biocompatibility investigations. J Endod, 36:190-202.*

Ulusoy OIA, Nayir Y, Darendeliler-Yaman S. (2011) *Effect of different root canal sealers on fracture strength of simulated immature roots. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 112(4):544-7.*

Yasuda Y, Ogawa M, Arakawa T, Kadowaki T, Saito T. (2008) *The effect of mineral trioxide aggregate on the mineralization ability of rat dental pulp cells: an in vitro study. J Endod. Sep;34(9):1057-60.*

Yang Q, Troczynski T, Liu D. (2002) *Influence of apatite seeds on the synthesis of calcium phosphate cement. Biomat. 23:2751–60.*

Willershausen I, Wolf T, Kasaj A, Weyer V, Willershausen B, Marroquin BB. (2013) *Influence of a bioceramic root end material and mineral trioxide aggregates on fibroblasts and osteoblasts. Arch Oral Biol. Sep;58(9):1232-7*

Zang H, Shen Y, Ruse ND, Haapasalo M. (2009) *Antibacterial activity of endodontic sealers by modified direct contact test against Enterococcus faecalis. J Endod. 35(7):1051-5.*

Zhang W, Li Z, Peng B. (2009) *Assessment of a new root canal sealer's apical sealing ability*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 107:e79–82.

Zoufan K, Jiang J, Komabayashi T, Wang Y, Safavi KE, Zhu Q.(2011) *Cytotoxicity evaluation of Gutta Flow and Endo Sequence BC sealers*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2011;112:657–61.