

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**

**MESTRADO EM ODONTOLOGIA**

**EMILIA CARMEM SILVA FRANÇA**

**AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DA RESPOSTA  
TECIDUAL FRENTE À IMPLANTAÇÃO DO ProRooT®,  
SUPER EBA E CIMENTO PORTLAND, EM TECIDO  
SUBCUTÂNEO DE RATOS.**

**RECIFE**

**2003**

**EMÍLIA CARMEM SILVA FRANÇA**

**AVALIAÇÃO MORFOLÓGICA DA RESPOSTA  
TECIDUAL FRENTE À IMPLANTAÇÃO DO ProRooT®,  
SUPER EBA E CIMENTO PORTLAND, EM TECIDO  
SUBCUTÂNEO DE RATOS**

Dissertação apresentada à  
Coordenação da Pós-graduação de  
Odontologia do CCS/UFPE para  
obtenção do título de Mestre em  
Odontologia na área de concentração  
em Clínica Integrada

Orientador: Prof. Dr. Edir Carneiro  
Leão

Co-orientador: Prof. Dr. Geraldo  
Bosco Lindoso Couto

**RECIFE**

**2003**

**Presidente – Prof. Dr. Carlos Menezes Aguiar**

**1º Examinador – Prof. Dr. Alexandre Batista Lopes do  
Nascimento.**

**2º Examinador – Profª. Drª. Liriane Baratella Evêncio**

“Feliz o homem que se compraz na Lei do Senhor  
e a recita dia e noite.

Ele é como árvore plantada junto a regatos:

produz fruto na estação devida

e sua folhagem não murcha;

ele tem êxito em tudo o que faz”

Sl 1,1-3

*DEDICATÓRIA*

*Ao meu marido,*

*Andrey Sousa, meu companheiro de mais esta conquista, por  
sua compreensão e incentivo. Você me faz crescer. Amo você.*

*Ao meu filho,*

*Andrey Fillipe, por ter-me acompanhado durante quase todo o  
mestrado, por ter dado um sentido novo e maravilhoso à minha vida. Só*

*faltava você.*

*A Papai e a Mamãe,*

*Inácio e Margarida*

*pelo apoio incondicional*

*desde sempre.*

## *A Deus*

*És o Senhor de todas as coisas,  
mas que nos deixas chamar-te de Pai  
e nos tratas como a filhos muito amados.*

*Agradeço por poder sentir teu amor,  
teu cuidado e direcionamento  
durante esta fase de minha vida.*

*Assim como sempre senti.*

*Obrigada por mais esse sinal de Teu amor  
e de Tua presença em minha vida.*

*Porque tudo é Teu e  
“Tu dás aos teus amados até durante o sono”.*

*Sl 126, 2.*



*AGRADECIMENTOS*

Ao Orientador,

Prof. Dr. Edir Carneiro Leão, por dividir comigo seu tempo e seus conhecimentos, por seu exemplo de vida, sua paciência e por todos seus incentivos, que me ajudaram a seguir em frente. Hoje compartilhamos desta conquista. Serei sempre grata.

Ao Co-orientador

Prof. Dr. Geraldo Bosco, por toda dedicação, interesse e apoio. Sua exigência fez tudo caminhar dentro dos padrões. Seu envolvimento no trabalho me deu a certeza de poder contar com você. Obrigada.

À Profa. Dra. Liriane Baratella Evêncio, pela dedicação na leitura das lâminas e pelo interesse nos resultados desse trabalho, por ter compartilhado seus conhecimentos valiosos conosco.

Aos funcionários da Pós-graduação em Odontologia da UFPE, nas pessoas de Roberta Guerra e Oziclere Araújo, pela dedicação ao bom andamento do curso.

A todos os professores ministradores das aulas do curso de Mestrado, pela disponibilidade na transmissão dos seus conhecimentos.

À colega Dra. Anamaria Pessoa Pereira Leite pela preciosa ajuda na obtenção dos materiais para realização desta pesquisa, por sua generosidade em dividir seu tempo e seus conhecimentos.

À Profa. Dra. Márcia Vasconcelos pela participação durante a realização da fase cirúrgica-experimental da pesquisa, por ter-me dado direcionamentos e ajudado a abrir portas.

À Profa. Dra. Isaíras Padovan, por ter permitido o uso do Laboratório de Histologia para preparo das peças e lâminas para análise.

À Fátima Nascimento, funcionária do Laboratório de Histologia da UFPE, pela paciência em ensinar as técnicas de preparo histológico.

À colega Daniela Marinho, por dividir comigo todos os passos realizados na parte experimental de nossas teses, foi bom aprendermos juntas.

Ao Setor de Nutrição da UFPE, na pessoa da Profa. Tânia Stamford, pela disponibilização do biotério e dos animais, fatores indispensáveis à realização desta pesquisa.

À Profa. Belmira Andrade Costa, presidente da Comissão de Ética na Pesquisa com Animais, por todas as suas orientações para melhor andamento da pesquisa.

Aos colegas de turma: William, Ana Cláudia, Rosany, Artur, Daniel, Valder, Martinho, Rodolfo, Leonardo, Cristiane e Taciana, pela partilha e incentivo que se fizeram presentes nestes anos de convívio.

Aos Prof. Márcia Melo e José Batista, por despertar um jeito novo e questionador de aprender e ensinar, durante a disciplina de Didática do Ensino Superior.

À Suzana Araújo e família, pela acolhida, nas inúmeras vezes em que precisei ficar em Recife, pelo carinho e cuidados a mim dispensados. Sem vocês tudo teria sido bem mais difícil.

A todos os que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta dissertação.



# *SUMÁRIO*

# SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	13
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	16
RESUMO	17
ABSTRACT	19
1. INTRODUÇÃO	21
2. REVISÃO DA LITERATURA	27
2.1. Avaliação da capacidade seladora dos materiais	28
2.2. Avaliação da resposta tecidual frente ao MTA, Super EBA e cimento Portland	39
2.3. Análise da citotoxicidade de materiais endodônticos	53
2.4. Avaliação da atividade antibacteriana	56
2.5. Características e propriedades do MTA, Super EBA e cimento Portland	58
2.6. Reparação tecidual	71
3. PROPOSIÇÃO	76
4. MATERIAIS E MÉTODO	78
4.1. Materiais	79
4.1.1. ProRoot®	79
4.1.2. Cimento Portland	80
4.1.3. Super EBA	80
4.2. Método	80
4.2.1. Amostra	81
4.2.2. Etapa cirúrgico-experimental	82
4.2.3. Procedimento histológico	85
5. RESULTADOS	87
6. DISCUSSÃO	106
7. CONCLUSÕES	112
REFERÊNCIAS	114
ANEXOS	125



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Fotomicrografia de Tubo de Polietileno Vazio após 7 dias de implantação . H.E. (aumento de +- 43x) 89
- Figura 2 - Fotomicrografia de Tubo de Polietileno Vazio após 7 dias de implantação . H.E. (aumento de +- 107x) 89
- Figura 3 - Fotomicrografia de Tubo de Polietileno Vazio após 30 dias de implantação . H.E. (aumento de +- 430x) 90
- Figura 4 - Fotomicrografia de Tubo de Polietileno Vazio após 30 dias de implantação . Tricrômico de Mallory (aumento de +- 430x) 90
- Figura 5 - Fotomicrografia de tubo de polietileno preenchido por guta-percha, após 7 dias de implantação . H.E. (aumento de +- 430x) 92
- Figura 6 - Fotomicrografia de tubo de polietileno preenchido por guta-percha, após 7 dias de implantação. Tricrômico de Mallory (aumento de +- 430x) 92
- Figura 7 - Fotomicrografia de tubo de polietileno preenchido por guta-percha, após 30 dias de implantação . H.E. (aumento de +- 107x) 93

Figura 8 - Fotomicrografia de tubo de polietileno preenchido por guta-percha, após 30 dias de implantação . Tricrômico de Mallory (aumento de +- 430x) 93

Figura 9 - Fotomicrografia de tubo de polietileno contendo ProRoot, após 7 dias de implantação. H.E. (aumento de +- 430x) 95

Figura 10 - Fotomicrografia de tubo de polietileno contendo ProRoot, após 7 dias de implantação. H.E. (aumento de +- 430x) 95

Figura 11 - Fotomicrografia de tubo de polietileno contendo ProRoot, após 30 dias de implantação. H.E. (aumento de +- 43x) 96

Figura 12 - Fotomicrografia de tubo de polietileno contendo ProRoot, após 30 dias de implantação. H.E. (aumento de +- 430x) 96

Figura 13 - Fotomicrografia de tubo de polietileno contendo ProRoot, após 30 dias de implantação. Tricrômico de Mallory (aumento de +- 430x) 97

Figura 14 - Fotomicrografia de tubo de polietileno preenchido por Super EBA, após 7 dias de implantação. H.E. (aumento de +- 430x) 99

Figura 15 - Fotomicrografia de tubo de polietileno preenchido por Super EBA, após 7 dias de implantação. H.E. (aumento de +- 430x) 99

Figura 16 - Fotomicrografia de tubo de polietileno preenchido por Super EBA, após 7 dias de implantação. Tricrômico de Mallory (aumento de +- 430x) 100

Figura 17 - Fotomicrografia de tubo de polietileno preenchido por Super EBA, após 30 dias de implantação. H.E. (aumento de +- 430x) 100

Figura 18 - Fotomicrografia de tubo de polietileno preenchido por Super EBA, após 30 dias de implantação. H.E. (aumento de +- 430x) 101

Figura 19 - Fotomicrografia de tubo de polietileno preenchido por Super EBA, após 30 dias de implantação. Tricrômico de Mallory (aumento de +- 430x) 101

Figura 20 - Fotomicrografia de tubo de polietileno preenchido por cimento Portland, após 7 dias de implantação. H.E. (aumento de +- 430x) 103

Figura 21 - Fotomicrografia de tubo de polietileno preenchido por cimento Portland, após 7 dias de implantação. Tricrômico de Mallory (aumento de +- 430x) 103

Figura 22 - Fotomicrografia de tubo de polietileno preenchido por cimento Portland, após 30 dias de implantação. H.E. (aumento de +- 430x) 104

Figura 23 - Fotomicrografia de tubo de polietileno preenchido por cimento Portland, após 30 dias de implantação. H.E. (aumento de +- 430x) 104

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C – Graus centígrados

µm – micrômetro

ADA – American Dental Association

Al – Alumínio

ATM – Agregado Trióxido Mineral

CaO – Óxido de cálcio

cm – centímetro

EBA – Ácido etoxibenzóico

FDA – Food and Drugs Administration

G - grama

H.E. – Hematoxilina e eosina

IL – Interleucina

IRM – Material Restaurador Intermediário

ISO - International Standard Organization

Kpa – Kilopascal

LPS - lipopolissacarídeo

Mg – Magnésio

ml – mililitro

mm – milímetro

Mpa – Megapascal

MTA – Mineral Trioxide Aggregate

O – Oxigênio

OZE – Óxido de zinco e eugenol

PAS – Periodic Acid Schiff

P - probabilidade

pH – potencial hidrogeniônico

ppm – parte por milhão

Si – Sílica

CEEA – Comissão de Ética em Experimentação Animal



## RESUMO

Com o intuito de se encontrar o cimento obturador ideal para emprego em Endodontia, diversos materiais vêm sendo testados, alguns propiciando sucesso relativo, contudo nenhum material atualmente utilizado possui todas as propriedades necessárias. Tendo em vista que a biocompatibilidade é uma propriedade indispensável em um cimento de uso endodôntico, a presente pesquisa objetivou analisar a resposta tecidual frente a implantação de três materiais – Pro Root®, Super EBA e Cimento Portland – em tecido conjuntivo subcutâneo de dorso de ratos. Os animais foram sacrificados nos períodos de 7 e 30 dias após a implantação, compondo três grupos de 12 animais para cada substância experimental. Os resultados foram comparados entre os três cimentos, tendo como controle positivo tubos de polietileno preenchidos com guta-percha e como controle negativo tubos de polietileno vazios. A avaliação foi feita através da observação microscópica das regiões peritubulares e a análise histológica demonstrou que, no período de 7 dias, houve infiltrado inflamatório crônico, de leve a moderado ao redor do tubo implantado, visualizando-se macrófagos contendo partículas de cimento extravasado, havendo diferenças pouco significativas entre os grupos analisados. Aos 30 dias ocorreu diminuição da infiltrado inflamatório e tentativa de reorganização tecidual, sendo que para o ProRoot® ainda foram observadas áreas de fagocitose mais intensa. Os resultados sugerem biocompatibilidade dos três cimentos testados.

**Descritores:** Reação tecidual; cimentos obturadores; biocompatibilidade.



## **ABSTRACT**

Intending to find the ideal sealer to be used in Endodontics several materials have been tested some providing relative success however no material currently in use has all the necessary properties. Having in mind that the biocompatibility is an indispensable property in a cement of endodontic use, the present research aimed to analyse the tissue answer due to the implant of three materials – ProRoot®, Super EBA and Portland Cement – in subcutaneous connective tissue or mice backs. The animals were sacrificed in the periods of 7 and 30 days after the implant, composing three groups of 12 animals to each experimental substance. The results were compared among the three cements, having polyethylene tubes filled with gutta-percha as a positive control and empty polyethylene tubes as a negative control. The assessment was made by the microscopic observation of the peritubulars regions and the histological analysis showed that in the period of 7 days there was a chronic inflammatory infiltration, from slight to moderate around the implanted tube, showing macrophages containing overflowed cement particles, with differences of little significance among the analysed groups. After 30 days occurred a diminution of the inflammatory infiltration and the attempt of tissue reorganisation, although it was also observed more intense areas of phagocyte with the ProRoot® cement. The results suggest biocompatibility of the three tested cements.

UNITERMS: Tissue reaction; cements; biocompatibility



# *INTRODUÇÃO*

## 1. INTRODUÇÃO

Vários cimentos têm sido testados e utilizados em Endodontia desde 1925, quando Rickert propôs o uso de um cimento em conjunto com cones de guta-percha para obturação de canais radiculares. A partir daí os cimentos passaram a ser amplamente empregados para obturação do sistema de canais, além de também serem utilizados para selamento de perfurações radiculares e para obturações retrógradas em cirurgias perirradiculares.

Para se conseguir uma resposta satisfatória quando da utilização de um cimento endodôntico, seja para obturações convencionais ou retrógradas, seja para selamento de perfurações, faz-se necessário que o material empregado apresente algumas características essenciais, tanto físico-químicas como biológicas.

A associação das propriedades físico-químicas e compatibilidade biológica é uma tarefa difícil. Materiais normalmente excelentes em suas propriedades físico-químicas carecem de propriedades biológicas mais satisfatórias. Necessitando-se encontrar um equilíbrio entre essas propriedades para que o material seja considerado ideal.

Dentre as propriedades biológicas, preconizadas por diversos autores, podem-se destacar: boa tolerância tecidual, estímulo à deposição de tecido mineralizado e ação antimicrobiana. Das propriedades físico-químicas têm-se como fundamentais a facilidade de inserção e manipulação, capacidade de selamento hermético, insolubilidade no interior do canal, radiopacidade.

A toxicidade dos materiais é um fator que merece destaque, uma vez que os cimentos obturadores são quase sempre colocados em contato com os tecidos periapicais. Assim, inúmeros testes são feitos para se determinar o grau de irritação tecidual provocado pelo contato com o material.

Os cimentos endodônticos devem, preferencialmente, aliar biocompatibilidade e capacidade de selamento hermético do sistema de canais, ressaltando-se a imensa importância da biocompatibilidade desses cimentos, uma vez que os mesmos entram e permanecem em contato direto com o tecido periodontal, devendo ser bem tolerado. Em vista desse fator, inúmeros estudos são realizados para avaliar a resposta celular frente aos materiais odontológicos.

As normas propostas pela ISO (International Standard Organization) para a realização de testes biológicos de materiais dentários, são expressas através do documento ISO 10993, relatando três níveis básicos de experimentação: 1. os testes iniciais incluem avaliação da citotoxicidade e potencial de mutagenicidade, são feitos em cultura de células; 2. testes secundários são feitos através de implantes subcutâneo, muscular, ósseo, além de testes de sensibilização e irritação; 3. testes clínicos simulando situações de uso, analisando a resposta dos tecidos circundantes. As pesquisas devem obedecer à seguinte ordem: detalhada revisão da literatura, testes *in vitro*, testes *in vivo* e testes clínicos em humanos.

A biocompatibilidade dos materiais endodônticos pode ser estudada de diferentes formas, como através de cultura de células, contudo esse meio não reproduz toda a complexidade da reação reparadora do tecido vivo. Em

organismos vivos, a reação tecidual pode ser avaliada após implantação. O mais importante aspecto da biocompatibilidade é o comportamento tecidual em contato com o material. Diversos animais são estudados (cachorros, porcos, coelhos, ratos) com implantação feita em diferentes locais onde são sugeridos (subcutâneo, intramuscular, intra-óssea em mandíbulas, tíbias e fêmures). (PERTOT et al, 1997).

Estudos histológicos realizados *in vivo* procuram obter uma avaliação mais próxima do real - podendo-se avaliar as respostas teciduais, como os fenômenos que ocorrem na inflamação e reparação - destacando-se os testes realizados em tecido conjuntivo subcutâneo de animais. (BERNABE apud MÉJIA; GARCIA, 1998).

Dentre os diversos materiais utilizados no tratamento endodôntico, foram selecionados para essa pesquisa, 3 cimentos – ProRoot®, Super EBA e Cimento Portland, objetivando-se avaliar a resposta tecidual diante da implantação dos respectivos cimentos.

O ProRoot® – Dentsply é um agregado trióxido mineral (MTA) que se apresenta como um material bastante promissor tendo como indicação principal selamento de perfurações dentárias. Isso se deve ao fato de suas características o enquadrarem como material próximo do ideal, podendo-se destacar ausência de citotoxicidade e mutagenicidade, além de efetiva capacidade seladora. Mostrou-se também indutor de cementogênese e osteogênese. (SALLES et al, 2000).

Devido às propriedades já citadas, o Agregado Trióxido Mineral possui várias aplicações clínicas dentre as principais: utilização em capeamentos

diretos na polpa e em pulpotomias, (realizados em dentes com ápices imaturos); usado como tampão apical em dentes com necrose pulpar e ápices abertos, indicado para reparo de perfurações e como material obturador. (TORABINEJAD; CHIVIAN, 1999).

O Super EBA pode ser descrito como cimento de óxido de zinco e eugenol reforçado, composto por pó e líquido, onde o pó contém 60% de óxido de zinco, 34% óxido de alumínio e 6% de resina natural; o líquido é composto de 62,5% de ácido etoxibenzóico e 37,5% de eugenol. Apresenta pH neutro e baixa solubilidade, mostra-se biocompatível e possui capacidade seladora. (FULKERSON; CZERN; DONNELLY, 1996).

Além de ser indicado como material utilizado para obturações retrógradas, o Super EBA também é indicado, dentre outros materiais, para o selamento de perfurações. Tendo em vista que nas duas situações, retroobturações e reparo de perfurações, há necessidade primordial de capacidade de selamento e biocompatibilidade. (ESTRELA; CAMAPUM; LOPES, 1999).

O cimento Portland está entre alguns materiais não específicos da área odontológica, que vêm sendo testados como possíveis materiais retrobturadores segundo ESTRELA et al, 2000; HOLLAND et al., 2001a.

De acordo com informações dos fabricantes, as composições do MTA e do cimento Portland se assemelham, levando-se a considerar que a resposta tecidual a esses dois materiais também seja semelhante. Experimento feito em cultura de células odontoblásticas (linhagem MG3), na presença do MTA e do cimento de Portland, permitiu observar que após quatro e seis semanas, as

duas substâncias induziram formação de suporte para matriz óssea. Estudo *in vivo*, em ratos, através de capeamento direto em polpas estéreis, demonstrou que os materiais apresentaram comportamento similar, onde algumas amostras apresentaram formação de dentina reparadora. (WUCHERPFENNING;GREEN, 1999).

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar a resposta tecidual frente à implantação dos três cimentos, anteriormente descritos, em tecido subcutâneo de dorso de ratos.



# *REVISÃO DA LITERATURA*

## **2. REVISÃO DA LITERATURA**

Inúmeros materiais são utilizados na terapia endodôntica, havendo sempre um constante empenho em se obter materiais cada vez mais próximos do ideal, ressaltando-se que, nos últimos anos, a Endodontia passou por inegável evolução técnica e científica.

Com o propósito de se encontrar materiais específicos para uso no tratamento endodôntico e também para resolver complicações que advém deste tratamento, vários cimentos foram e ainda são utilizados, sendo empregados na obturação do sistema de canais radiculares bem como para obturações retrógradas e selamento de perfurações.

A revisão da literatura foi dividida nos seguintes tópicos: Avaliação da capacidade seladora dos materiais; avaliação da resposta tecidual frente ao MTA, Super EBA e cimento Portland; análise da mutagenicidade e citotoxicidade dos materiais; avaliação da atividade antibacteriana; características e propriedades do MTA, Super EBA e Cimento Portland; reparação tecidual.

### **2.1. Avaliação da Capacidade Seladora dos Materiais**

No ano de 1993, Lee, Monsef, Torabinejad avaliaram a habilidade do MTA em selar perfurações laterais, comparando-o ao amálgama e IRM. As perfurações foram feitas em 50 molares tanto superiores como inferiores, na superfície radicular mesial, em angulação de 45 graus, no longo eixo do dente.

Os dentes foram colocados em solução salina para simular condições clínicas. Após a inserção, as perfurações foram avaliadas em 4 semanas. Os locais das perfurações foram inseridos em azul de metileno por 48 horas, seccionados e examinados em microscopia. Os resultados mostraram que o MTA teve significativamente menor infiltração que o IRM e o amálgama.

Para avaliar a capacidade de selamento apical dos materiais Super EBA, MTA e amálgama Torabinejad, Watson, Pitt Ford, 1993, realizaram estudo *in vitro* utilizando corante rodamina B fluorescente e um microscópio eletrônico. Trinta canais foram instrumentados e obturados com guta-percha e cimento. Após a aplicação de esmalte na superfície externa, foram seccionados 3mm de cada raiz, realizando-se preparações apicais de 3mm. As raízes foram divididas em 3 grupos e retroobturadas com os materiais relatados, e colocadas posteriormente em solução aquosa de Rodamina B fluorescente por 24 horas. Seccionaram-se as raízes longitudinalmente, e a extensão da penetração do corante foi mensurada por meio de um microscópio focal. A análise estatística deste estudo mostrou que o MTA infiltrou significativamente menos que o amálgama e o Super EBA.

Torabinejad et al, 1994, realizaram estudo comparativo da infiltração de corante (na presença ou ausência de sangue) em dentes humanos retroobturados com amálgama, super EBA, MTA e IRM. Exceto nos 2mm apicais das raízes, as superfícies foram seladas com esmalte. Após a remoção de 2 a 3 mm apicais de cada raiz, realizaram-se cavidades apicais

padronizadas, destas, 5 foram retroobturadas com guta-percha e nenhum cimento (grupo controle positivo) e outras 5 foram obturadas com cera (grupo controle negativo). As oitenta raízes remanescentes foram divididas em 4 grupos iguais e retroobturadas com os materiais testados. Para cada material metade das raízes foi seca antes da inserção e a outra metade foi contaminada com sangue. As noventa raízes foram inseridas em corante azul de metileno por 72 horas. Os resultados permitiram concluir que a presença ou não de sangue não teve efeito significativo na quantidade de penetração do corante. No entanto, os resultados mostraram diferença significativa entre os materiais retroobturadores. O MTA infiltrou menos que os outros materiais testados na presença ou ausência de contaminação.

Investigando a adaptação marginal do MTA como material retroobturador, Torabinejad et al, 1995 a, realizaram estudo *in vitro* utilizando 88 raízes de dentes humanos instrumentados e obturados com guta-percha e cimento. Em seguida, foram realizadas ressecções das raízes, e as cavidades apicais foram preparadas e obturadas com Amálgama, Super EBA, IRM ou MTA. À distância entre os materiais testes através da dentina foi mensurada por meio de um microscópio eletrônico em 4 partes. O exame nas amostras originais mostrou numerosas lacunas nas secções longitudinais dos espécimes. Em contraste, nas réplicas de resina não foram observados artefatos. A análise estatística comparou os materiais retroobturadores e sua ligação com a dentina, mostrando que o MTA tem maior adaptação, comparado com o amálgama, Super EBA e IRM.

A respeito da penetração bacteriana em materiais retroobturadores Torabinejad, Rastegar, Kettering, 1995 realizaram estudo *in vitro* objetivando determinar o tempo necessário para *Staphylococcus epidermidis* penetrar a 3mm de espessura no amálgama, super EBA, IRM e MTA. Foram realizadas retroobturações com os materiais experimentais, e logo após os dentes foram colocados em recipientes plásticos de 12 ml, e os ápices radiculares inseridos em vermelho fenol, sendo estes esterilizados durante a noite em gás dióxido de etileno. Um décimo de microlitro de caldo contendo *S epidermidis* foi inserido nos canais radiculares de 46 dentes (40 experimentais, 3 positivos e 3 negativos). O número de dias requerido para a penetração bacteriana nos vários materiais retroobturadores foi determinado. A maior parte das amostras cujos ápices foram obturados com amálgama, super EBA ou IRM começou a infiltração de 6 a 57 dias. Em contraste, a maioria das amostras cujos ápices radiculares foram selados com MTA não mostrou nenhuma infiltração ao longo de um período experimental de estudo de 90 dias. A análise estatística não mostrou diferenças significativas entre os materiais testados, com exceção do MTA, que mostrou grau de infiltração significativamente menor.

Com o objetivo de avaliar a capacidade do MTA como selador apical em retroobturações, Bates, Carnes, Del Rio, 1996, realizaram estudo *in vitro* utilizando 76 raízes humanas únicas preparadas pela técnica de instrumentação Step-back. Após a ressecção radicular apical e preparação ultrassônica, 72 raízes foram divididas em 3 grupos e retroobturadas com amálgama e cavity liner, Super EBA e MTA. A microinfiltração foi avaliada em

períodos de 24 horas, 72 horas, 2, 4, 8 e 12 semanas, usando-se um sistema de mensuração de filtração de fluido. O MTA demonstrou excelente habilidade seladora ao longo de 12 semanas no fluido de imersão, comparada ao observado para o Super EBA. A microinfiltração no grupo do MTA e para grupo com Super EBA foi significativamente menor que a do grupo com amálgama nos tempos de 24 h, 72 h e 2 semanas. Nos tempos subseqüentes não existiu diferença significativa entre os 3 materiais. Neste estudo, foi determinado que o MTA foi superior ao amálgama e comparado com o Super EBA, em prevenção de microinfiltração, como material retroobturador.

Estudo para medir a microinfiltração de dois materiais retroobturadores foi realizado por Yatsushiro, Baumgartner, Tinkle, 1998. A comparação foi feita entre o MTA e o amálgama em preparação de retrocavidades, utilizando-se para o estudo um dispositivo para condução de fluidos. Trinta e três dentes humanos extraídos de raízes únicas foram preparados e obturados usando-se a técnica da condensação lateral da guta-percha. As retrocavidades foram preparadas tipo classe I, com 3 mm de profundidade, após secção da porção final das raízes. As retroobturações foram feitas com amálgama ou MTA, sendo a guta-percha apical removida deixando somente o amálgama ou MTA como barreira para movimentos de fluidos. Em um dispositivo de condução de fluido, as raízes foram preenchidas com solução salina fosfatada, submetidas a uma pressão pré-estabelecida. O movimento do fluido foi mensurado e comparado em 1, 2, 3, 4, 8, 12, 16, 20 e 24 semanas. Os resultados mostraram que o

amálgama tem significativamente maior microinfiltração após 4 semanas e alta variabilidade comparado com o MTA.

Wu, Kontakiotis, Wesselink, 1998 a, avaliaram a infiltração de materiais retroobturadores através de estudo realizado durante 1 ano. Foram utilizadas secções de raízes padronizadas com 3 mm de altura e 2,6 mm de diâmetro, obturadas com 5 materiais comumente usados como retroobturadores. Após 24h, 3, 6 e 12 meses da obturação a infiltração foi medida pela transposição de líquido submetida a uma pressão de 10 Kpa (0,1 atm) usando modelo de transporte de fluido. Durante os primeiros 3 meses, a percentagem de maior infiltração (> 20 microlitros/dia) aumentou notadamente para o amálgama (de 20 para 100%) e Super EBA (de 0 para 55%), decrescendo para o MTA (55% para 0%). A infiltração do amálgama e Super EBA decresceu com o tempo, o selamento do MTA melhorou com o tempo e manteve-se satisfatório até o fim do experimento. Nos períodos 3, 6 e 12 meses o Fuji II e o MTA mostraram menor infiltração que o amálgama convencional e o Super EBA, o amálgama foi o material que mais infiltrou.

Wu, Kontakiotis, Wesselink, 1998 b, verificaram a estabilidade do corante azul de metileno em contato com 6 materiais obturadores. Utilizaram-se tubos de silicone e raízes de dentes humanos de 10 mm de comprimento e 1,5 mm de diâmetro obturados com amálgama, hidróxido de cálcio, Cavit, Fuji II, MTA e OZE. Grupos de 5 tubos ou raízes foram obturados com o mesmo material e imersos em 0,8 ml de solução de azul de metileno antes da imersão

e após os períodos de 24, 48 e 72 horas da imersão foi mensurada em um espectrofotômetro em 596 nm. Os resultados demonstraram que a solução de azul de metileno foi descolorida no tempo para todos os materiais, exceto para Fuji II, tanto nos tubos de silicone como nas raízes. Em 24 horas, o valor da densidade óptica do corante decresceu 73% para o hidróxido de cálcio, grupo com silicone, e 84% por MTA / grupo com silicone. O azul de metileno é descolorido por alguns materiais, podendo oferecer resultados irreais para alguns materiais no estudo de infiltração de corantes.

A habilidade do MTA e do amálgama no selamento de perfuração de furca foi avaliada por Nakata, Bae, Baumgartner, 1998, através de estudo *in vitro*. As perfurações de furca foram realizadas em 39 molares humanos extraídos superiores e inferiores com broca de alta rotação. Foram divididos 2 grupos de 18 elementos cada e 3 dentes remanescentes como controle positivo. O grupo experimental 1 foi reparado com MTA e o grupo 2 foi reparado com Amálgama, sendo 3 dentes perfurados para servirem como controle negativo. Um modelo de câmara de infiltração de bactérias [uma infusão de cérebro e coração com extrato de levedura e indicador de cromogênica purpúreo (bpBHI)] foi usado como meio de cultura para *Fusobacterium nucleatum*. Durante o período experimental, 8 dos 18 espécimes para o amálgama infiltraram, enquanto nenhum dos 18 com MTA infiltraram. O MTA mostrou-se significativamente melhor que o amálgama para prevenir a infiltração do *F. nucleatum* nos casos de reparação de furca.

Slwyk, Moon, Hartwell, 1998 avaliaram a capacidade de retenção do MTA quando utilizado como material reparador de perfuração de furca. Foram confeccionadas 32 perfurações de furca em 32 molares extraídos. As perfurações foram feitas no centro da câmara pulpar, simulando uma condição clínica. Os dentes foram divididos em 4 grupos e as perfurações foram reparadas com MTA e depois recobertas com pelota de algodão seca ou úmida por 24 e 72 horas. Foi realizado teste para medir a força requerida para deslocar o material da perfuração. A força mensurada mostrou que a resistência ao deslocamento do MTA em 72 horas foi significativamente maior comparado a 24 horas. Quando um leve deslocamento ocorreu em 24 horas, o material demonstrou a habilidade de restabelecer resistência frente ao desalojamento das paredes dentinárias. A presença de umidade ajudou na adaptação do MTA nas paredes da perfuração. Contudo, não foi observada diferença significativa quanto à retenção do MTA utilizando-se pelota de algodão seca ou úmida na câmara pulpar durante o tempo de solidificação.

Adamo et al, 1999, realizaram estudo *in vitro* para comparar os materiais retroobturadores tradicionais aos recentemente desenvolvidos, quanto a sua resistência frente à infiltração bacteriana. Foram utilizados sessenta dentes unirradiculares, divididos aleatoriamente em cinco grupos: Agregado trióxido mineral, Super EBA, TPH resina composta com agente de união ProBond, amálgama Dispersalloy com e sem ProBond, e grupos controle positivos e negativos. O acesso coronário dos espécimes foi inoculado por 48 h em uma suspensão de *Streptococcus salivarius*. Foram observados os meios de cultura

dentro de 24 h constatando-se alteração de coloração, indicando contaminação bacteriana. Foram observadas amostras durante 12 semanas. Os resultados evidenciaram que a 4 semanas 10% de espécimes de cada grupo experimental tiveram evidência de infiltração. A 8 semanas 20% de espécimes obturadas com amálgama sem o agente de união, Super EBA e MTA tiveram evidência infiltração. Em 12 semanas diferenças secundárias entre materiais foram observadas. Concluiu-se que não houve diferença estatística significativa em taxa de microinfiltração entre os cinco grupos testados a 4, 8 ou 12 semanas, dentro das condições deste estudo, apesar de algumas variações.

Aqrabawi, 2000, estudou a habilidade no selamento em obturações retrógradas do MTA comparando-o ao amálgama e cimento Super EBA. Os dentes foram aleatoriamente divididos em 3 grupos de 25 elementos, o 1º grupo foi retroobturado com amálgama, o 2º grupo com EBA e o 3º com MTA. Após a imersão dos espécimes em corante azul de metileno a 1% por 72h, as raízes foram seccionadas e a profundidade da penetração do corante foi avaliada através de um estereomicroscópio com aumento de 10 vezes. A efetividade seladora dos materiais retroobturadores utilizados neste estudo foi determinada pela habilidade de inibir a penetração do corante. Os resultados foram os seguintes: 56% do grupo obturado com amálgama e 20% do grupo obturado com EBA mostraram infiltração de corante e o grupo do MTA não apresentou infiltração, 2 amostras do grupo do MTA foram eliminadas devido a fratura nas raízes. Concluiu-se que o MTA promoveu melhor selamento que o amálgama e o EBA quando utilizado como material retroobturador.

Fogel, Peikoff, 2001, propuseram-se avaliar a microinfiltração de vários materiais retroobturadores, utilizando um sistema de filtração fluido. Sessenta dentes unirradiculares humanos extraídos foram usados. As coroas foram removidas e os canais preparados e obturados. As amostras foram divididas em dois grupos controle e cinco grupos experimentais. Os materiais testados foram: amálgama, IRM, uma resina, Super EBA e agregado de trióxido mineral. Os resultados mostraram que as retroobturações de amálgama demonstraram significativamente maior microinfiltração o que Super EBA, a resina, ou agregado de trióxido mineral. Não havia nenhuma diferença significativa entre amálgama e IRM, porém o IRM também não foi significativamente diferente dos outros três grupos. Não houve nenhuma diferença expressiva entre os outros três grupos.

Scheerer, Steiman, Cohen, 2001, realizaram estudo utilizando bactérias *Prevotella nigrescens* para avaliar a habilidade seladora dos materiais: Geristore, Super EBA e ProRoot quando usados como materiais retroobturadores. Cem dentes unirradiculares, extraídos, foram preparados com broca Gates-Glidden e instrumentos rotatórios Taper 04 (Profile Series 29). Os ápices foram seccionados em 3 mm, e realizada preparação apical com ultra-som. Depois de esterilização a vapor, os dentes foram divididos aleatoriamente em três grupos de 30. Cada grupo estava retroobturado com um material diferente. Cinco cavidades apicais permaneceram abertas e serviram como controles positivos; outras cinco cavidades foram preenchidas com cera pegajosa e cobertas com duas capas de esmalte de unha

funcionando como controles de negativo. Os dentes foram presos a estrutura de plástico; os ápices foram submersos em frascos de 12 ml de caldo de carboidrato de carne cortado e colocado em uma câmara de anaeróbica. Duas vezes por semana, uma micropipeta estéril foi usada para inocular 0.1 ml de uma cultura de caldo de *Prevotella nigrescens* no canal das raízes de cada dente. Resultados depois de 47 dias indicaram que não havia nenhuma diferença significativa entre os três materiais retroobturadores contra penetração de *Prevotella nigrescens*.

Dalcóquio et al, 2001, através de estudo *in vitro* compararam a quantidade de infiltração de corantes de dentes, os quais foram retroobturados com MTA, Ketac-Fil, IRM e cianoacrilato. Após a apicectomia, foram preparadas retrocavidades com 3mm de profundidade. Os dentes após obturação foram imersos em corante azul de metileno a 1%, a microinfiltração foi medida após 48h, 7 e 60 dias, através de espectrofotometria. A análise estatística não mostrou diferença significativa entre os grupos, sendo que o MTA apresentou melhores resultados, seguido pelo Ketac-Fil, cianoacrilato e IRM.

Tang, Torabinejad, Kettering, 2002, afirmaram que o agregado trióxido mineral (MTA), demonstrou possuir habilidade de selamento excelente quando testado com infiltração de corante, de bactéria, e uma técnica de filtração fluida. Endotoxina, um componente da parede celular de bactérias Gram-negativas, foi relacionada com a patogênese de lesões perirradiculares. Este estudo usou

um Limulus Amebocyte Lysate modificado para testar a presença de endotoxina comparando a habilidade de selamento do Super EBA, IRM, amálgama, e MTA. Os resultados mostraram aquele MTA permitiu menos infiltração de endotoxina que IRM e amálgama a 1, 2, 6, e 12 semanas ( $p < 0.05$ ), e infiltrou menos que o Super EBA a 2 e 12 semanas ( $p < 0.05$ ).

Tanomaru Filho, Tanomaru, Domaneschi, 2002, realizaram estudo *in vitro*, utilizando 36 dentes humanos unirradiculares, que tiveram seus canais radiculares instrumentados e obturados. Em seguida, preparou-se uma cavidade na face distal da raiz, simulando perfuração radicular, a qual foi preenchida com os seguintes materiais: cimento de óxido de zinco e eugenol, Sealer 26, Mineral Trióxido Agregado (MTA). Os dentes foram imersos em solução de azul de metileno a 2%, por 48 horas. Os resultados da infiltração marginal demonstraram que o Sealer 26 e MTA proporcionaram selamento marginal semelhantes entre si, com resultados superiores aos obtidos pelo cimento de óxido de zinco e eugenol.

## **2.2. Avaliação da Resposta Tecidual frente ao MTA, Super EBA e Cimento Portland.**

Torabinejad et al, 1995 b, realizaram estudo em cães para avaliar a resposta perirradicular de cães ao MTA e ao amálgama. Foram desenvolvidas lesões periradiculares em 46 raízes de 6 cães. A metade dos canais radiculares foi instrumentada e obturadas com guta-percha e cimento e as

cavidades de acesso foram seladas com MTA. A outra metade dos canais foi instrumentada e obturada com gutapercha sem cimento obturador. O acesso das cavidades foi deixado exposto a cavidade oral. Após a ressecção cirúrgica das raízes, metade das cavidades apicais foi obturada com amálgama e o restante com MTA. A resposta tecidual foi avaliada após os períodos de 2 a 5 dias e de 10 a 18 semanas da intervenção cirúrgica. A análise estatística dos resultados mostrou menor infiltração perirradicular e mais cápsula fibrosa adjacente ao MTA, quando comparado ao amálgama. Em adição, a presença de cimento sobre a superfície do MTA foi freqüentemente encontrada. Os resultados mostraram que o MTA pode ser usado como material retroobturador.

Com o objetivo de comparar histologicamente a resposta tissular de perfurações de furcas intencionais preenchidas com amálgama ou MTA, Pitt Ford et al, 1995, utilizaram pré-molares inferiores de cães, realizando 30 perfurações. Metade das perfurações foi preenchida imediatamente com amálgama e MTA, e a outra metade ficou exposta ao meio bucal por seis semanas, para permitir a contaminação bacteriana e formação de lesão inflamatória antes da colocação dos materiais. As secções foram avaliadas pela presença, extensão e severidade da inflamação e a presença ou ausência de reparação de cimento, epitélio e bactérias. Os resultados neste estudo evidenciaram que nos dentes reparados imediatamente com MTA existiu ausência de inflamação com reparo em 5 dos 6 espécimes, enquanto que os espécimes com amálgama sempre se mostraram com inflamação, moderada

ou severa. Nos espécimes que foram reparados após contaminação bacteriana, 3 dos 7 casos reparados com MTA estavam livres de inflamação, porém 4 estavam inflamados. Em todos aqueles em que se utilizou amálgama houve inflamação comprovadamente mais severa e extensa que no grupo com MTA. Os resultados permitiram concluir que a cicatrização das perfurações, quando utilizado o MTA foi consideravelmente mais favorável do que quando se utilizou amálgama e que também é favorecida com a colocação do material imediatamente após ter ocorrido a perfuração.

Buscando analisar a resposta tecidual de determinados materiais Torabinejad et al, 1995 c, implantaram, em mandíbulas de porcos guinea o Super EBA e o MTA. Foram utilizados 7 animais, após anestesia tiveram preparadas 2 cavidades ósseas, onde os materiais testados foram implantados através de recipientes de Teflon, devidamente preenchidos com as substâncias. Foram deixadas 2 cavidades ósseas sem materiais para utilização como grupo controle negativo. Foi analisada a presença de inflamação e de células típicas predominantes e a espessura do tecido conjuntivo fibroso adjacente a cada implante. A reação tecidual para a implantação do MTA apresentou-se mais moderada que a observada com o Super EBA. Com base nesses resultados, ambos materiais foram considerados biocompatíveis.

Pitt Ford et al, 1996, examinaram a resposta da polpa dental em macacos frente ao MTA e hidróxido de cálcio utilizando-os em capeamento pulpar. Depois de exposição pulpar, realizado com broca, em 12 incisivos

inferiores, foi realizado capeamento com MTA e hidróxido de cálcio. Após 5 meses, das 6 polpas capeadas com MTA, todas apresentaram formação da ponte de dentina. Em contraste, polpas capeadas com a preparação de hidróxido de cálcio mostraram inflamação, e a ponte de dentina se formou somente em 2 amostras. Baseados nesses resultados, o MTA possui potencial para ser usado como material capeador pulpar durante a terapia vital.

Em estudo comparativo sobre a biocompatibilidade intraóssea do Dyract e Super EBA, Pertot et al, 1997, utilizaram 24 coelhos, onde foi feita exposição do fêmur e confecção de 2 cavidades com broca na cortical óssea. Os materiais foram colocados em tubos de silicone e inseridos no fêmur. Os animais foram sacrificados após 4 e 12 semanas da implantação, e as peças foram preparadas para análise histológica. As reações teciduais foram graduadas de ausente a severa. Nas 4 semanas os materiais mostraram reações de leve a moderada, caracterizadas pela presença de tecido fibroso interposto e células inflamatórias. Em 12 semanas, ocorreu cicatrização óssea, a despeito da persistência de algum tecido fibroso interposto, e as reações foram classificadas em leves. A análise estatística demonstrou pouca diferença entre os 2 materiais, indicando que o Dyract e Super EBA possuem biocompatibilidade intraóssea similar.

Torabinejad et al, 1997, analisaram a resposta do tecido perirradicular de macacos ao utilizar MTA e amálgama como material retroobturador. As polpas foram removidas de todos os incisivos superiores de 3 macacos. Os canais

foram preparados e obturados com condensação lateral de guta-percha e cimento, as cavidades de acesso restaurada com amálgama. Foi realizada incisão mucoperiosteal vestibular, ressecção apical das raízes e preparo de cavidades com broca. As cavidades foram obturadas com MTA e com amálgama, metade/ metade. Após 5 meses, o tecido perirradicular foi analisado histologicamente. Os resultados mostraram não haver inflamação adjacente em 5 de 6 raízes obturadas com MTA, como também apresentaram completa formação de cimento. Em contraste, todas as raízes onde se utilizou amálgama mostraram inflamação perirradicular, e não houve formação de cimento sobre o material, embora estivesse presente sobre o corte apical da raiz. Baseados nesses resultados e em investigações prévias, o MTA é recomendado como material retroobturador em humanos.

Analizando a reação tecidual ao implante do MTA, amálgama, IRM e super EBA, Torabinejad et al, 1998, utilizaram 20 animais – porcos Guinéa – sendo preparadas cavidades na mandíbula e tíbias e colocados tubos de teflon preenchidos com os materiais. Os animais foram sacrificados após 80 dias da implantação. A presença de inflamação, tipo de células predominantes e espessura do tecido conjuntivo fibroso adjacente a cada implante foi registrada. A reação tecidual ao implante de MTA se mostrou mais favorável observando-se os dois locais – mandíbula e tíbia, em todos os espécimes, ausência de inflamação. Na tíbia, o MTA mostrou-se o material onde mais freqüentemente observou-se aposição direta de osso sobre o material. Baseado nestes resultados o MTA mostrou-se um material biocompatível. As reações ao

implante do IRM e super EBA mostraram-se intermediárias ao MTA e ao amálgama. O tipo de tecido adjacente aos implantes se mostrou freqüentemente um tecido frouxo, embora em alguns espécimes de IRM em tíbias estivessem misturados tecido resistente/frouxo. As diferenças entre os 2 materiais não se apresentaram estatisticamente significativas.

Holland et al, 1999 a, realizaram estudo para observar a reação de tecido conjuntivo subcutâneo de rato para tubos de dentina implantados preenchidos com hidróxido de cálcio ou agregado trióxido mineral. Os animais foram sacrificados depois de 7 e 30 dias, e os espécimes foram preparados para estudo morfológico. Alguns espécimes foram preparados para análise histológica com luz polarizada e técnica de Von Kossa para cálcio. Os resultados foram semelhantes para ambos os materiais estudados. Às aberturas tubulares, havia grânulos Von Kossa-positivos birrefringentes a luz polarizada. Próximo a estas granulações, havia um tecido irregular como uma ponte que era Von Kossa-positiva. É possível que o mecanismo de ação de ambos os materiais seja semelhante.

O Hidróxido de cálcio tem sido o material de escolha para apicificação. Em vista disso Shabahang et al, 1999, realizaram estudo comparando a eficácia da proteína osteogênea (OP-1), o MTA e o Hidróxido de Cálcio na formação de tecido duro em raízes imaturas de dentes de cães. Foram utilizadas 64 raízes de pré-molares. Após indução de lesão perirradicular, os canais foram desbridados e obturados com Hidróxido de cálcio por 1 semana.

Depois de removido o hidróxido de cálcio, as raízes receberam um dos materiais designados. Os animais foram sacrificados após 12 semanas. O nível de formação de tecido duro e a intensidade da inflamação foram avaliados histologicamente. O MTA promoveu formação de tecido duro com excelente consistência. Contudo, os resultados não mostraram diferenças estatísticas expressivas entre os materiais. Com relação, ao nível de inflamação, não foi encontrada diferença significativa entre os vários grupos testados.

Morandi, 1999, realizou avaliação histomorfológica em dentes de cães retroobturados com cimentos de OZE e MTA. O estudo utilizou 32 pré-molares superiores e inferiores de cães com lesão periapical crônica, induzida através da exposição dos canais radiculares ao meio bucal por período de 180 dias. Realizou-se acesso cirúrgico apical com curetagem, apicectomia e preparo de retrocavidades tipo classe I. As obturações retrógradas foram realizadas com os cimentos de OZE consistente, IRM, Super EBA e MTA. Formaram-se 4 grupos experimentais e o grupo controle, nos quais não se realizaram retroobturações. Os animais foram sacrificados após 180 dias da intervenção cirúrgica, os maxilares foram removidos, as peças fixadas e preparadas para análise histológica. Obtiveram-se os seguintes resultados: o MTA, super EBA e IRM apresentaram resultados histopatológicos semelhantes e superiores aos encontrados com o cimento de OZE consistente. Dos 4 materiais, o único que estimulou deposição de tecido cementário foi o MTA. Os piores resultados observados em todos os grupos experimentais estudados estavam relacionados estreitamente com a presença de detritos e com a ocorrência de

reabsorções radiculares externas. A presença dessas reabsorções provavelmente perturbou o selamento marginal, ocasionando maus resultados do ponto de vista biológico. Os resultados deste trabalho demonstraram que a técnica da obturação retrógrada convencional constitui uma opção terapêutica sujeita a uma série de interferências que podem até comprometer o êxito do tratamento executado.

A reação dos tecidos apicais de dentes de cães, depois da obturação dos canais com guta-percha e MTA ou Ionômero de vidro (Ketac-ENDO) foi observada por Holland et al, 1999 b. Os canais foram preparados e obturados através da técnica da condensação lateral com os cimentos estudados. Os animais foram sacrificados após 6 meses da intervenção. A análise histológica dos espécimes apresentou para a utilização do MTA ausência de inflamação apical e completo fechamento do forame apical. Nos casos onde se utilizou o Ketac-ENDO apresentaram-se 2 casos de fechamento parcial do forame e diferentes níveis de reação inflamatória crônica. De acordo com o observado concluiu-se que o MTA exibiu melhores propriedades biológicas que o Ketac-ENDO.

Faraco Júnior, 1999, observou os efeitos de alguns materiais sobre o tecido pulpar de dentes de cães, através da microscopia ótica. Utilizando-se 60 dentes de cães, realizou preparo tipo classe V seguido de exposição pulpar. Foi executado capeamento com sistema adesivo (Single Bond®), cimento de hidróxido de cálcio (Dycal®) e 2 tipos de agregado trióxido mineral (MTA). Os

dentos capeados com o sistema adesivo foram restaurados com resina e os demais com OZE. Após 60 dias da intervenção os animais foram sacrificados e as peças preparadas para análise histomorfológica. Os resultados foram em ordem decrescente do melhor para o pior – MTA cinza, MTA branco, cimento hidróxido de cálcio e sistema adesivo. Devido aos resultados, o sistema adesivo e o cimento de hidróxido de cálcio não devem ser indicados para proteção pulpar direta.

A biocompatibilidade de agregado trióxido mineral e cimento ácido etoxibenzóico foi investigada por implantação subcutânea e intra-óssea dos materiais, em ratos, em estudo realizado por Moretton et al, 2000. Foram estudadas reações de tecido em 15, 30, e 60 dias depois de implantação. O agregado trióxido mineral provocou reações severas, inicialmente com necrose de coagulação e calcificação distrófica; porém, as reações diminuíram com o tempo. A implantação subcutânea de cimento ácido etoxibenzóico exibiu reações moderadas que baixaram com o tempo. Não foi observada osteogênese com qualquer material em implantação subcutânea, o que indica que nenhum material é indutor de formação óssea. Reações para implante intra-ósseo de ambos os materiais foram menos intensas que com implantação subcutânea. A osteogênese aconteceu associada a implantação intra-óssea indicando que ambos os materiais são osteocondutivos.

Nery, 2000, procurou verificar a resposta biológica frente a alguns materiais à base de hidróxido de cálcio e a sua possível interferência no

processo de rizólise na dentição decídua. Foram realizadas biopulpectomias em 30 dentes decíduos de cães e obturados com Sealapex, Sealer Plus e MTA; como controle 10 canais não foram obturados. Após 30 dias, a análise histopatológica demonstrou que os cimentos MTA e Sealapex foram reabsorvidos durante a rizólise, o que não ocorreu com o Sealer Plus. Nos canais vazios ocorreu invaginação tecidual do conjuntivo apical. Os dentes tratados demonstraram reabsorções apicais laterais mais evidentes e selamento biológico do forame apical. Os cimentos estudados foram bem tolerados pelos tecidos apicais, tendo boas perspectivas quanto a sua utilização no tratamento endodôntico de dentes decíduos.

Faraco Júnior, Holland, 2001, realizaram estudo para observar a resposta da polpa dental de cães para o agregado trióxido mineral (MTA) e cimento de hidróxido de cálcio quando utilizados como material de capeamento de polpa. Foram realizadas exposições de polpas de 30 dentes, sendo capeadas com MTA ou um cimento de hidróxido de cálcio. Análise histológica foi executada 2 meses depois da intervenção. Os resultados mostraram um processo curativo com formação de dentina tubular e nenhuma inflamação em qualquer das polpas capeadas com MTA. Por outro lado, só cinco espécimes do cimento hidróxido de cálcio formou ponte de dentina completa. Neste grupo experimental, foi observada inflamação de polpa em todos os espécimes, exceto em três casos. Em conclusão, MTA exibiu resultados melhores que o cimento de hidróxido de cálcio para o capeamento da polpa, em dentes de cães.

Holland et al, 2001 a, observaram a reação do tecido subcutâneo de ratos ao implante de tubos de dentina obturados com ATM, cimento Portland ou Hidróxido de cálcio. Os animais foram sacrificados após 7 ou 30 dias, e os espécimes foram preparados para análise histológica com luz polarizada e técnica de Von Kossa para tecidos mineralizados. Os resultados foram similares para os 3 materiais utilizados. Junto à abertura tubular observaram-se granulações Von Kossa positivas e birrefringentes à luz polarizada. Junto dessas granulações foi observado tecido irregular na forma de uma ponte positiva para Von Kossa. As paredes de dentina mostraram estrutura altamente birrefringente à luz polarizada, no interior dos túbulos, formando uma camada em diferentes profundidades. Diante dos resultados, estima-se que seja possível que os mecanismos de ação dos materiais estudados sejam semelhantes.

Holland et al, 2001 b, estudaram o processo de cicatrização de perfuração radicular lateral intencional reparado com MTA. Foram preparados 48 canais radiculares de dentes de cães, sendo instrumentados e obturados. Posteriormente, foi removida parte do material obturador, e foi realizada perfuração intencional com uma broca na área lateral da raiz, entre a porção cervical e o terço médio das raízes. As perfurações foram reparadas com MTA ou Sealapex (grupo controle). As análises histológicas foram realizadas 30 e 180 dias após a intervenção. Os resultados mostraram ausência de inflamação e deposição de cimento quando o MTA foi utilizado, isso na maioria dos

espécimes. Após 180 dias, o Sealapex exibiu inflamação crônica em todos os espécimes e discreta deposição de cimento sobre o material em somente 3 casos. O MTA apresentou resultados mais favoráveis que o grupo controle.

Considerando alguns relatos sobre a similaridade da composição química do MTA e cimento Portland, Holland et al, 2001 c, analisaram o comportamento da polpa dentária de dentes de cães após pulpotomia e proteção direta com estes dois materiais. Foram realizadas pulpotomias, em 26 raízes de dentes de cães e proteção com MTA e cimento Portland. Os animais foram sacrificados após 60 dias do tratamento, os espécimes foram removidos e preparados para análise histológica. Os resultados obtidos foram semelhantes para os dois materiais, ocorrendo formação de ponte de dentina tubular em quase todas as amostras analisadas. Concluindo-se que o MTA e cimento Portland conferem resposta semelhante quando utilizados em proteção direta sobre o remanescente pulpar após a realização de pulpotomia.

Segundo Eidelman, Holan, Fuks, 2001, o objetivo deste estudo foi comparar o efeito do agregado trióxido mineral (MTA) e do formocresol (FC) quando utilizados como materiais utilizados em pulpotomias de molares decíduos com exposição de polpa por cárie. Foram utilizados quarenta e cinco molares decíduos de 26 crianças, sendo tratados por uma técnica de pulpotomia convencional. Os dentes foram divididos aleatoriamente em MTA (experimental) e FC (controle). Dezoito crianças com 32 dentes chegaram para controle clínico e avaliação radiográfica, variando de 6 a 30 meses. As

avaliações de seguimento revelaram só um fracasso (reabsorção interna, em torno de 17 meses de avaliação pós-operatória) em um molar tratado com formocresol. Nenhum dos dentes tratados com MTA mostrou qualquer sintoma clínico ou patologia radiográfica. Obliteração do canal foi observado em 9 de 32 molares avaliados (28%). Este achado foi descoberto em 2 elementos dos 15 dentes tratados com FC (13%) e em 7 dos 17 tratados com MTA (41%). Os resultados permitem concluir que o MTA mostrou sucesso clínico e radiográfico como material utilizado em pulpotomias em dentes decíduos e parece ser uma substituição satisfatória para formocresol em pulpotomia de dentes decíduos.

A biocompatibilidade do cimento Portland foi avaliada por Moraes, Aragão, Heck, 2001, através da implantação deste material em tecido subcutâneo de rato. Foram utilizados 15 ratos, sendo realizadas 4 incisões 2 na região pélvica e 2 nas escapulares. Foram implantados no lado esquerdo - grupo I (controle) tubo de polietileno vazio. No lado direito – grupo II (experimental) tubos de polietileno preenchidos com cimento Portland (Votoran – Rio Branco do Sul –PR). Os animais foram sacrificados após 7, 21 e 60 dias da intervenção cirúrgica. A análise histológica foi realizada em microscopia ótica, e registrados os eventos mais marcantes. Os resultados para o grupo experimental comparado ao controle mostraram formação de tecido conjuntivo mais denso, com formação de cápsula fibrosa ao redor da abertura do tubo de polietileno. O cimento Portland mostrou biocompatibilidade quando implantado no tecido conjuntivo subcutâneo de ratos.

Tziafas et al, 2002, realizaram pesquisa com o objetivo de estudar a resposta do tecido pulpar e da formação de dentina reparadora depois de aplicação de MTA em polpas mecanicamente expostas. Trinta e três dentes de três cachorros, 12-18 meses de idade, estavam propositalmente expostos através de cavidade classe V. Foi aplicada pressão para controlar hemorragia. ProRoot® MTA (Dentsply Simfra, Paris) foi colocado no local de exposição e aplicada pressão com uma pelota de algodão molhada. As cavidades foram restabelecidas com amálgama e as reações de tecido pulpar foram avaliadas por microscópio eletrônico, depois de intervalos curativos de 1, 2 e 3 semanas. Como resultados, uma zona homogênea de estruturas cristalinas foi achada inicialmente junto à interface polpa/MTA e foram observadas mudanças no estado citológico e funcional em proximidade íntima com os cristais. Tecido duro foi achado em todos os dentes em contato direto com o material de capeamento e as estruturas cristalinas associadas. Formação de dentina reparadora foi relacionada constantemente a uma zona de osteodentina firme. Concluiu-se que as experiências presentes indicam que o MTA é um efetivo material para capeamento pulpar, capaz de estimular formação de dentina reparadora, pelo mecanismo defensivo da polpa.

Holland et al, 2002 a, observaram a reação de tecido conjuntivo subcutâneo de ratos, para tubos de dentina implantados que estavam preenchidos com Agregado trióxido mineral, Sealapex, Calciobiotic Root Canal Sealer (CRCS), Sealer 26, e um material experimental, Sealer Plus. Os animais foram sacrificados depois de 7 e 30 dias, e os espécimes preparados

para análise histológica. As lâminas foram examinadas com luz polarizada depois de preparadas de acordo com a técnica de Von Kossa para cálcio. Nas aberturas tubulares, havia grânulos Von Kossa-positivos que eram birrefringentes à luz polarizada. Próximo a estas granulações, havia tecido irregular, como uma ponte que era Von Kossa-positiva. Os tubos de dentina exibiram uma estrutura altamente birrefringente para luz polarizada, normalmente como uma capa. Estes resultados foram observados com todos os materiais estudados, excluindo-se o CRCS que não exibiu qualquer tipo de estrutura mineralizada. Os resultados sugerem que, entre os materiais estudados, o CRCS apresentou menor possibilidade de formação de tecido duro.

Segundo Holland et al, 2002 b, o propósito da pesquisa foi estudar a reação do tecido conjuntivo subcutâneo de ratos quando da implantação de tubos de dentina cheios de agregado trióxido mineral branco (MTA). Os tubos foram implantados em tecido subcutâneo de ratos, os quais foram sacrificados depois de 7 e 30 dias. Os espécimes foram preparados para análise histológica com luz polarizada e técnica de Von Kossa para tecidos mineralizados. Foram observadas granulações birrefringentes para luz polarizada e uma estrutura irregular como uma ponte próximo ao material; ambos eram Von Kossa positivos. Também, na parede dos tubos de dentina foi observada uma capa de granulações de birrefringentes. Os resultados foram semelhantes aos obtidos para o MTA cinza e indicam que os mecanismos de ação do MTA branco e cinza são semelhantes.

### **2.3. Análise da Citotoxicidade de Materiais Endodônticos**

Torabinejad et al, 1995 d, avaliaram a citotocixidade de materiais que entram em contato com os tecidos perirradiculares, especificamente materiais retroobturadores. Foram avaliados o Amálgama, Super-EBA, IRM e MTA, utilizando-se ágar e métodos radiocromo. A análise estatística obtida com a técnica do ágar mostrou que, após manipulação e presa, o amálgama foi significativamente menos tóxico que o restante dos materiais testados. Após a manipulação e presa o MTA ficou em 2º lugar quando testada a citotoxicidade com esta metodologia. Teste estatístico similar revelou uma diferença significativa entre a toxicidade logo após a manipulação e presa e após 24 horas de incubação com células de rato L929 etiquetadas radiocromo. O nível de citotoxicidade após a manipulação e presa dos materiais mostrou o MTA menos tóxico, seguido do amálgama, super-EBA e IRM. Com base nestes resultados, utilizando-se o método de cultura de células, MTA tem potencial para ser utilizado como material retroobturador e justifica avaliações *in vivo*.

Koh et al, 1998, estudaram a citomorfologia dos osteoblastos na presença do MTA e examinando a produção de citocinas. Foram preparados o MTA e o IRM e colocados em placas de Petri separadas. Osteoblastos (linhagem de células MG-63) em meio de crescimento F12 de Hams foram sedimentados nas placas e incubados por 1 a 7 dias. Os espécimes foram verificados por microscópio eletrônico de varredura. A microscopia eletrônica revelou muitas células em contato com o MTA em 1 a 3 dias. O teste Elisa

revelou um elevado nível de interleucinas em todo o período que as células cresciam na presença do MTA, em contraste, mostrou células crescendo sozinhas, e na presença de IRM produziu quantia indetectável. O fator de estimulação de colônia de macrófagos foi produzido pelas células por todos os grupos avaliados. Isto mostra que o MTA apresenta atividade biológica para células osteoblásticas e estimula a produção de interleucinas.

Estudo feito para mensurar a citotoxicidade de cimentos endodônticos foi realizado por Osorio et al, 1998, utilizando-se modelo de cultura de células de fibroblastos de gengiva humana e células L-929. Dos cimentos obturadores foram avaliados o Endomet, CRCS e AH26 e de materiais retroobturadores o Amálgama, Gallium GF2, Ketac Silver, Mineral Trioxide Aggregate e Super EBA. Os efeitos citotóxicos foram avaliados utilizando-se ensaio MTT da atividade enzimática mitocondrial e ensaio CV para número de células. Usando culturas inseridas e fibroblastos L-929. O All-Bond 2 também foi avaliado. A análise estatística dos resultados mostrou que o CRCS apresentou menor toxicidade, seguido pelo Endomet e AH26. Entre os materiais retroobturadores, MTA não foi citotóxico; Gallium GF2 apresentou pequena citotoxicidade, e Ketac Silver, Super EBA e Amálgama mostraram alto nível de citotoxicidade. O CRCS mostrou-se o melhor cimento obturador, e o MTA o melhor material retroobturador. O Gallium GF2 também se mostrou favorável como material retroobturador.

Mitchell et al, 1999, realizaram estudo para investigar a biocompatibilidade do agregado trióxido mineral (MTA), cultivando em células humanas MG63 de osteossarcoma na presença dos materiais, observando a citomorfologia e crescimento das células, e analisando a expressão de citocinas. Foram empregados materiais de referência. O crescimento das células foi quantificado preparando-se amostras (n = 6) em 2, 4 e 7 dias, analisadas em microscópio eletrônico de varredura e marcando-se a quantia de material que foi coberto por células saudáveis. Subseqüentemente, foram testadas amostras de meio de cultura usando ensaios de ELISA para expressão de Interleucina (IL)-1alpha, IL-6, IL-8, IL-11 e colônia de macrófagos fator estimulante (M-CSF). Estes ensaios foram comparados com controles onde nenhum material estava presente. Resultados mostraram crescimento favorável de células em MTA. Expressão de IL-6 de células era só evidente na presença de MTA e Interpore 200. Só foram expressos Interleucina-8 em concentrações altas na presença de MTA. Não havia evidência de expressão de IL-1alpha ou IL-11 com qualquer material. Produção de M-CSF era alta para todos os materiais. Os resultados indicam o MTA como biocompatível e satisfatório para uso em situações clínicas.

Keiser, Johnson, Tipton, 2000, realizaram estudo com o objetivo de comparar a citotoxicidade do MTA e de outros materiais retroobturadores comumente usados, o Super EBA e o amálgama. Assim, foi realizado um ensaio de viabilidade de células para atividade de dehydrogenase de mitocôndrias em fibroblastos do ligamento periodontal humano depois de 24

horas de exposição em extratos de concentrações variadas dos materiais em teste. Metacrilato de metila 2% (vol/vol) serviu como o controle positivo, e o meio de cultura completo serviu como o controle negativo. Diferenças em valores de viabilidade de células foram avaliadas por ANOVA ( $p < 0.05$ ). A sucessão de toxicidade foi amálgama > Super EBA > MTA. Este estudo apoia o uso de MTA como material retroobturador.

Zhu et al, 2000, verificaram a adesão de osteoblastos humanos em materiais retroobturadores como agregado trióxido mineral (MTA), IRM, compósito e amálgama, observada através de microscopia eletrônica. Esses materiais foram condensados em discos de aproximadamente 1 mm de espessura e 1 mm de diâmetro. Após a presa, eles foram colocados em placas de cultura de 96 poços. Foram semeados osteoblastos humanos na cavidade das placas a  $1.5 \times 10^5$  células. Depois de 1 dia em cultura, foram examinados os discos dos materiais retroobturadores junto com as células crescidas na superfície deles com um microscópio eletrônico. Resultados mostraram que os osteoblastos se fixam e difundem-se sobre o MTA e compósito pela formação de uma monocamada. Osteoblastos também se prenderam em amálgama, mas com poucas células estendidas. Na presença de IRM, osteoblastos apareceram ao redor sem nenhuma extensão. Estes resultados indicam que osteoblastos têm uma resposta favorável ao MTA e ao compósito quando comparado com IRM e amálgama.

## **2.4. Avaliação da Atividade Antibacteriana**

Torabinejad et al, 1995 e, relataram que para um material ter boa habilidade seladora, o material retroobturador deve possuir alguma atividade antibacteriana. Investigaram os efeitos antibacterianos do amálgama, óxido de zinco-eugenol, super EBA e agregado trióxido mineral em 09 bactérias facultativas e em 7 bactérias anaeróbias estritas. Após o crescimento bacteriano em meio sólido, os materiais teste, logo após manipulação e após 24 horas, foram inseridos e incubados em atmosfera por 24 a 48 horas a 37° C. Discos impregnados com super EBA líquido foram utilizados como grupo controle positivo. Os efeitos antibacterianos de cada material foram mensurados em milímetros e os resultados verificados pela análise da variância e pelo teste de Sheffé, para determinar diferenças entre os efeitos antibacterianos e os materiais teste. Os discos impregnados com super EBA líquido causaram vários graus de inibição do crescimento para ambas bactérias anaeróbias estritas e facultativas. O amálgama não apresentou nenhum efeito antibacteriano neste estudo. O MTA teve efeito antibacteriano em algumas das bactérias facultativas e nenhum efeito sobre as bactérias estritas. O óxido de zinco e eugenol e o super EBA tiveram algum efeito antibacteriano sobre ambos os tipos de bactérias testadas. Os autores concluíram que nenhum dos materiais teve completo efeito antibacteriano designados para materiais retroobturadores.

Estrela et al, 2000, objetivaram analisar a ação antimicrobiana de alguns materiais como: MTA, Dycal, pasta de hidróxido de cálcio, Sealapex e cimento Portland. Os elementos químicos do MTA e de 2 cimentos Portland foram analisados. Foram utilizadas 4 cepas bacterianas (*Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis*) e uma de fungo (*Candida albicans*) e uma mistura destes. Utilizadas 30 placas de Petri, com o uso de um cilindro de cobre, foram confeccionadas 4 cavidades em cada placa de 4mm de profundidade e 4mm de diâmetro as cavidades foram preenchidas com as substâncias testes. As placas foram pré-incubadas por 1 hora em temperatura ambiente e depois incubadas a 37° C por 48h. Os diâmetros das zonas de inibição e difusão foram medidos. A análise dos elementos químicos presentes no MTA e em 2 amostras do cimento Portland foi realizada por meio de um espectrômetro de fluorescência de raios X. Os resultados mostraram que a atividade antimicrobiana da pasta de hidróxido de cálcio foi superior ao MTA, Portland, Sealapex e Dycal para os microorganismos testados, com zonas de inibição de 6-9,5mm e de difusão de 10 a 18mm. O MTA, Portland e Sealapex apresentaram somente zonas de difusão, sendo que o Sealapex apresentou a maior delas. Para o Dycal não houve zonas de inibição ou difusão. Os cimentos Portland apresentaram as mesmas características químicas do MTA, exceto que o MTA contém bismuto.

## **2.5. Características e Propriedades do MTA, Super EBA e Cimento Portland.**

### **2.5.1. MTA**

Abedi; Ingle, 1995, relataram que a maior parte dos materiais utilizados em endodontia são guta-percha e cimentos, sendo que para situações especiais como reparo de perfurações e obturações apicais, materiais específicos são necessários, uma vez que estes materiais entram em contato direto com os tecidos periapicais. O MTA foi desenvolvido, na Universidade de Loma Linda, para selamento de perfuração entre o sistema de canais radiculares e a superfície externa da raiz. Os experimentos começaram com propriedades físicas do material e biocompatibilidade, seguindo-se de estudos clínicos. Os resultados se mostraram bastante promissores, oferecendo a possibilidade real de regeneração para os casos de perfuração.

Sobre o reparo de perfurações de furca Arens, Torabinejad, 1996, relatando dois casos afirmaram que as perfurações de furca são acidentes que podem ocorrer durante a terapia dos canais radiculares. Estudos mostram que os materiais comumente usados para reparar estas iatrogenias são inadequados. O prognóstico no caso de perfuração é dificultado pela infiltração bacteriana ou pela baixa biocompatibilidade dos materiais reparadores. Baseados em estudos sobre propriedades físicas e biológicas, foi introduzido o MTA que se mostra adequado para o fechamento de comunicação entre a câmara pulpar e tecidos periodontais.

Várias substâncias e associações foram propostas na busca da manutenção da vitalidade pulpar por Derzan Júnior, Garcia, 1998, os quais afirmaram que dentre os materiais mais recentes, encontra-se o agregado trióxido mineral. O MTA tem como principais indicações obturações de perfurações radiculares e retroobturações. É composto de um pó que pode ser branco ou cinza, que consiste de partículas hidrofílicas, possuindo pH alcalino (em torno de 12,5). Utilizado como material capeador pulpar direto exibiu formação de ponte de dentina e previne microinfiltração. Possui resultados semelhantes aos do hidróxido de cálcio, quanto a formação de barreira de tecido duro, exibindo aspectos histológicos muito semelhantes após utilização em pulpotomias e proteção direta de remanescentes pulpares. O MTA necessita de maiores investigações, contudo parece surgir como eficaz auxiliar na terapia endodôntica.

Segundo Torabinejad, Chivian, 1999, o MTA é uma alternativa potencial como material retroobturador para ser usado em Endodontia. Vários estudos *in vitro* e *in vivo* mostram que o MTA evita microinfiltração, é biocompatível e promove regeneração do tecido original quando em contato com a polpa dental ou tecidos perirradiculares. Assim possui indicações para uso clínico em tratamentos conservadores da polpa dental: capeamentos e pulpotomias; pode ser usado como barreira apical em dentes com ápices imaturos; reparo de perfurações radiculares sendo por via cirúrgica (reparo extrarradicular) ou via canal; pode também ser utilizado como material retroobturador do sistema de canais. Possui ainda outros usos como: “plug” após obturações, cervicalmente

antes de clareamentos; material obturador temporário; reparo de fraturas verticais, em caso de reimplantes intencionais.

O agregado trióxido mineral, ou MTA, é um material novo desenvolvido para Endodontia, que parece ser uma melhoria significativa em cima de outros materiais, para procedimentos em osso. É o primeiro material restaurador que constantemente permite a neoformação de cimento, e pode facilitar a regeneração do ligamento periodontal, segundo afirmam Schwartz, et al, 1999. Os autores apresentaram cinco casos nos quais MTA foi usado para administrar problemas clínicos. Estes incluíram fratura de raiz vertical, apexificação, selamento de perfuração e conserto de um defeito de reabsorção. Em cada caso, MTA permitiu regeneração óssea e eliminação de sintomas clínicos. Materiais como cimento de óxido de zinco e eugenol e combinações de resina foram usados no passado para consertar defeitos de raiz, mas o uso deles resultou na formação de tecido conjuntivo fibroso adjacente ao osso. Uma vez que o MTA permite neoformação de cimento e do ligamento periodontal pode ser, com certeza, um material ideal para procedimentos de endodônticos.

Souza et al, 1999, afirmaram que perfurações radiculares de origem iatrogênica podem acontecer durante as várias etapas do tratamento dos canais como preparo das cavidades de acesso, instrumentação e preparo para colocação de pino intra-radicular. O comprometimento dos tecidos subjacentes ao local da perfuração torna o prognóstico do elemento envolvido duvidoso. O

Super EBA e o MTA se encontram entre os materiais citados para o reparo imediato dessas perfurações, contudo o uso do MTA mostrou ser um material mais promissor, necessitando contudo de novos estudos clínicos para melhor avaliação.

Bryan, Woollard, Mitchell, 1999, afirmaram que os passos mais importantes no manejo de uma perfuração de furca são: atuação imediata, isolamento adequado, desbridamento e selamento do defeito provocado pela perfuração. Estudos têm demonstrado que materiais reparadores ou material básico semelhantes como o amálgama, cavit, hidróxido de cálcio, ionômero de vidro, hidroxiapatita, fosfato tricálcio e osso desmineralizado não têm oferecido resultados satisfatórios. Atualmente, com o surgimento do MTA foram obtidos avanços significantes nas modalidades de tratamento para reparo de perfuração de furca.

A perfuração radicular pode ser um problema difícil de tratar, de acordo com afirmação de Germain, 1999 e tratamentos cirúrgicos são difíceis e têm um prognóstico duvidoso. Sucesso variável pode ser conseguido com o reparo clássico através de materiais e tratamento não cirúrgico. O MTA aparentemente tem se mostrado bastante promissor para selamento de defeitos com bom prognóstico a longo prazo.

Magini, Censi, Arcari, 1999, apresentaram proposta terapêutica procurando superar as dificuldades associadas ao tratamento de perfurações

radiculares. Através de caso clínico de elemento portador de perfuração radicular ao nível do terço médio, onde o tratamento convencional se mostrou inviável. Foi realizado reimplante intencional utilizando-se o MTA como material para preenchimento do local da perfuração, apresentando-se como um excelente material selador de perfurações.

Marcucci, Avólio, Deboni, 2000, afirmaram que diversos materiais são empregados nos procedimentos de obturação retrógrada nas cirurgias parodontodônticas. O amálgama é tradicionalmente usado, mas apresenta propriedades inferiores quando comparado ao IRM, ao Super EBA, ao ionômero de vidro, ao cimento N-Rickert, aos adesivos dentinários, à liga de Gálio-GF e ao trióxido mineral agregado. Este último, recentemente desenvolvido, possui melhor selamento apical, menor infiltração bacteriana, sofre pouca influência do sangue e da umidade e não apresenta citotoxicidade quando comparado aos outros materiais, o que o torna um material extremamente promissor em obturações retrógradas.

Salles et al, 2000, concluíram que as perfurações dentárias comunicam o sistema de canais e as estruturas de suporte dos dentes, podendo levar até a perda do elemento dentário devido a contaminação e conseqüente desintegração dos tecidos periodontais. A instituição de tratamento adequado pode melhorar o prognóstico. No reparo de perfurações é essencial obtenção de um selamento efetivo e biologicamente compatível. O agregado trióxido mineral (MTA), devido a suas excelentes propriedades físico-químicas e

biocompatibilidade é um material que permite nova perspectiva no tratamento de perfurações dentárias. Dentre as propriedades do MTA que o qualifica como material reparador para caso de perfurações podem-se salientar efetivo desempenho como material selador, material sem potencial irritativo, não mutagênico, biocompatibilidade e estimulador tecidual (indutor de formação de tecido mineralizado).

Proteínas osteogênicas, capazes de induzir formação de tecido mineralizado, dentre estas a proteína OP-1 vem apresentando resultados satisfatórios em modelos experimentais. Tendo em vista este fator, Hass et al, 2001, procuraram comparar, através de revisão de literatura, a viabilidade terapêutica do uso desta proteína em relação ao uso de outros materiais como o hidróxido de cálcio e o MTA. Os dois materiais apresentam mecanismos de ação semelhante, contudo o hidróxido de cálcio possui dados histológicos e clínicos consolidados na literatura. Em relação a OP-1, apesar de ser um material promissor necessita de maiores comprovações de suas propriedades biológicas, indicações e limitações para fundamentá-lo como alternativa terapêutica.

De acordo com Schmitt, Lee, Bogen, 2001, o Mineral Trioxide Aggregate (MTA) é um novo material recentemente aprovado pela FDA para uso na terapia pulpar. O MTA é utilizado por ter biocompatibilidade superior e habilidade seladora e por ser menos citotóxico que outros materiais usados atualmente em terapia pulpar. Devido a suas propriedades físicas e biológicas,

o MTA é utilizado para capeamento pulpar direto, apexificação e como alternativa de terapia quando o hidróxido de cálcio falha.

Segundo Witherspoon, Ham, 2001, foram utilizados numerosos procedimentos e materiais para induzir formação de barreira mineralizada na região apical. O agregado trióxido mineral (MTA) foi apresentado a odontologia como um material retroobturador. Tem indicações também como selador de perfurações radiculares e capeamento pulpar. O agregado trióxido mineral reage com fluidos teciduais para formar uma barreira apical de tecido duro. Como resultado, mostrou-se um valioso material para uso em tratamento de apicificação em sessão única, principalmente por tratar dentes imaturos com polpas necróticas.

Roda, 2001, afirmou que a reparação de perfuração de raiz foi historicamente uma modalidade de tratamento com taxa alta de fracasso clínico. Recentes desenvolvimentos nas técnicas e materiais utilizados em selamento de perfuração de raiz aumentaram as chances de um melhor prognóstico, tanto dos procedimentos cirúrgicos como dos não cirúrgicos. Realizou-se uma revisão da literatura sobre o selamento de perfuração radicular ilustrada, por apresentações de casos clínicos, a respeito dos princípios de selamento extrarradicular cirúrgico e reparo via canal, não cirúrgico, de perfuração radicular utilizando agregado trióxido mineral (MTA).

Segundo Lauretti, 2001, a partir da apresentação de um novo produto, o MTA, foram abertas perspectivas favoráveis para o tratamento de diversas complicações endodônticas como: perfurações radiculares, tratamento de reabsorções externas e internas, dentes em risogênese e obturações retrógradas em cirurgias pararendodônticas. O MTA possui alcalinidade semelhante ao hidróxido de cálcio, tem capacidade de induzir formação de tecido mineralizado, possui estabilidade dimensional, decorrente da característica de ser praticamente insolúvel. Devido a essas propriedades o MTA vem apresentando resultados estimulantes principalmente quando empregado no selamento de perfurações e em retroobturações.

A perfuração do assoalho da câmara pulpar é um acidente que pode levar a perda do elemento dentário, segundo Moraes, 2002. O tratamento nesses casos tem sido o selamento dessas perfurações, a hemisseccção, a amputação radicular e a extração dentária. Vários materiais têm sido usados para o preenchimento dessas perfurações, mais recentemente o MTA tem se prestado a esse papel. De acordo com relato na literatura, da semelhança química e de comportamento biológico entre o MTA e o cimento Portland, este último foi empregado para selamento de furca, em dois casos clínicos. Realizada preservação, após meses os elementos dentários, portadores de perfuração de furca tratados com Cimento Portland, permaneceram assintomático, sem edema e fístula, exibindo imagem radiográfica compatível com reparo da região de furca. Atualmente o cimento Portland pode ser encontrado no comércio, contendo óxido de bismuto como radiopacificador,

com o nome de MTA-Angelus®. Esse cimento apresenta-se como alternativa para o selamento de perfurações de furca, contudo o número de casos clínicos é pequeno, para indicar seu uso rotineiro.

O tratamento de dentes com ápices imaturos representa um desafio na Endodontia. Um prognóstico a longo prazo, mais favorável, pode ser alcançado com emprego do agregado de trióxido mineral (MTA), nos procedimentos de apexificação. A eficácia desta opção de tratamento testando a habilidade de selamento e características de retenção do MTA, quando colocado como uma barreira de apical, em um modelo de ápice aberto, foi avaliada por Hachmeister et al, 2002. O MTA foi colocado como uma barreira de apical a uma espessura de 1 mm ou 4 mm, com e sem medicamento de hidróxido de cálcio anterior. As barreiras foram testadas com exposição de bactéria dentro de um modelo de vazamento e deslocamento. O MTA mostrou-se opção de tratamento para dentes com ápices imaturos, tendo a habilidade seladora aumentada, favorecendo a técnica empregada.

### **2.5.2. Super EBA**

Oynick, Oynick, 1978, analisaram a necessidade de se utilizar, em retroobturações um material mais adesivo e mais biocompatível do que o amálgama. Realizaram então, um estudo clínico, radiográfico e microscópico do cimento Super EBA. Os resultados deste estudo demonstraram que este material apresentava resistência à compressão e à tração, pH neutro, baixa

solubilidade, ausência de expansão e radiopacidade satisfatória, sendo também classificado, após avaliação histológica como biocompatível.

Bruce; Mc Donald; Sydiskis, 1993, avaliaram o efeito citotóxico de alguns materiais retroobturadores, estes foram testados em cultura de células VERO. Os materiais estudados foram: amálgama, Super EBA e agente de união dentinário. A citotoxicidade foi determinada pela medição da área de morte das células ao redor da amostra, após os períodos de 24 horas, 7, 15 e 30 dias. Todos os materiais foram considerados tóxicos inicialmente, contudo o Super EBA e o agente de união tiveram o efeito citotóxico atenuado com o passar do tempo.

Estudo *in vitro* realizado por Biggs, Benenati, Powell, em 1995, utilizando 61 incisivos centrais superiores extraídos de humanos, divididos em 6 grupos de 10 dentes, com 1 dente para controle. Avaliaram as condições de retroobturações de amálgama, cimento de ionômero de vidro e cimento EBA. Os dentes haviam sido estocados em solução salina por dez anos. Foram realizadas retrocavidades com 2,5mm de profundidade e retroobturadas com cimento EBA, cimento Ketac e amálgama. O preparo das retrocavidades foi realizado com brocas de alta e de baixa rotação. Os resultados foram analisados por fotografias. Os autores constataram que o cimento EBA e o amálgama apresentaram melhores resultados que os apresentados pelo ionômero de vidro, quanto à presença de manchas, lacunas e aspereza em

sua estrutura, sugerindo que o EBA pode substituir o amálgama como material retroobturador de escolha.

Estudo *in vitro* realizado por Fulkerson, Czerw, Donnelly, 1996, avaliou a habilidade de selamento do Super EBA. Foram utilizados 46 dentes humanos extraídos, 26 incisivos centrais superiores e 20 incisivos inferiores, instrumentados até o instrumento 50 os superiores, e os inferiores até o 30. Dos elementos, 10 foram obturados somente com 1 cone de guta-percha e cimento super EBA, 10 elementos foram obturados pela técnica da condensação lateral com guta-percha e cimento Roth 80, 6 incisivos superiores foram utilizados como controle. A infiltração apical foi mensurada utilizando-se estereomicroscópio. Os resultados mostraram infiltração significativamente menor nos incisivos inferiores obturados com guta-percha e Super EBA. Não houve diferença significativa em infiltração quando comparado aos incisivos centrais superiores. Neste estudo, a obturação do canal radicular com um cone único de guta-percha e super EBA mostrou capacidade de eliminar ou reduzir a microinfiltração apical, sendo necessários mais testes para o uso clínico.

Sutimuntanakul; Worayoskowit; Mangkornkarn, 2000, compararam a habilidade de selamento do Super EBA, amálgama com verniz, amálgama com sistema adesivo e guta-percha termoplastificada com cimento obturador. Os resultados permitiram concluir que o Super EBA foi o material que promoveu o melhor selamento apical, dentre os materiais testados.

### 2.5.3. Cimento Portland

Tavares, Luiz, 1997 apud Leite, afirmaram que os cimentos são da classe dos materiais chamados de aglomerantes hidráulicos. Estas substâncias endurecem quando misturadas com água e ao mesmo tempo resistem a esta. No ano de 1824, Joseph Aspdin patenteou um produto por ele denominado de Cimento Portland, o qual era obtido a partir da calcinação da mistura de rochas calcárias provenientes da localidade de Portland, na Inglaterra, e materiais sílico-argilosos. Desde então o cimento Portland vem melhorando suas propriedades através da adição de substâncias. Estima-se que o MTA e o cimento Portland possuam 75% de sua composição semelhante, em vista disso, vários estudos vêm sendo direcionados para analisar comparativamente estes dois materiais.

Wucherpfennig, Green, 1999, estudaram a biocompatibilidade do cimento Portland e do MTA, realizando estudo onde células osteoblásticas (MG-63) foram cultivadas na presença de MTA e cimento Portland. Observando-se que após quatro e seis semanas as duas substâncias permitiram a formação do suporte de matriz óssea. Esses autores ainda realizaram estudo *in vivo* em ratos adultos, onde o cimento Portland e o MTA foram utilizados como material de capeamento direto de polpas expostas de primeiros e segundos pré-molares. Cinco animais por foram sacrificados após períodos de 1, 2, 3 e 4 semanas. Os resultados obtidos através da observação em microscopia ótica, demonstraram efeitos similares para os dois materiais

em células pulpares, onde foi observada aposição de dentina reparadora. Estas observações preliminares sugerem que tanto o Cimento Portland como o MTA podem ser utilizados como materiais obturadores.

Moraes, Aragão, Heck, 2001, avaliaram a reação do tecido subcutâneo de ratos ao implante do cimento Portland, estes afirmaram que este cimento é comumente usado em concreto e argamassa em estado plástico e endurece em aproximadamente 3 horas pela perda de água. Relataram também que os componentes básicos deste cimento são silicatos de cálcio, aluminato e ferroaluminato de cálcio, óxido de magnésio, óxido de cálcio, compostos alcalinos e sulfatos. No estudo foram utilizados 15 ratos, nos quais realizaram-se implantes de tubos de polietileno contendo cimento Portland. A análise histológica da região dos implantes permitiu observar reação inflamatória crônica, mas que ao final de 60 dias havia formação de tecido conjuntivo denso em volta da abertura do tubo, esses achados revelaram a biocompatibilidade do cimento Portland.

Em 2002, Duarte et al, avaliaram a contaminação do MTA-Angelus® e do Cimento Portland. A Angelus, empresa nacional, purificou e colocou radiopacificador no cimento Portland e lançou um MTA nacional no mercado. Havendo dúvida sobre a contaminação dos 2 materiais, foram examinados o MTA Angelus cinza e branco sem estarem esterilizados e o cimento Portland (Votoran – Votoratin SP), de um saco recém aberto e de um saco aberto a 2 meses. Sendo analisada contaminação tanto fúngica quanto bacteriana

presente nos dois materiais. Os materiais foram colocados em 3ml de caldo BHI ágar e incubados a 37° C por 24 horas (teste bacteriológico) e em 3ml de caldo Sabourand e incubados a 25° C por 72 horas (teste micológico). Posteriormente realizou-se agitação e divisão dos caldos, em placas com meios específicos para o crescimento de Gram + e Gram -, *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, *Enterococcus* e fungos. Os resultados mostraram não haver contaminação dos materiais estudados. Provavelmente devido ao preparo do cimento Portland ocorrer em temperaturas altíssimas, incompatíveis com o crescimento bacteriano e pelo fato do cimento Portland apresentar óxido de cálcio em sua composição, propiciando pH alcalino em torno de 12,3, sendo incompatível com a maioria dos microorganismos.

## **2.6. Reparação Tecidual**

Bhaskar, 1989, afirmou que ocorre regeneração quando o tecido lesado é reconstituído por células iguais àsquelas que foram destruídas. A reparação é um termo que abrange os casos onde os tecidos lesionados são substituídos por células diferentes. A primeira etapa da reparação é a formação de um coágulo. A área é a sede da inflamação, apresentando edema e os fragmentos de tecidos e células mortas são fagocitados e lisados. Há penetração de fibroblastos e alças capilares, no coágulo. O coágulo é substituído por tecidos contendo vasos, fibroblastos jovens e neutrófilos, constituindo tecido de granulação, precursor do tecido normal da área.

Quanto à capacidade de regeneração do tecido conjuntivo, Junqueira; Carneiro, 1995, afirmaram que as áreas de tecido que são destruídas por trauma ou inflamação são preenchidas por proliferação de tecido. Ocorre mitose de fibroblastos que dá origem a outros fibroblastos e outras células do tecido conjuntivo. Esse alto potencial de regeneração do tecido conjuntivo é importantíssimo quando há lesão de tecido que tem poder de regeneração baixo ou ausente. O tecido conjuntivo então repõe as áreas da destruição tecidual dando origem às cicatrizes.

Robbins et al, 1996, afirmaram que o processo de reparação tem início quando a reação inflamatória começa, a partir de 24 horas após a agressão. Esse início é observado pelo início da proliferação dos fibroblastos e células endoteliais vasculares, dando origem a tecido de granulação dentro de 3 a 5 dias. Os novos vasos se formam por um processo denominado angiogênese ou neovascularização. O tecido de granulação freqüentemente caracteriza-se por edema uma vez que os novos vasos apresentam junções frouxas, permitindo o extravasamento de hemácias e proteínas para o espaço extravascular. O tecido de granulação é o tipo de tecido característico da inflamação. A cicatrização é um fenômeno ordenado e complexo que possui várias etapas tendo início com a indução de processo inflamatório agudo, a regeneração, migração e proliferação de células teciduais parenquimatosas e conjuntivas; síntese de proteínas; remodelação do tecido conjuntivo, colagenização e aquisição de forças pela ferida (maturação).

Trowbridge; Emling, 1996, relataram que uma das principais funções do processo inflamatório é reparar o tecido lesado. Na regeneração ocorre retorno da natureza do tecido original, este processo se dá com células de capacidade de divisão mitótica, portanto quanto mais especializado o tecido menor a capacidade de regeneração. O processo de reparo no tecido conjuntivo segue basicamente a seguinte seqüência: hemorragia; formação de coágulo; ocorrência de fenômenos inflamatórios característicos – acúmulo de neutrófilos e macrófagos, vasodilatação e aumento da permeabilidade vascular. Os macrófagos têm a função de limpeza da ferida, sendo a célula mais importante na resolução da inflamação. Ocorre após esses fenômenos, neoformação capilar e fibroblastos migram para a área, iniciando produção de colágeno e arranjo de fibras, originando o tecido conjuntivo fibroso.

Barbosa, 1999, relatou que o reparo ocorre sempre que a integridade do tecido é quebrada. No caso do tecido conjuntivo o processo de cura acontece através da proliferação de fibroblastos e da formação de colágeno. Ocorre uma série complexa de eventos, como resposta vascular e de células inflamatórias visando a eliminação do agente agressor. Há colonização de fibroblastos na área, estes sintetizam colágeno que é secretado extracelularmente, formando a cicatrização, nesses casos é inevitável que a arquitetura original do tecido seja alterada. Assim o reparo pode levar a regeneração no tecido conjuntivo que seria a restauração da arquitetura original do tecido, mas para que isso ocorra é necessário que haja remodelação no tecido cicatricial, e isso não ocorre na maioria dos casos. Histopatologicamente no reparo, há formação de um novo

tecido conjuntivo, este é antecedido por um tecido de granulação que é rico de macrófagos, linfócitos e plasmócitos, apresentando também algum número de polimorfonucleares neutrófilos, nesse tecido existem inúmeros capilares neoformados envoltos por tecido mesenquimal. É nesse meio que os fibroblastos se multiplicam e o colágeno é depositado. Com o declínio da inflamação o tecido fibroso é produzido de forma ainda mais intensa.

Siqueira Jr, 2000, afirmou que o processo de reparo tecidual pode ser dividido em três fases: inflamatória, proliferativa e de remodelação. A fase inflamatória é subdividida em fase de hemostasia e fase inflamatória propriamente dita. Após a lesão tecidual geralmente ocorre ruptura de vasos e hemorragia que é controlada por vasoconstricção, ativação de plaquetas e formação de coágulo. Determinadas substâncias atuam provocando resposta vascular havendo assim incorporação de células no sítio da lesão, passando-se a fase da inflamação propriamente dita. Na fase inflamatória propriamente dita ocorre vasodilatação pronunciada, edema e infiltrado inflamatório generalizado. O início do processo de reparo dá-se com a chegada de células de defesa ao local lesionado, que aí desempenham as seguintes funções: prevenção de infecção no sítio da lesão; limpeza da área, com remoção de detritos teciduais e restos celulares; atração de células vasculares indiferenciadas e vasculares para o espaço da ferida. A fase proliferativa é marcada por migração celular, havendo proliferação de células que se responsabilizarão pelo reparo da ferida. Nesta fase a ferida é invadida por brotamentos vasculares, formando uma rede

capilar, caracterizando o processo de angiogênese. Ocorre formação de tecido de granulação inicial, onde o número de monócitos começa a ultrapassar o número de neutrófilos. A neovascularização continua a se desenvolver, a área de reparo é caracterizada pela presença de capilares e matriz de colágeno imatura, uma população de fibroblastos mistura-se aos novos capilares para formar o tecido de granulação inicial.

*PROPOSIÇÃO*

### 3. PROPOSIÇÃO

Avaliar a resposta tecidual, através de observações histológicas em microscopia ótica, do **ProRoot®** (agregado trióxido mineral); **Super EBA** (cimento de óxido de zinco e eugenol reforçado) e **Cimento Portland** (Tipo II/ F 32) – após implantação dos materiais em tecido subcutâneo de ratos, nos períodos de 7 e 30 dias.

# *MATERIAIS E MÉTODO*

## **4. MATERIAIS E MÉTODO**

### **4.1. – MATERIAIS**

#### **4.1.1 – ProRoot® MTA – (Dentsply)**

A versão utilizada nesta pesquisa foi ProRoot® (Refil- PROROOTCEM) – apresenta-se com dois envelopes cada um contendo 1 grama e 3 ampolas com água destilada.

O ProRoot® é um material para reparação de canal radicular, sendo classificado como um pó formado por partículas hidrófilas que tomam presa em presença de água. A hidratação do material origina uma geléia coloidal que se solidifica, formando barreira impermeável.

Segundo as especificações do fabricante a composição química do MTA ProRoot® é a seguinte: Silicato tricálcio, Óxido de bismuto, Silicato dicálcio, Alumínio tricálcio, Alumínioferrito tetracálcio, Sulfato de cálcio dihidratado.

O ProRoot®, vem com as seguintes indicações do fabricante: reparação de perfurações subseqüentes à reabsorção interna; reparação interna de perfurações iatrogênicas; formação do vértice da raiz; enchimento da extremidade da raiz e cobertura da polpa.

#### **Manipulação do material**

A proporção pó/líquido indicada foi de 3:1 (ou seja 3 partes do MTA para 1 de água destilada, correspondendo a 1 grama de cada envelope para cada ampola). O ProRoot® foi manipulado em placa de vidro, com espátula metálica (nº 72), imediatamente antes do uso. Manipulou-se o material conforme

instrução do fabricante, inserindo-o em seguida nos tubos de polietileno, no momento da implantação.

Os tubos de polietileno foram obtidos utilizando-se sonda uretral nº 5, sendo todos padronizados com 1 mm de diâmetro interno e 3 mm de comprimento. Após cortados com lâmina de bisturi, os tubos foram autoclavados e reservados para utilização no momento do ato cirúrgico.

A inserção do material nos tubos foi feita obliterando-se uma das extremidades do tubo e pressionando-se o cimento pela extremidade livre até completo preenchimento, com auxílio de espátula (espátula para cera, nº 7). Procedendo-se da mesma forma para os outros cimentos.

#### **4.1.2. Cimento Portland (Tipo II/ F – 32/ Itambé)**

O material utilizado na pesquisa, foi cedido pelo laboratório de controle de qualidade de uma empresa fabricante de cimento, estando acondicionado em recipiente plástico contendo cerca de 100g de material.

Especificações do produto no Anexo 1.

#### **Manipulação do material:**

Para o Cimento Portland (Tipo II/ F-32), não existe especificação do fabricante para seu preparo, foi então manipulado da mesma forma que o MTA, utilizando-se a proporção pó/líquido de 3:1 ( 3 partes de cimento Portland para 1 de água destilada). Espatulação em placa de vidro com espátula metálica, o material foi inserido no tubo de polietileno, previamente esterilizado, no momento do ato cirúrgico, sendo imediatamente implantado.

#### **4.1.3. Super EBA (Cimento de Óxido de Zinco Eugenol Reforçado)**

O Super EBA (BOSWORTH Co – USA) apresenta-se comercializado em embalagem que contém dois frascos de pó, um para presa rápida (15g) e outro com o tempo de presa normal (15g). O líquido é o mesmo para os dois tipos de pó.

O tempo de presa é influenciado pela temperatura e umidade. O pó que apresenta o tempo de presa normal varia de 3 a 6 minutos, já o de presa rápida varia de 45 segundos a um minuto e meio, utilizando-se neste trabalho o pó de presa rápida.

A fórmula do Super EBA apresenta a seguinte composição:

- pó – óxido de zinco – 60%; Óxido de alumínio – 34%; Resina natural – 6%.
- líquido - ácido orto / etoxi benzóico – 62,5 %; eugenol – 37,5%.

#### **Manipulação do material**

A proporção pó/líquido utilizada foi de uma medida de pó para uma gota de líquido. O material foi misturado através do emprego de uma espátula metálica (espátula nº 72), sobre uma placa de vidro, até completa homogeneização, sendo inserido imediatamente nos tubos de polietileno, previamente esterilizados, no momento da implantação.

## **4.2. MÉTODO**

### **4.2.1. Amostra**

Previamente ao início da pesquisa, o projeto foi enviado ao Comitê de Ética em Pesquisa com Animais do Centro de Ciências Biológicas da UFPE, cujo parecer favorável possibilitou a realização desta pesquisa. (ANEXO 2).

Para a avaliação da resposta tecidual foram utilizados 36 ratos adultos (*Rattus norvegicus*, albinus Wistar), pesando entre 250 a 300g, provenientes do biotério de criação do Departamento de Nutrição da UFPE, alimentadas durante o período experimental com dieta sólida e água “ad libitum”.

Foram estabelecidos três grupos de 12 ratos, um grupo para cada substância experimental:

Grupo A – ProRoot MTA – 12 ratos

Grupo B – Super EBA - 12 ratos

Grupo C - Cimento Portland – 12 ratos

Estes grupos foram subdivididos em dois subgrupos (1 e 2), de acordo com o tempo para ser realizado o sacrifício, após 7 dias (6 ratos) e após 30 dias (6 ratos), seguindo-se os mesmos procedimentos para cada substância experimental.

Como grupo controle positivo foram utilizados tubos de polietileno preenchidos por guta-percha e para controle negativo foram implantados tubos de polietileno vazios, conforme descrição no item 4.2.2.

#### **4.2.2. Etapa cirúrgico-experimental**

Os passos desta seqüência foram realizados no Laboratório Integral de Pesquisa do Mestrado em Odontologia da UFPE. Os materiais e instrumentos cirúrgicos foram devidamente esterilizados em autoclave.

Os animais foram submetidos à anestesia com Thionembutal (Tiopental sódico. Abbott Lab. Bras. Ltda) na dose de 50mg/kg de peso, o equivalente a 0,8 ml de solução anestésica por animal, em média.

Foi realizada tricotomia na região dorsal e antissepsia do campo operatório com solução de polivinilpirrolidona-iodo com 10% de iodo ativo. A partir da linha média, eqüidistante da inserção da cauda e da cabeça do animal, foram realizadas duas incisões simétricas com aproximadamente 6 mm de comprimento e o tecido divulsionado lateralmente com tesoura de ponta romba, procurando formar uma loja cirúrgica de aproximadamente 5 mm de profundidade.

Padronizou-se assim a implantação: na loja cirúrgica inferior direita foram implantados os grupos controle positivo e negativo. Na loja cirúrgica superior esquerda foram implantadas as substâncias em estudo. Os tubos de polietileno foram preparados e padronizados com 1mm de diâmetro interno e 3mm de comprimento. Foram implantados ao todo - 12 tubos contendo ProRoot, 12 tubos preenchidos com Super EBA, 12 tubos contendo Cimento Portland, 12 tubos preenchidos com guta-percha (os tubos preenchidos com guta-percha foram previamente preparados, aquecendo-se o bastão de guta-percha em lamparina, obtendo-se uma consistência que possibilitou inserção no tubo de polietileno até completo preenchimento) e 12 tubos de polietileno

vazios. Os tubos foram implantados na loja cirúrgica em temperatura ambiente.

As bordas da ferida foram suturadas com fio montado de seda 3.0.

Os grupos ficaram assim constituídos:

- ◆ Grupo A - ProRoot – subgrupo A1 (6 ratos) – sacrifício após 7 dias e subgrupo A2 (6 ratos) – sacrifício após 30 dias.
- ◆ Grupo B - Super EBA – subgrupo B1 (6 ratos) – sacrifício após 7 dias e subgrupo B2 (6 ratos) – sacrifício após 30 dias.
- ◆ Grupo C - Cimento Portland – subgrupo C1 (6 ratos) – sacrifício após 7 dias e subgrupo C2 (6 ratos) – sacrifício após 30 dias.
- ◆ Grupo D – controle positivo – tubo de polietileno preenchido por guta-percha
- ◆ Grupo E – controle negativo – tubo de polietileno vazio

Os grupos controle também foram coletados para análise histológica, obedecendo a mesma ordem, sendo removidas para análise 6 peças após o período de 7 dias e 6 peças após 30 dias.

Os ratos foram numerados aleatoriamente.

O grupo controle – guta-percha – foi implantado em 4 ratos (sendo feita no 3º, 6º, 9º e 12º rato) de cada grupo experimental (grupos A, B e C), totalizando 12 tubos implantados, procedendo-se da mesma forma com os tubos de polietileno vazios (sendo esta implantação realizada no 2º, 5º, 8º e 11º rato) .

Quadro 1 – Esquema dos grupos A, B e C, e subgrupos 1 e 2.

<p><b>36 ratos</b></p> <p><i>Rattus norvegicus</i></p>	<p>12 ratos (grupo A)</p> <p><b>ProRoot</b></p>	<p>6 ratos (<b>subgrupo 1</b>) – 07 dias</p> <p>6 ratos (<b>subgrupo 2</b>) – 30 dias</p>
	<p>12 ratos (grupo B)</p> <p><b>Super-EBA</b></p>	<p>6 ratos (<b>subgrupo 1</b>) – 07 dias</p> <p>6 ratos (<b>subgrupo 2</b>) – 30 dias</p>
	<p>12 ratos (grupo C)</p> <p><b>Cimento Portland</b></p>	<p>6 ratos (<b>subgrupo 1</b>) – 07 dias</p> <p>6 ratos (<b>subgrupo 2</b>) – 30 dias</p>

- A guta-percha e os tubos de polietileno vazios foram implantados em 4 ratos de cada grupo experimental (grupo A, B e C) .

Os ratos permaneceram no biotério de pesquisa do Departamento de Nutrição da UFPE, onde o funcionário foi responsável pela limpeza, alimentação e troca de água, sob a supervisão da pesquisadora.

Passados 7 e 30 dias após a intervenção cirúrgica, cada subgrupo de 6 animais, foi submetido à anestesia, conforme descrito no item 4.2.2, e sacrificados por inalação de éter sulfúrico. Após o sacrifício foi realizada tricotomia da área e dissecação na região dos implantes, abrangendo tecido suficiente para análise. As peças foram fixadas em solução de Bouin. Os animais sacrificados foram encaminhados ao Departamento de Cirurgia Experimental para posterior incineração.

#### **4.2.3. Procedimento Histológico**

A seqüência histológica foi realizada no Laboratório de Histologia e Embriologia do Centro de Ciências da Saúde da UFPE, pertencente ao Mestrado de Morfologia da Instituição.

As peças foram imersas na solução fixadora de Bouin numa relação de 1:10 volume tecido / volume de solução fixadora, por um período de 12 horas, após as quais, o tecido foi seccionado por meio de uma incisão longitudinal na região mediana do tubo, sendo os tubos retirados. As peças retornaram para solução até completar 48 horas de fixação. Foram em seguida, lavadas em várias passagens de álcool a 70% por 4 a 6 horas com o objetivo de eliminar os resíduos da solução fixadora. Depois foram desidratadas numa série crescente de álcool etílico a 70%, 80%, 90% e 2 vezes no álcool a 100% (absoluto), em um volume 10 vezes maior que o volume da peça, por um período de 40 minutos cada. Após a desidratação, as peças passaram pelo processo de diafanização ou clarificação, o qual foi constituído por 2 banhos de xilol por uma hora cada. Procedeu-se impregnação ou embebição das peças, nas quais foram dados dois banhos de parafina fundida a 56° C e mantidas em estufa histológica por 1 hora cada. Em seguida, as peças foram incluídas em blocos de parafina, deixando-os solidificar em temperatura ambiente. Ao término desses procedimentos as peças sofreram os processos de corte de 6 micrômetros de espessura, sendo montadas com Entelan, e realizadas colorações com hematoxilina e eosina (H.E.) e Tricrômico de Mallory (para colágeno).

A análise microscópica, das preparações histológicas, foi realizada no Departamento de Histologia da Universidade Federal de Pernambuco. No exame ao microscópio óptico, procurou-se observar, de acordo com os vários períodos estudados, os eventos histológicos através da intensidade do infiltrado inflamatório provocado pelos materiais experimentais, assim como pelos materiais utilizados como controle, junto à abertura tubular.

**RESULTADOS**

## **5. RESULTADOS**

Os resultados da pesquisa compreendem a descrição morfológica de todos os eventos inflamatórios e reparadores ocorridos na região dos implantes, nas adjacências imediatas da abertura do tubo.

### **5.1. Tubo Vazio (controle negativo)**

Aos 7 dias foi observado infiltrado inflamatório crônico discreto, constituído de: polimorfonucleares neutrófilos, macrófagos, plasmócitos e linfócitos. Conforme aumenta a distância da abertura do tubo de polietileno, ocorre diminuição do infiltrado inflamatório, crescendo o número de células fibroblásticas associadas a menor número de macrófagos e plasmócitos. Macroscopicamente, durante o preparo das peças observou-se invaginação de tecido neoformado para o interior dos tubos vazios, achado confirmado microscopicamente. (Figuras 1 e 2).

Após 30 dias, visualiza-se processo de reparação em proliferação. Presença de tecido estruturado, pequena quantidade de células inflamatórias crônicas. A análise microscópica permite visualização de grupo dessas células junto à abertura tubular, composto por pequeno número de plasmócitos e macrófagos; o tecido adjacente apresenta formação angiofibroblástica. (Figuras 3 e 4).

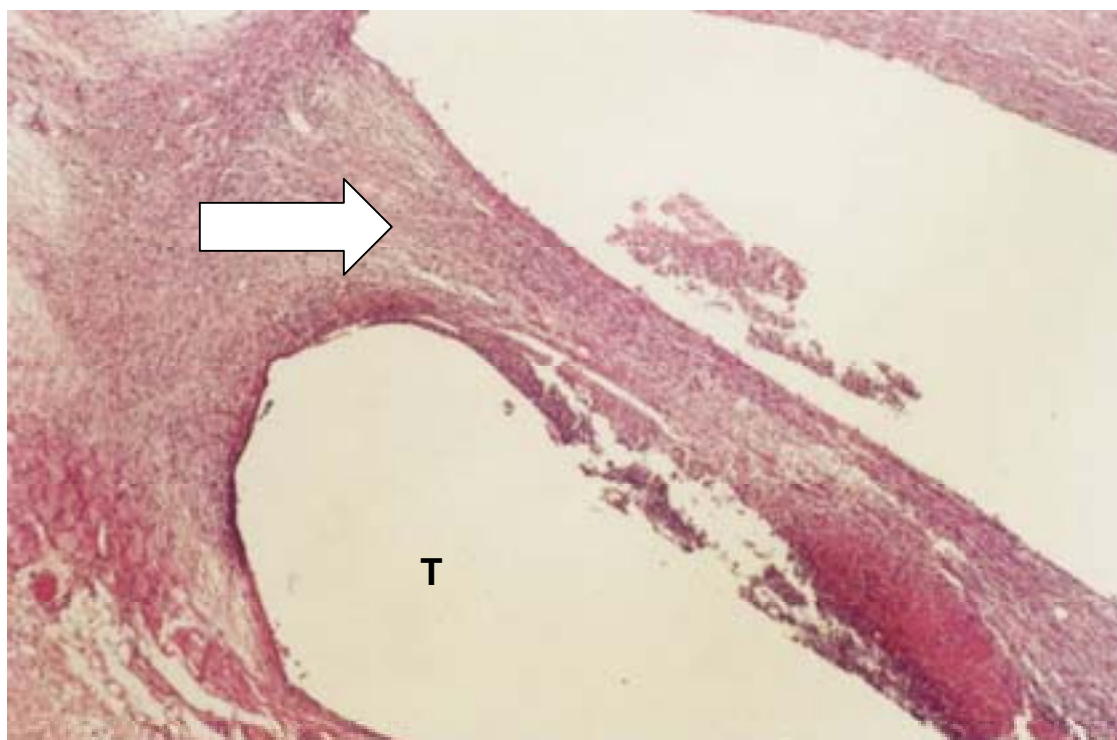


Figura 1 – Fotomicrografia de porção de derme de ratos após implantação de tubo de polietileno vazio, passados 7 dias de aplicação. Observar tecido invaginado no local do tubo (seta). Local do tubo vazio (T). H.E. (+- 43x)

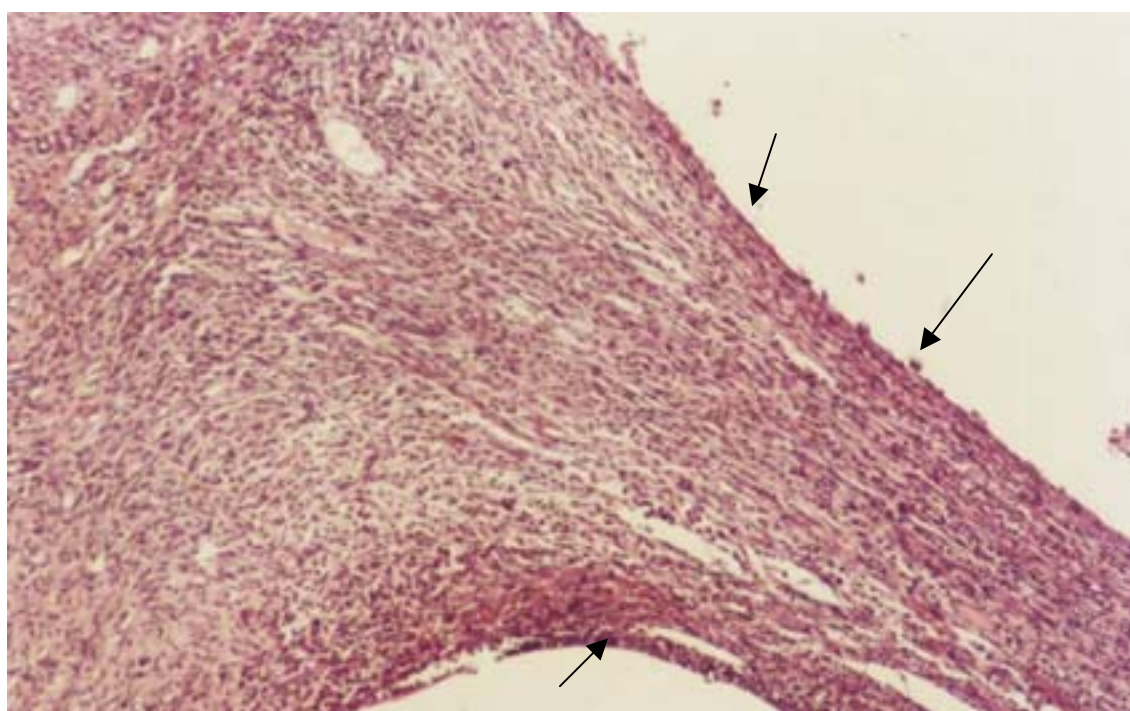


Figura 2 – Fotomicrografia de porção de derme de ratos após implantação de tubo de polietileno vazio, passados 7 dias de aplicação. Notar tecido invaginado (seta). Discreto infiltrado inflamatório crônico (setas). H.E. (+- 107x)

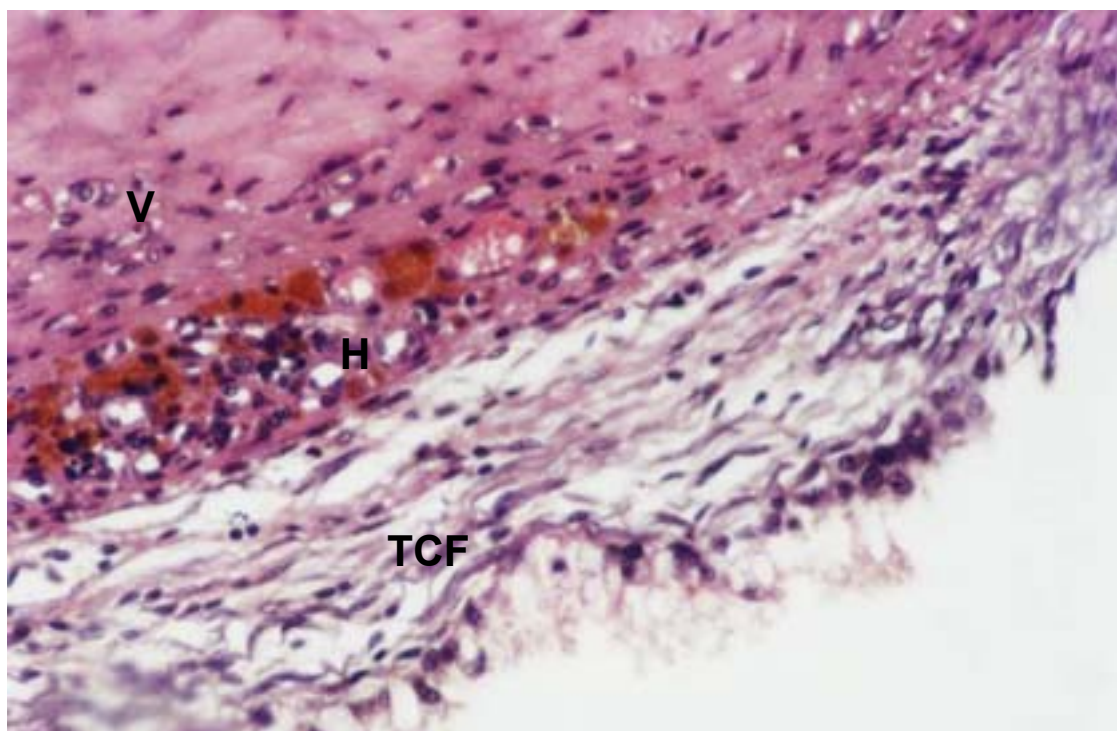


Figura 3 – Fotomicrografia de região subcutânea de ratos após 30 dias de implantação de tubo de polietileno vazio. Notar tecido conjuntivo fibroso em organização (TCF). Neoformação de vasos (V). Hemácias extravasadas (H). H.E. (+- 430x)

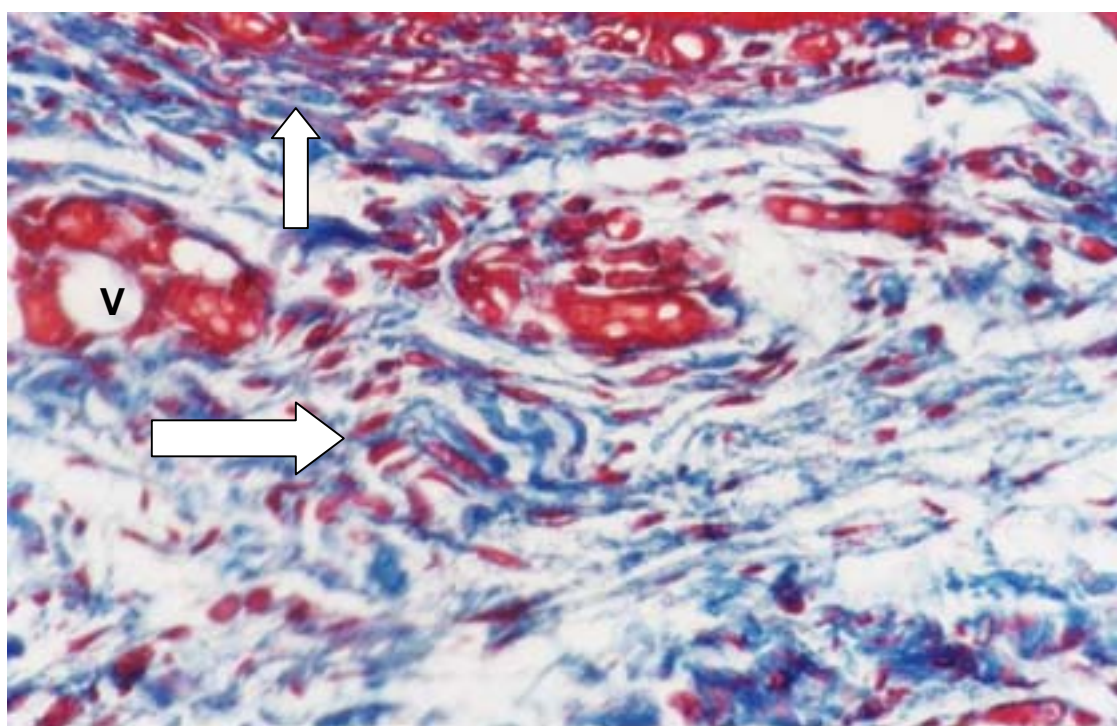


Figura 4 – Fotomicrografia de região subcutânea de ratos após 30 dias de implantação de tubo de polietileno vazio. Notar tecido conjuntivo fibroso com grande quantidade de fibras colágenas (setas). Neoformação vascular (V). Coloração: Tricrômico de Mallory (+- 430x)

## **5.2. Guta-Percha (controle positivo)**

Em 7 dias pode-se observar presença de infiltrado inflamatório crônico, em contato com o material. Conforme se distancia da abertura tubular há visualização de tecido conjuntivo fibroso. Em seqüência, o tecido apresenta-se normal – tecido conjuntivo denso. Notou-se que não houve invaginação de tecido como ocorreu nos espécimes com tubo vazio. Pode ser observada área de coagulação e existência de hemácias sendo fagocitadas (figura 5). Adjacente, tecido conjuntivo fibroso, apresentando neoformação vascular e significativo número de fibras colágenas (figura 6).

No período de 30 dias após a implantação, junto à abertura tubular observa-se linha de células inflamatórias crônicas. Distanciando-se da abertura, visualiza-se tecido fibroso com menor número de células. Observa-se também áreas isoladas de fagocitose de material, e também se visualiza alguns macrófagos fagocitando hemácias. (Figuras 7 e 8).

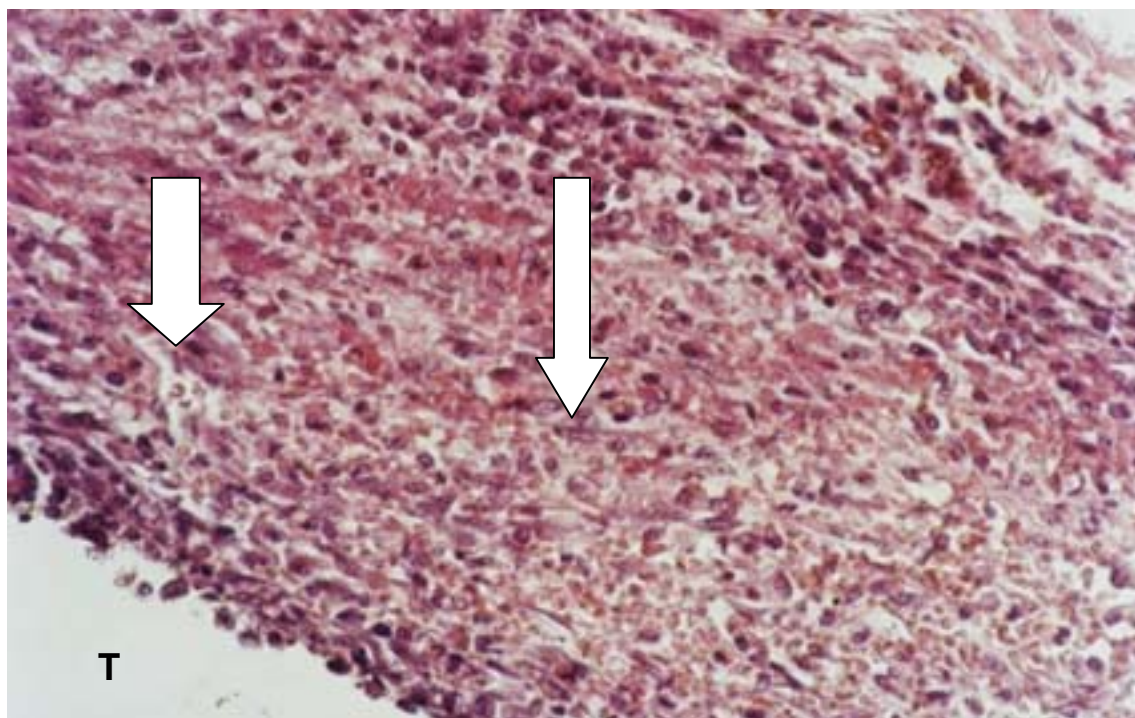


Figura 5 – Fotomicrografia de região subcutânea de ratos após 07 dias de implantação de tubo de polietileno preenchido por guta-percha. Notar presença de infiltrado inflamatório crônico (setas). Área do tubo (T). H.E. (+- 430x)

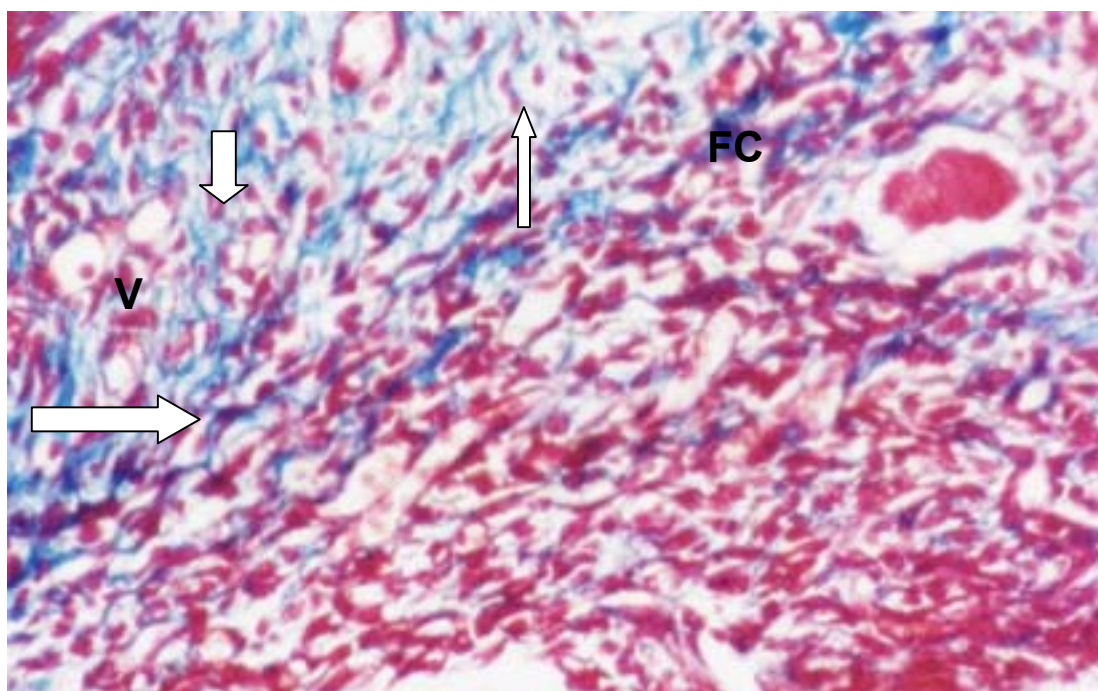


Figura 6 – Fotomicrografia de região subcutânea de ratos após 7 dias de aplicação de tubo de polietileno contendo guta-percha. Observar área de tecido conjuntivo fibroso (setas). Neoformação vascular (V). Fibras colágenas (FC) Coloração: Tricrômico de Mallory (+- 430x)

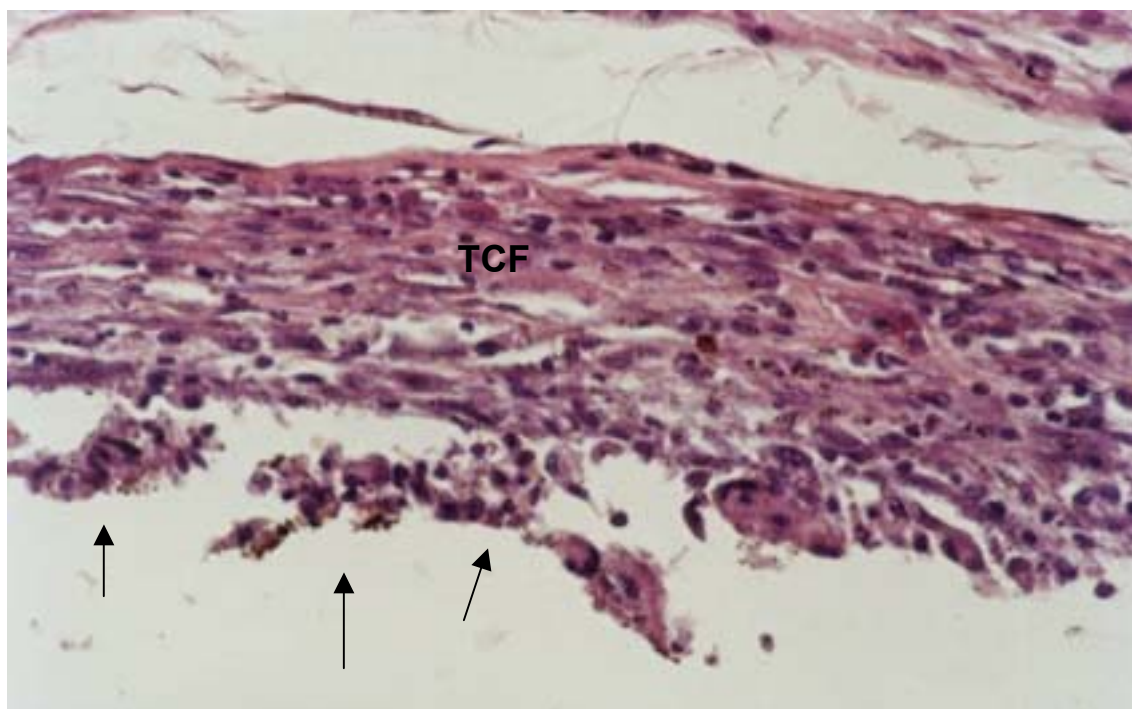


Figura 7 – Fotomicrografia de região subcutânea de ratos após 30 dias de implantação de tubo de polietileno preenchido por guta-percha. Notar área do tubo (T). Área de discreta fagocitose de material (setas). Tecido conjuntivo fibroso (TCF). H.E. (+- 107x)

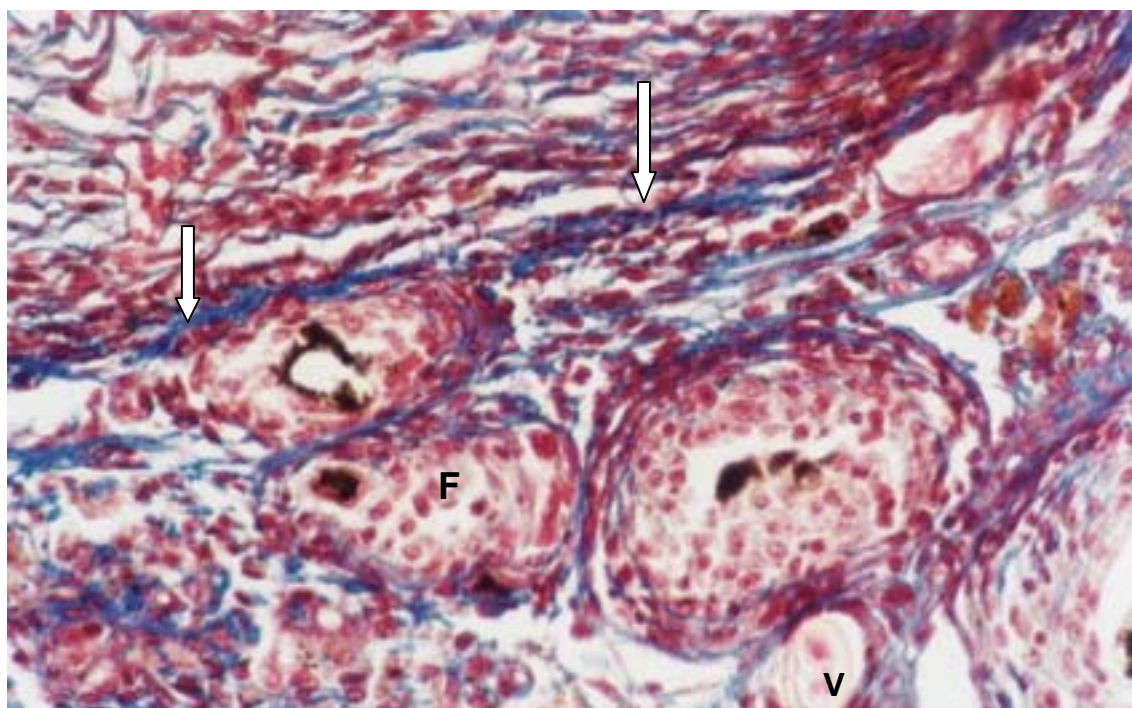


Figura 8 – Fotomicrografia de porção de derme de ratos após 30 dias de introdução de tubo de polietileno contendo guta-percha. Notar tecido conjuntivo, com grande número de fibras colágenas (setas). Neoformação vascular (V). Áreas de fagocitose (F) Coloração: Tricrômico de Mallory (+- 430x)

### **5.3. ProRoot®**

Em 7 dias, observou-se infiltrado inflamatório crônico intenso e grande quantidade de tecido granulomatoso. Também podem ser visualizadas áreas de intensa fagocitose, células gigantes de corpo estranho e macrófagos individualizados, intensa remoção de material. Caracterizando a formação de reação típica de um granuloma de corpo estranho. (Figuras 9 e 10).

Após 30 dias, ainda podiam ser visualizadas áreas de fagocitose, com material escurecido no interior dos macrófagos, e presença de tecido granulomatoso. (Figuras 11 e 12). Procedendo-se coloração específica para colágeno (Tricrômico de Mallory), visualizou-se inúmeras fibras colágenas adjacentes à região dos implantes com ProRoot®, observando-se também que a atividade fagocitária apresenta-se mais tênue (figura 13).

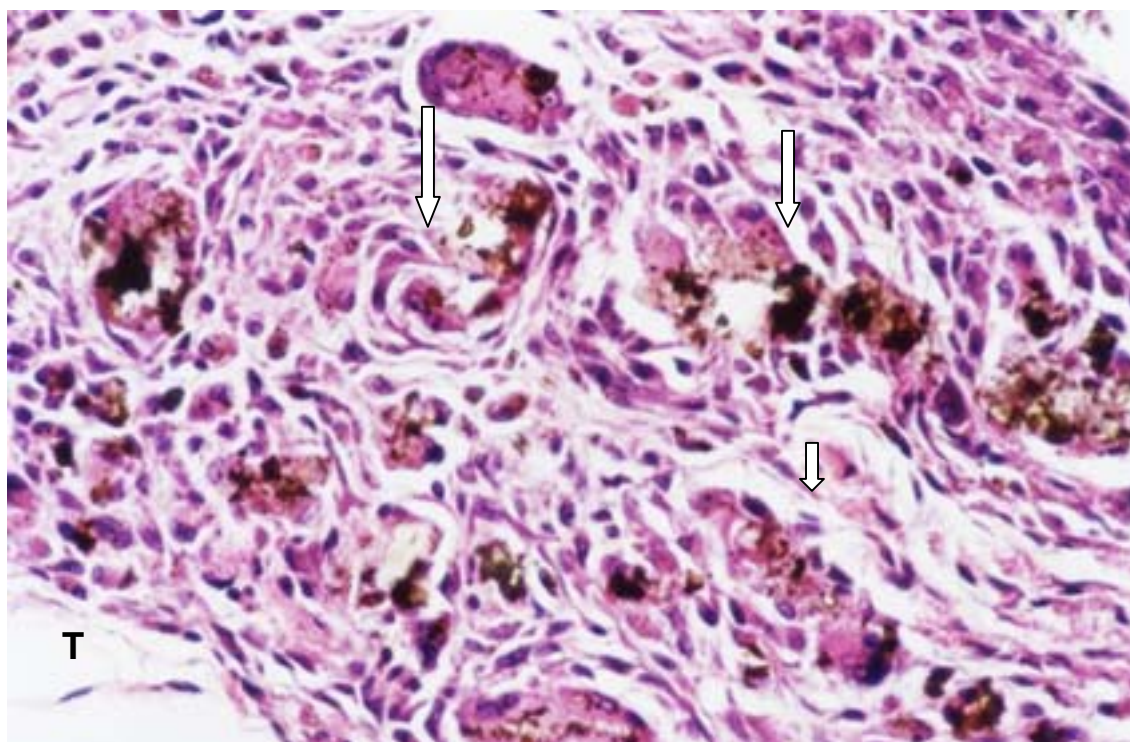


Figura 9 – Fotomicrografia de porção da derme de ratos passados 7 dias de introdução de tubo de polietileno preenchido com ProRoot. Notar área do tubo (T). Área de intensa fagocitose de material (setas). H.E. (+- 430x).

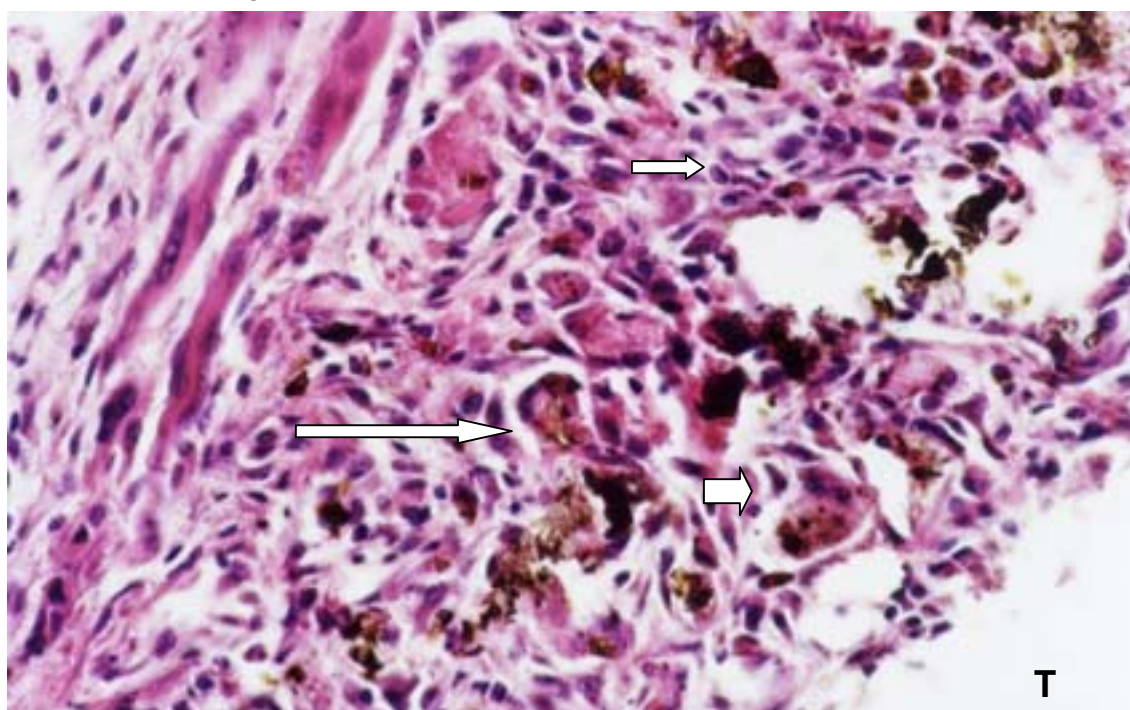


Figura 10 – Fotomicrografia de porção da derme de ratos passados 7 dias de introdução de tubo de polietileno preenchido com ProRoot. Observar área do tubo (T). Tecido granulomatoso com presença de células gigantes (setas). H.E. (+- 430x).

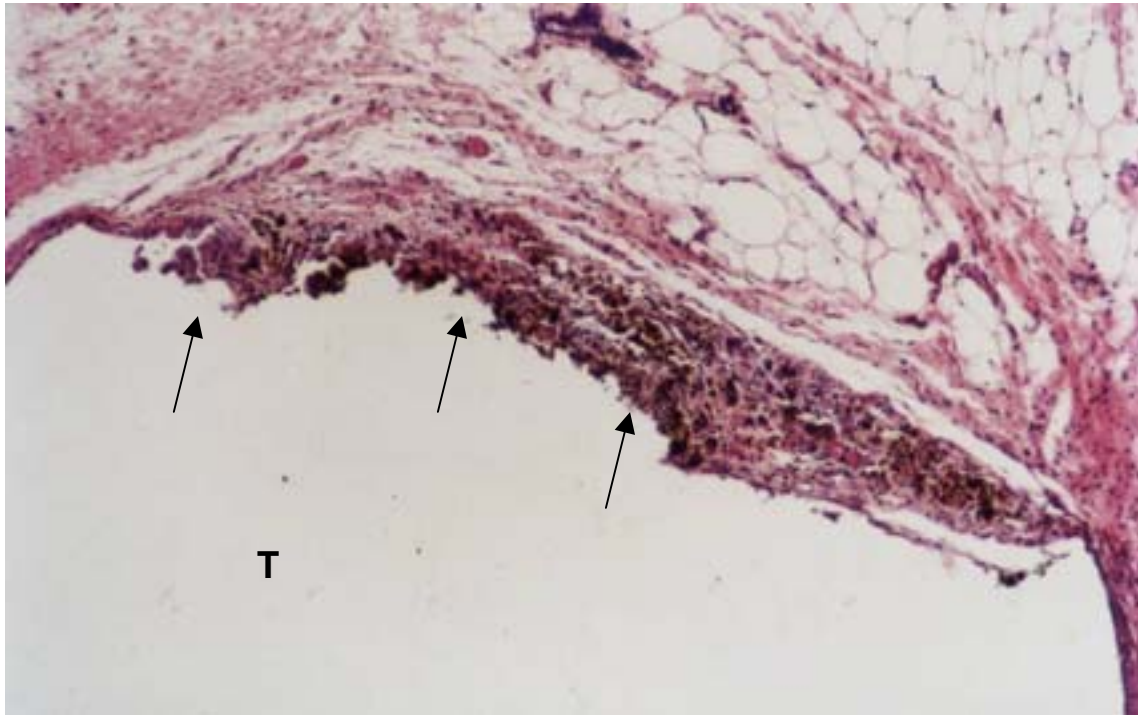


Figura 11 – Fotomicrografia de porção da derme de ratos após 30 dias de introdução de tubo de polietileno contendo com ProRoot. Observar área do tubo (T). Áreas de intensa fagocitose de material (setas). H.E. (+- 43x).

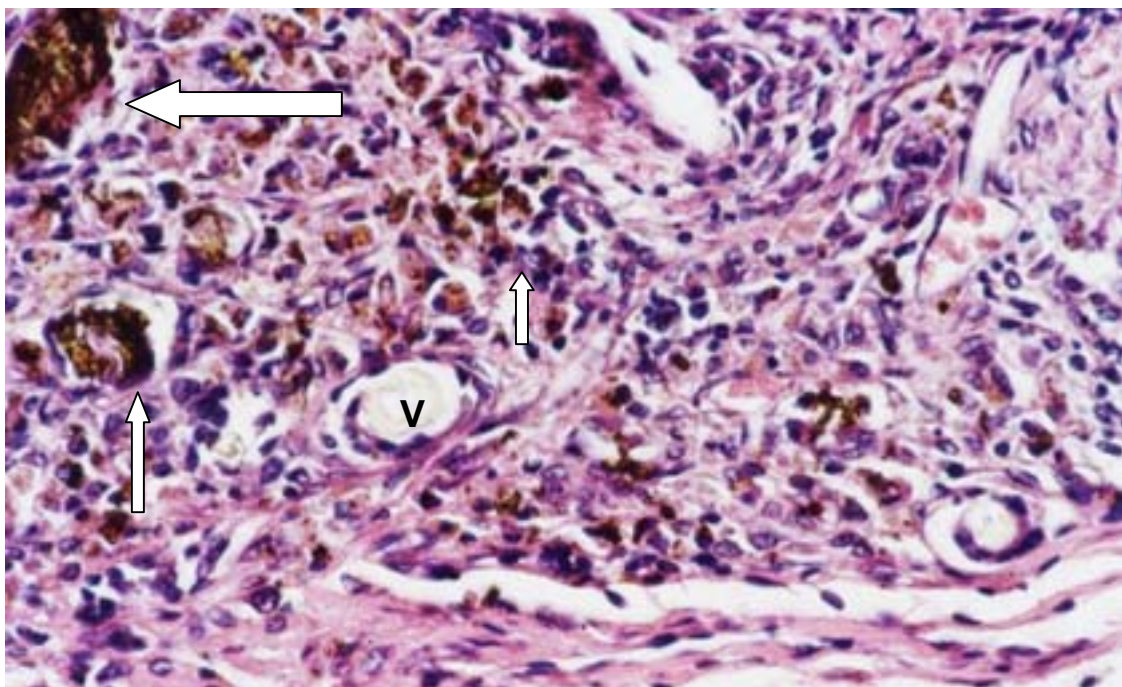


Figura 12– Fotomicrografia de porção da derme de ratos passados 30 dias de introdução de tubo de polietileno preenchido com ProRoot. Notar área de fagocitose de material (setas). Neoformação vascular (V) H.E. (+- 430x).

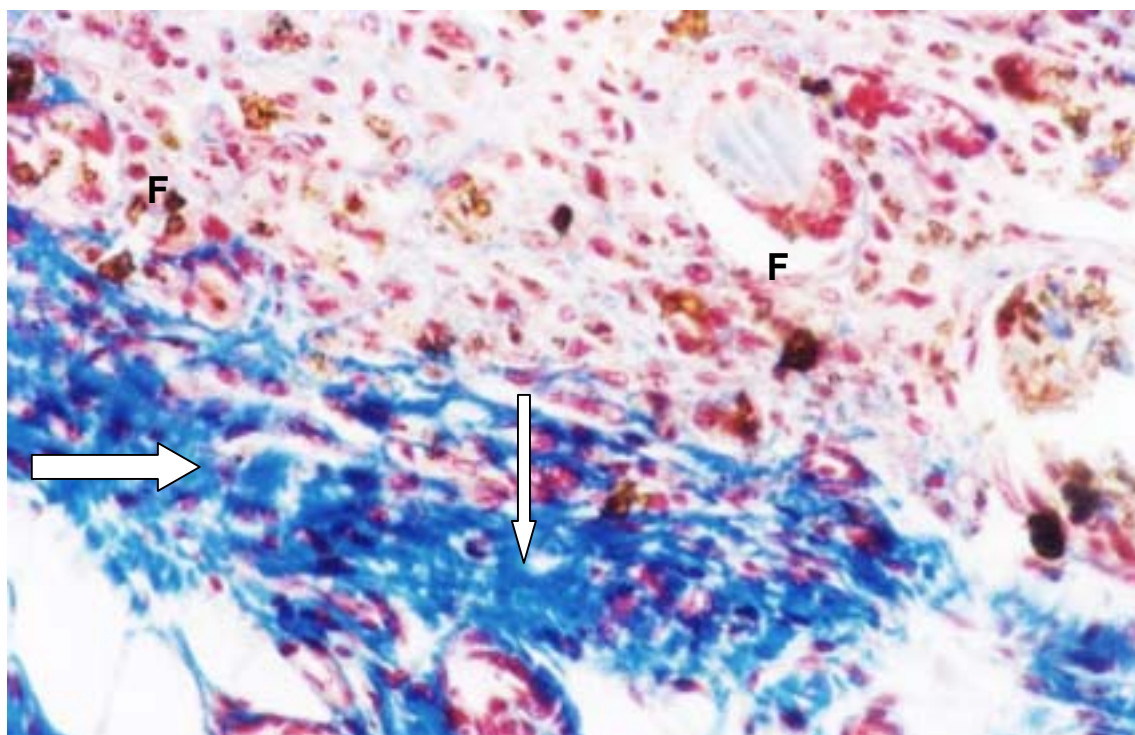


Figura 13 – Fotomicrografia de região subcutânea de ratos passados 30 dias de introdução de tubo de polietileno contendo ProRoot. Observar grande presença de fibras colágenas (setas). Área de fagocitose (F). Coloração: Tricrômico de Mallory (+- 430x)

#### **5.4. Super EBA**

Aos 7 dias, há presença de tecido conjuntivo fibroso e formação vascular. Infiltrado inflamatório crônico. Presença de macrófagos, linfócitos e plasmócitos. Observa-se ainda grande quantidade de hemácias extravasadas (figura 14). Área angiofibroblástica, contendo reação circunscrita com presença de célula gigante englobando material degenerado – restos de cimento ou detritos celulares (figura 15). O tecido fibroso encontra-se em reorganização, intensa proliferação angiofibroblástica (figura 16).

No período de 30 dias, foi observado tecido fibroso, com grande número de fibras colágenas. Presença de linfócitos, plasmócitos e macrófagos englobando restos de células e/ou material. Apareceram alguns vasos contendo pericitos, havendo também células mesenquimatosas indiferenciadas (figura 17). Em maior aumento, pode-se observar muitos plasmócitos e linfócitos e vários macrófagos (figura 18). Notou-se ainda área de intensa formação angiogênica, com muitos macrófagos e fibras colágenas (figura 19).

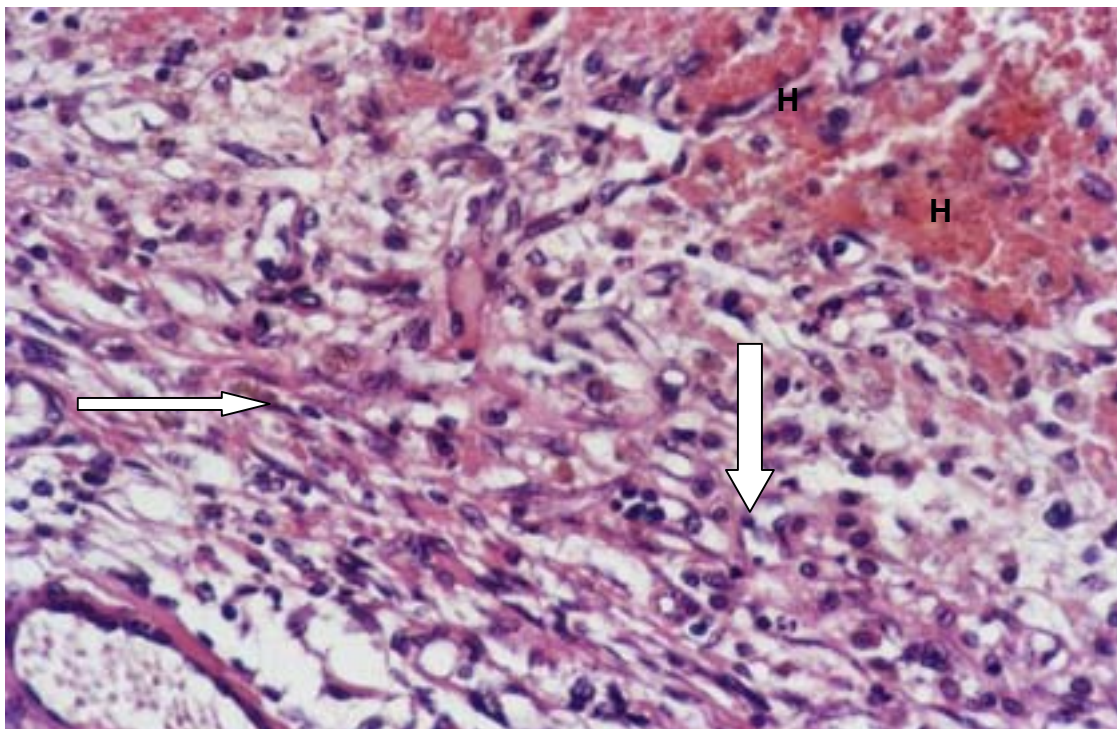


Figura 14– Fotomicrografia de porção da tecido subcutâneo, após 7 dias de introdução de tubo de polietileno contendo Super EBA. Notar tecido conjuntivo fibroso e neoformação vascular (setas) Hemácias extravasadas (H) . H.E. (+- 430x).

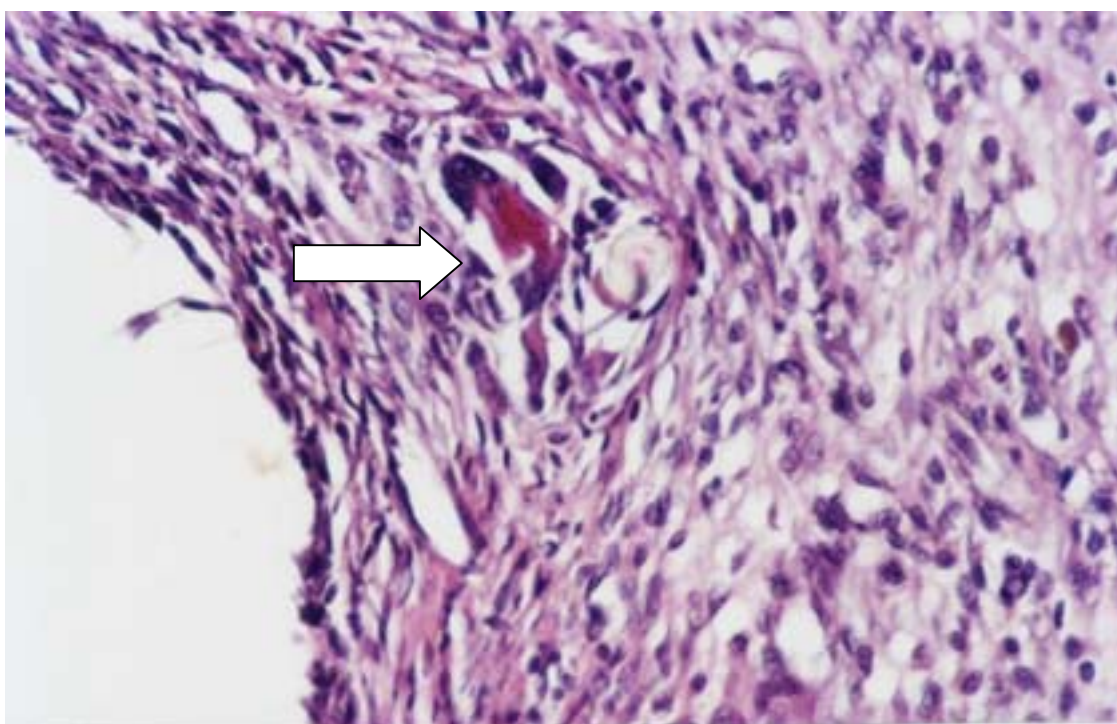


Figura 15– Fotomicrografia de porção da tecido subcutâneo, após 7 dias de introdução de tubo de polietileno contendo Super EBA. Observar presença de célula gigante (seta) . H.E. (+- 430x).

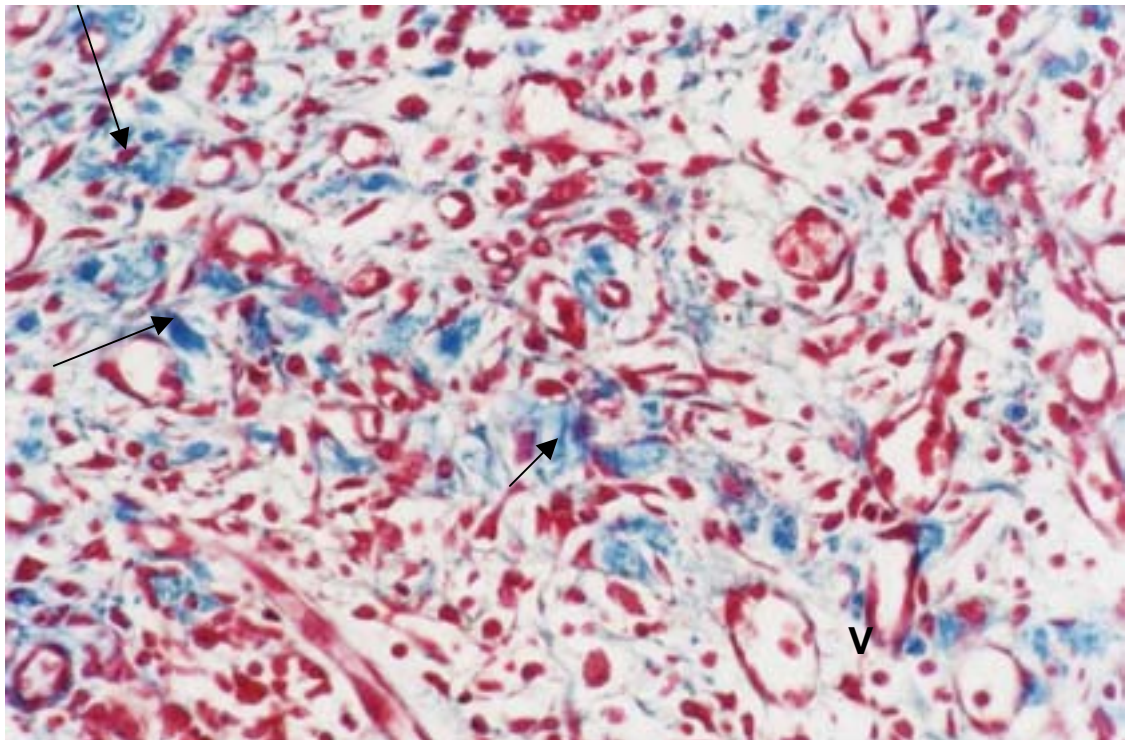


Figura 16 – Fotomicrografia de porção de derme de ratos após 7 dias de introdução de tubo de polietileno contendo Super EBA. Observar presença de fibras colágenas (setas). Intensa neoformação vascular (V). Coloração: Tricrômico de Mallory (+- 430x)

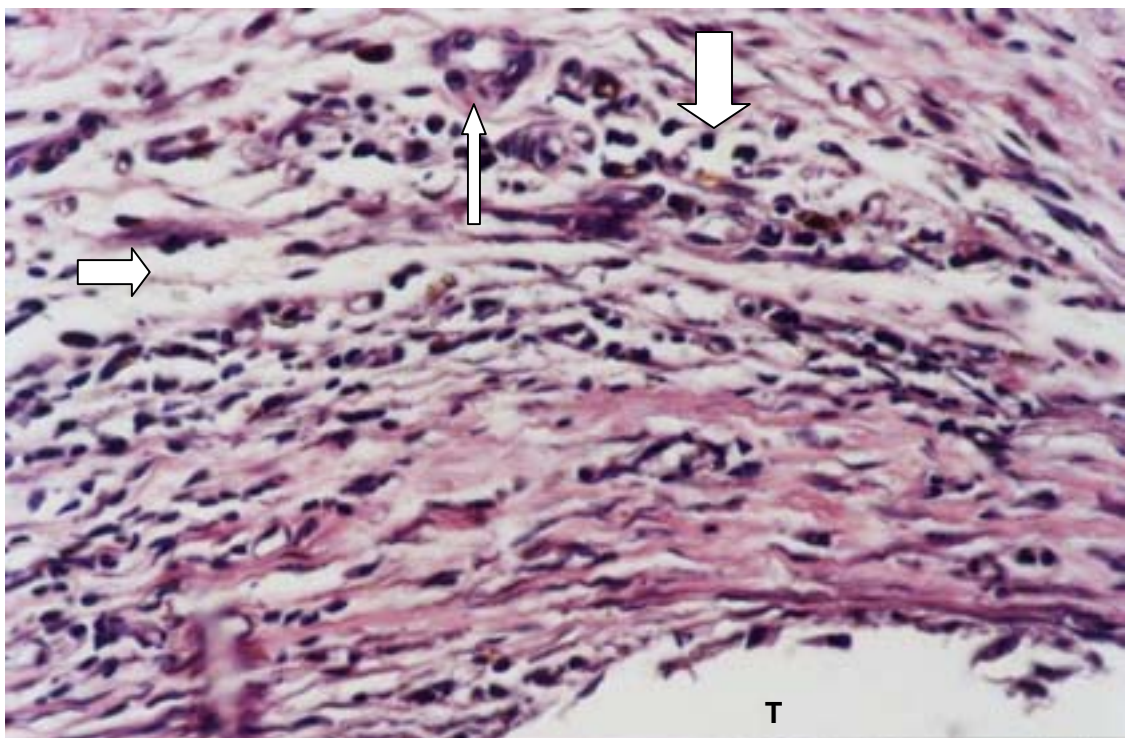


Figura 17– Fotomicrografia de porção da tecido subcutâneo, após 30 dias de introdução de tubo de polietileno contendo Super EBA. Observar presença de pericitos, linfócitos, plasmócitos e macrófagos (setas). Área do tubo (T). H.E. (+- 430x).

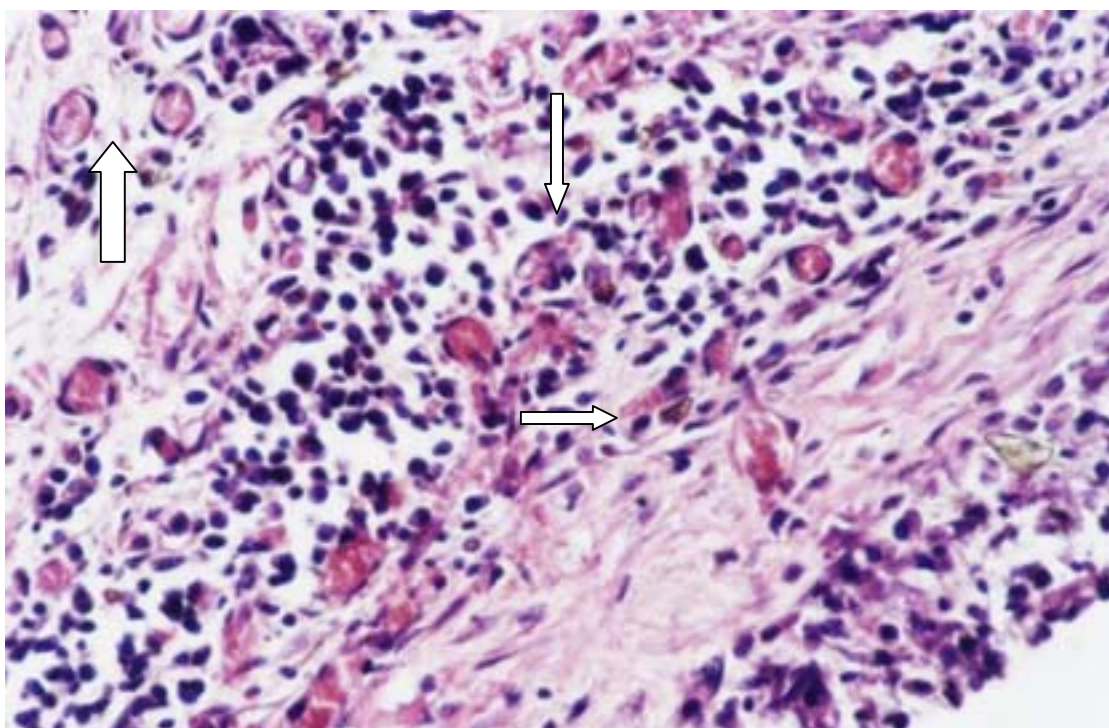


Figura 18– Fotomicrografia de porção da tecido subcutâneo, após 30 dias de introdução de tubo de polietileno contendo Super EBA. Observar grande número de macrófagos (M). Intensa angiogênese (setas). H.E. (+- 430x).

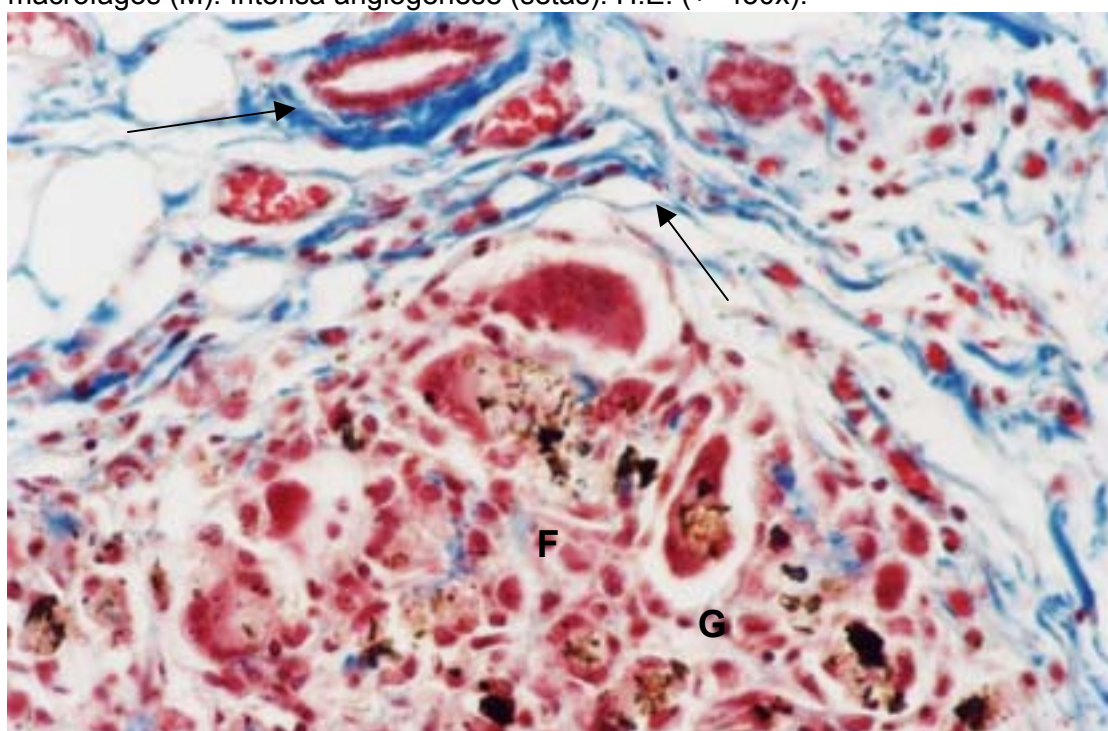


Figura 19 – Fotomicrografia de porção de derme de ratos após 30 dias de introdução de tubo de polietileno contendo Super EBA. Observar presença de fibras colágenas (setas). Área de fagocitose (F). Células gigantes (G). Coloração: Tricrômico de Mallory (+- 430x)

## **5.5. Cimento Portland**

Aos 7 dias observou-se reação inflamatória crônica. Presença de infiltrado inflamatório com fagocitose de material. Área inflamatória com presença de células gigantes, reação de corpo estranho. Áreas de fagocitose de material bem visualizadas na figura 20. Observa-se também intensa proliferação angiofibroblástica, presença de significativo número de fibras colágenas (figura 21).

No período de 30 dias, ocorreu diminuição do processo inflamatório, contudo ainda se observam áreas com fagocitose e remoção de material. Há presença de restos de cimento circundados por material fibroso e reação granulomatosa (figura 22). Visualizou-se ainda áreas de fagocitose de material, presença de células gigantes, grande concentração de macrófagos, alguns plasmócitos e tecido conjuntivo fibroso (figura 23).

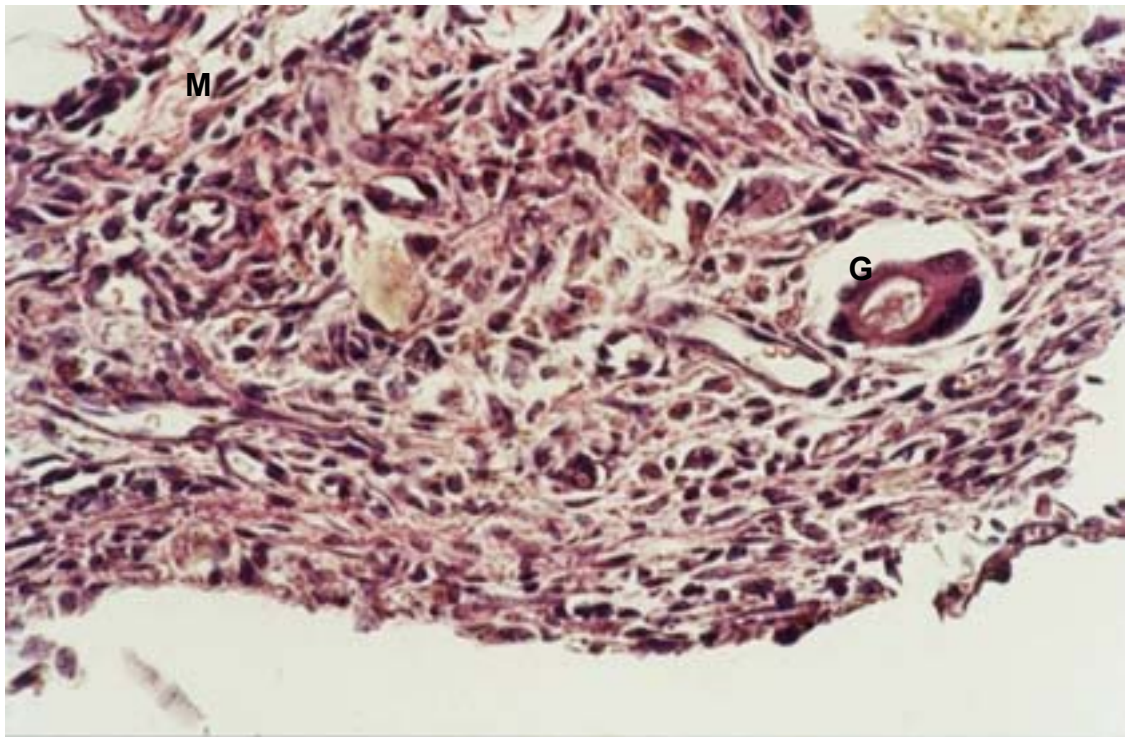


Figura 20– Fotomicrografia de porção da tecido subcutâneo, passados 7 dias de introdução de tubo de polietileno contendo cimento Portland. Observar grande número de macrófagos (M). Célula gigante (G). H.E. (+- 430x).

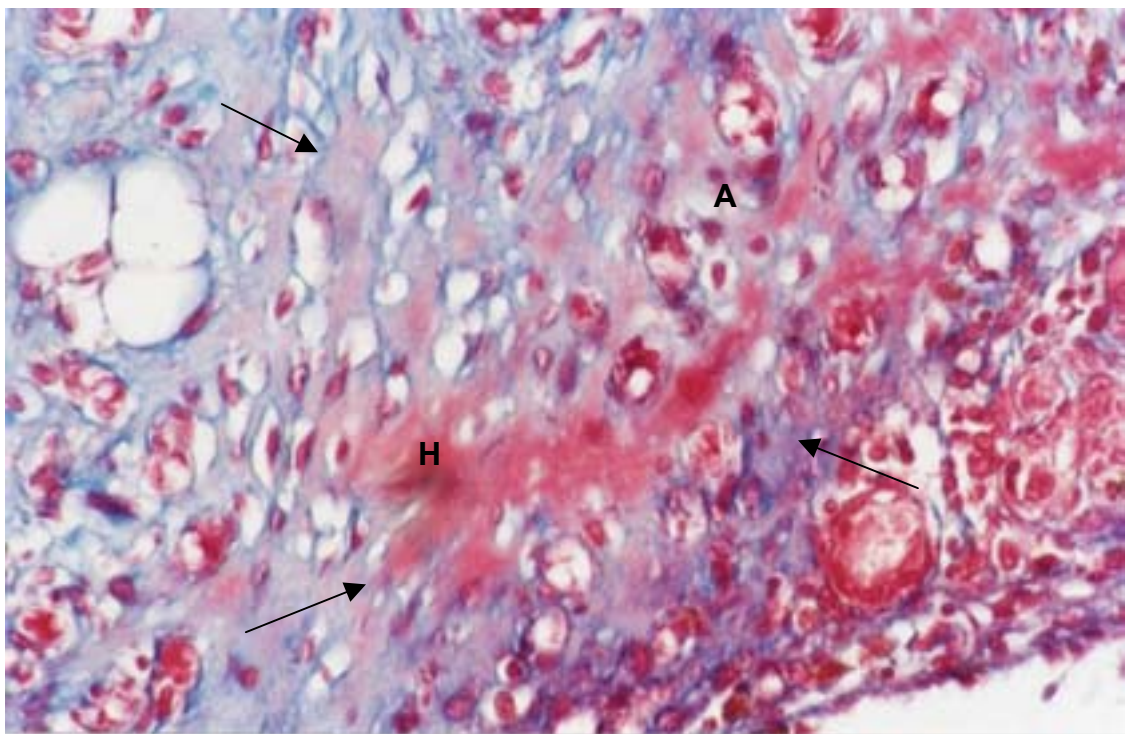


Figura 21 – Fotomicrografia de tecido subcutâneo de ratos após 7 dias de introdução de tubo de polietileno contendo cimento Portland. Notar presença de fibras colágenas (setas). Hemácias extravasadas (H). Intensa angiogênese (A). Coloração: Tricrômico de Mallory (+- 430x)

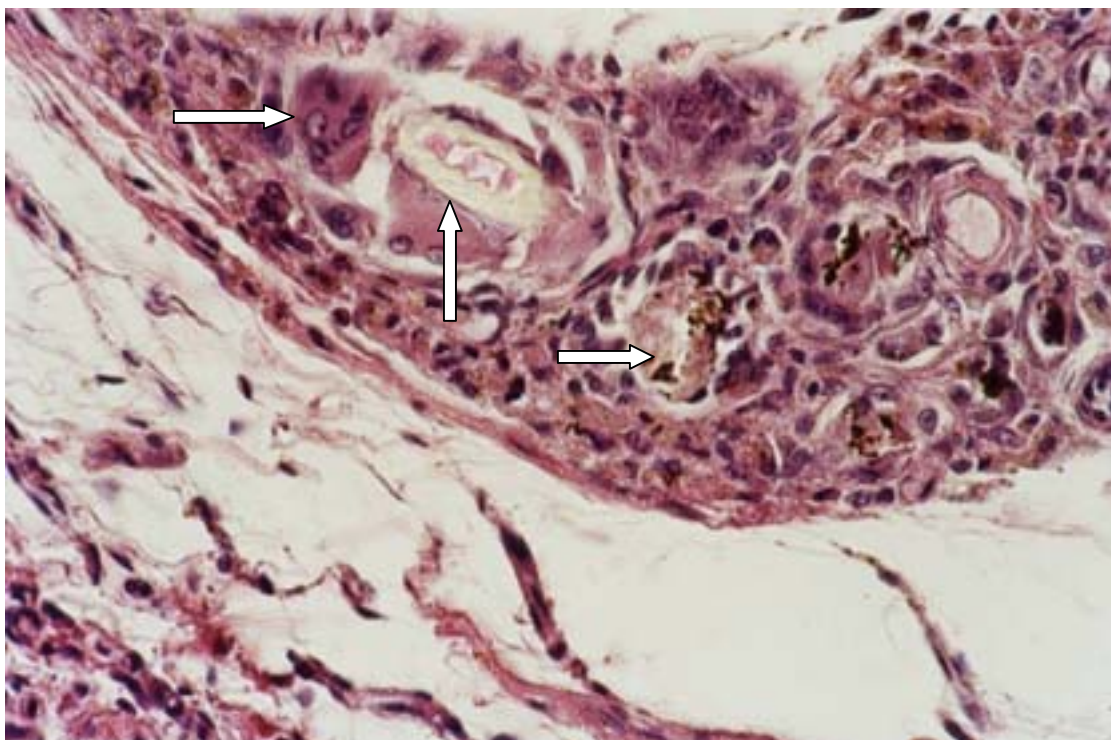


Figura 22– Fotomicrografia de porção de tecido subcutâneo, após 30 dias de implantação de tubo de polietileno contendo cimento Portland. Observar restos de cimento circundados por material fibroso (setas). H.E. (+- 430x).

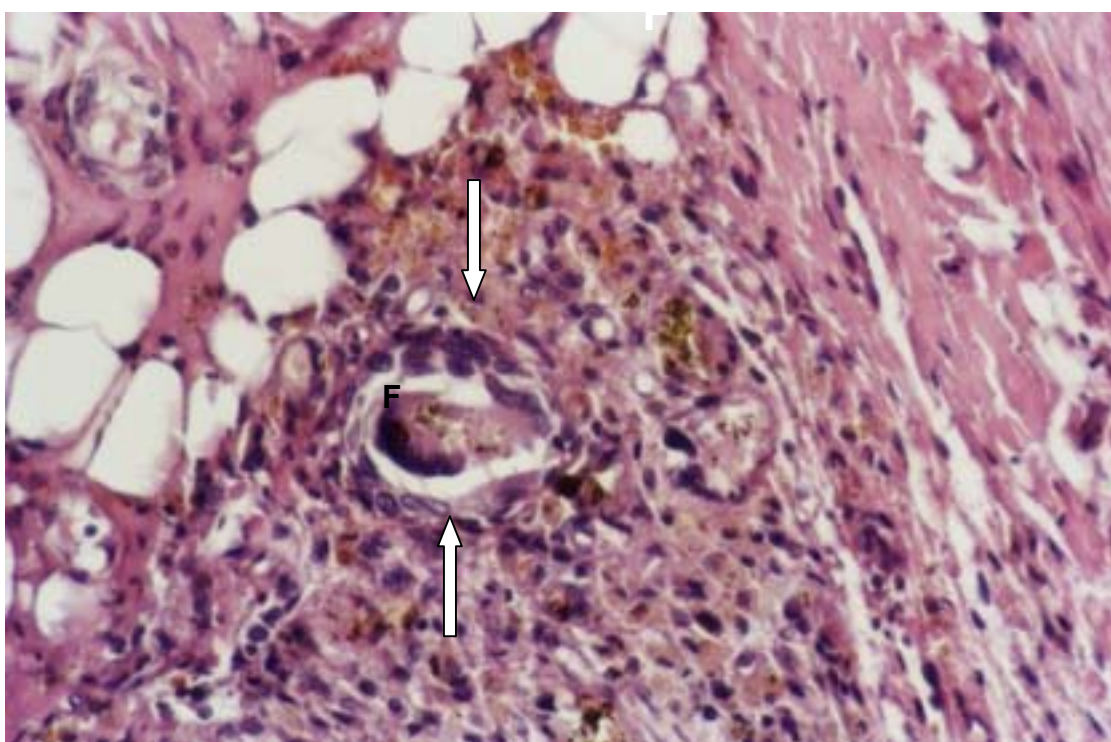


Figura 23– Fotomicrografia de porção de tecido subcutâneo, após 30 dias de implantação de tubo de polietileno contendo cimento Portland. Observar presença de célula gigante (seta). Área de fagocitose de material com inúmeros macrófagos (F). H.E. (+- 430x).

Os resultados descritos nos permitem analisar que a resposta inflamatória para os grupos da guta-percha (controle positivo) e tubos vazios de polietileno (controle negativo) se classifica em infiltrado inflamatório crônico leve (contendo no campo visualizado poucas células redondas); para os grupos experimentais com o Pro Root®, Cimento Portland e o Super EBA a resposta tecidual apresentou-se como infiltrado inflamatório crônico de leve a moderado (contendo no campo visualizado de 10 a 15 células redondas), sendo que o ProRoot® foi o material que mais estimulou reação fagocitária, seguido do Cimento Portland e do Super EBA, dentro dos períodos, 7 e 30 dias, e da metodologia utilizados nesta pesquisa. Na coloração tricrômico de Mallory evidenciou-se presença de fibras colágenas, em todos os espécimes analisados, caracterizando um processo de reparo.



## *DISCUSSÃO*

## 6. DISCUSSÃO

O critério de seleção entre os inúmeros materiais endodônticos utilizados nas obturações dos canais radiculares, está condicionado às suas propriedades físico-químicas e de igual forma às biológicas, esperando-se com estas propriedades inocuidade aos tecidos e se possível a estimulação no processo de reparação tecidual. Apesar da Endodontia contemporânea dispor de um vasto arsenal terapêutico, os materiais não reúnem todas as propriedades físico-químicas e biológicas, sendo constante a predominância de uma em detrimento à outra.

Justifica-se a escolha dos três cimentos utilizados na presente pesquisa, por serem na atualidade os materiais indicados para casos de selamento de perfurações entre o sistema de canais radiculares e a superfície externa da raiz, sendo estas iatrogênicas ou patológicas (ABEDI, INGLE, 1995; ARENS, TORABINEJAD, 1996; SOUZA et al, 1999; SALES et al, 2000; RODA, 2001; MORAES, 2002); utilização como material retroobturador em cirurgias perirradiculares (DERZAN JÚNIOR, GARCIA, 1998; TORABINEJAD, CHIVIAN, 1999; MARCUCCI, AVÓLIO, DEBONI, 2000); proteção pulpar direta e pulpotomias (SCHIMITT, LEE, BOGEN, 2001; WITHERSPOON, HAM, 2001) e por conseguinte entrarem em contato direto com os tecidos vivos pulpare e os tecidos periapicais, sendo então a propriedade biológica muito importante para ser analisada.

As propriedades físicas foram bem analisadas pelos pesquisadores (TORABINEJAD et al, 1994; AQRABAWI, 2000; MARTELL, CHANDLER, 2002;

TANOMARU FILHO, TANOMARU, DOMANESCHI, 2002). Além de outras pesquisas (BATES, CARNES, DEL RIO, 1996; YATSUSHIRO, BAUMGARTNER, TINKLE, 1998; WU, KONTAKIOS, WESSELINK, 1998; FOGEL, PEIKOFF, 2002; WELDON et al, 2001) nas quais foi avaliada a capacidade seladora do MTA e Super EBA quando utilizados nas retroobturações dos canais radiculares. Estas propriedades físicas entretanto podem interferir na biocompatibilidade dos materiais, desde que permitiria a infiltração de fluidos, interferindo no processo de reparação.

Quando se deseja avaliar a biocompatibilidade dos materiais utilizam-se animais de laboratórios, para testes *in vivo*, como cães, coelhos, macacos, porcos, hamsters, entre outros. Os testes biológicos utilizando animais, apesar de diferenças nas metodologias e interpretações, são aceitos universalmente. O uso de tubos de polietileno para implantação de materiais, os quais foram utilizados na pesquisa, é um método que foi proposto por Torneck, 1966 e utilizado até hoje, sendo preconizado como modelo de pesquisa para ADA e a ISO, fundamentada também no parecer da CEEA, que afirma não existirem recursos alternativos para realização deste procedimento científico, sem a utilização de animais, conforme mostra o Anexo 2.

A metodologia empregada na pesquisa em foco, teve como base os trabalhos de Holland et al, 1999; Holland et al, 2001; Holland et al 2002a; Holland et al, 2002b, quando analisaram a reação do tecido subcutâneo de ratos, em contato com os materiais testados, nos períodos de 7 e 30 dias após a implantação. Assim foi observado, na presente pesquisa, que, no trigésimo

dia, os materiais foram considerados biocompatíveis, uma vez que o processo de reparação encontrou-se em fase avançada.

O tubo vazio utilizado como controle negativo aos 7 dias, apresentou infiltrado inflamatório crônico, ocorrendo invaginação tecidual para o interior do orifício de entrada, achado observado macro e microscopicamente. O controle positivo, os tubos preenchidos por guta-percha, também aos 7 dias, mostrou infiltrado inflamatório crônico discreto, não ocorrendo a invaginação tecidual como nos tubos vazios. No período de 30 dias, os dois grupos exibiram processo de reparação em estágio adiantado, com presença de tecido estruturado e pequena quantidade de células inflamatórias crônicas.

De acordo com Siqueira Jr, 2000, a resposta inflamatória crônica é de natureza proliferativa, pela presença de fibroblastos, angioblastos em estado de proliferação. A presença desses elementos celulares estabelece íntima relação entre a inflamação crônica e o processo de reparo. Havendo a estimulação de fibroblastos que passam a produzir colágeno, caracteriza-se um processo de reparo. Esses achados foram encontrados em todos os espécimes analisados nesta pesquisa, como relatado anteriormente para os grupos controle e para os materiais experimentais.

Os materiais teste ProRoot®, Super EBA e Cimento Portland, no período de 7 dias, apresentaram infiltrado inflamatório crônico considerável, com grande quantidade de tecido granulomatoso, presença de células gigantes de corpo estranho e macrófagos individualizados. As reações mais intensas aos 7 dias são justificadas pela injúria causada durante o ato cirúrgico de implantação dos materiais.

Os achados identificam a formação de reação típica de um granuloma de corpo estranho. De acordo com Siqueira Jr, 2000, a reação de corpo estranho é caracterizada pelo acúmulo de macrófagos e a formação de células gigantes multinucleadas, trata-se de uma resposta inflamatória à presença de materiais inertes insolúveis.

As respostas para os materiais experimentais ProRoot®, Super EBA e Cimento Portland variaram de leve a moderadas, sendo que nos espécimes do grupo ProRoot® houve maior estímulo à reação fagocitária. Esse achado parece denotar que o agregado trióxido mineral possui capacidade de ser reabsorvido pelos macrófagos maior que os outros materiais.

De acordo com Leal, 1998, dentre as propriedades biológicas desejáveis para um cimento obturador está a propriedade de ser reabsorvido no periápice, em casos de extravasamentos. Confirmando a boa aceitação tecidual frente ao MTA, concordando com diversos trabalhos, entre estes Torabinejad et al, 1998; Holland et al, 1999a; Holland et al, 1999b; Holland et al, 2001b; Tziafas et al, 2002.

Os resultados obtidos por esta pesquisa, quando da implantação do MTA são semelhantes aos obtidos por Birman et al, 1998, após implante de cimento de hidróxido de cálcio. Os espécimes analisados nesta pesquisa, também evidenciaram, em 7 dias, presença de infiltrado inflamatório intenso, com tecido granulomatoso, células gigantes e reação de corpo estranho e macrófagos, havendo remoção de material escurecido. Em 30 dias, ainda foram observados tecido granulomatoso, gigantócitos e macrófagos individualizados, em processo de fagocitose. Estando de acordo com os

trabalhos de Holland et al, 1999; Shabahang et al, 1999, onde afirmam que as respostas obtidas frente à implantação do MTA e hidróxido de cálcio são semelhantes.

Os cimentos Portland e Super EBA, apresentaram reações teciduais de leve a moderadas, não mostrando irritação tecidual severa em nenhum dos espécimes analisados, estando de acordo com diversos trabalhos. (PERTOT et al, 1997; HOLLAND et al, 2001; MORAES, ARAGÃO, HECK, 2001).

De acordo com a literatura revista e os resultados obtidos por esta pesquisa, os três cimentos apresentam características sugestivas de biocompatibilidade.

*CONCLUSÕES*

## **7. CONCLUSÕES**

Em face dos resultados obtidos e das condições de realização desta pesquisa, pode-se concluir que:

1. Os tubos vazios e a guta-percha, considerados grupos controle, provocaram reações teciduais discretas;
2. Nenhum dos materiais experimentais, nem do grupo controle exibiu reação inflamatória aguda, mostrando uma diminuição do processo, conforme o tempo de observação.
3. Em todos os espécimes analisados, dos grupos experimentais, ocorreu remoção gradativa do material extravasado com tentativa de organização tecidual, constatando-se processo de reparação, após 30 dias de inoculação dos tubos no tecido subcutâneo dos ratos.
4. Os resultados apresentados sugerem biocompatibilidade dos materiais testados.
5. Pelo fato do cimento Portland ser um material apontado recentemente com indicações endodônticas, outras pesquisas devem ser realizadas para efetivação destas conclusões.



## *REFERÊNCIAS*

## REFERÊNCIAS

ABEDI, HR; INGLE, JI. Mineral trioxide aggregate: a review of a new cement. **J. Calif. Dent. Assoc.**; 23(12): 36-9, 1995 Dec.

ADAMO, HL; BURUIANA, R; SCHERTZER, L; BOYLAN, RJ. A comparison of MTA, Super-EBA, composite and amalgam as root-end filling materials using a bacterial microleakage model. **Int Endod J**; 32(3): 197-203, 1999 May.

AQRABAWI,J. Sealing ability of amalgam, super EBA cement and MTA, when used as retrograde filling materials. **Braz. Dent. J.**; 188 (5): 266-8, 2000 Mar 11.

ARENS, DE; TORABINEJAD,M. Repair of furcal perforations with mineral trioxide aggregate: two case reports. **Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**; 82 (1): 84-8, 1996 Jul.

BATES, CF; CARNES, DL; DEL RIO, CE. Longitudinal sealing ability of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. **J Endod**; 22 (11): 575-8, 1996 Nov.

BARBOSA, S.V. **Terapêutica endodôntica**. 1. ed. São Paulo: Santos, 1999. cap. 16, p.207-210.

BERNABÉ,P.F.E. In: MÉJIA,A.M.R.; GARCIA,R.B. Avaliação microscópica da resposta tecidual a implantação de cones de guta-percha coloridos nos tecidos conjuntivos subcutâneos de ratos. **Revista da FOB**. V.6, n.3, p. 1-8, jul/set. 1998.

BHASKAR, S.N. **Patologia bucal**. 4.ed. São Paulo: Artes médicas, 1989. cap. 2, p. 134-139.

BIGGS, JT; BENENATI, FW; POWELL, SE. Ten-year in vitro assessment of the surface status of three retrofilling materials. **J Endod**; 21 (10): 521-5, 1995 Oct.

BIRMAN, EG; SAMPAIO, JMP; MAGALHÃES, J; SATO, E.. Estudo de propriedades físicas e biológicas de um cimento endodôntico à base de hidróxido de cálcio. **Rev. Odont. USP**, 4(1):25-30,jan./mar.1990.

BRYAN, EB; WOOLLARD, G; MITCHELL, WC. Nonsurgical repair of furcal perforations: a literature review. **Gen Dent**; 47 (3): 274-8; may/jun, 1999.

BRUCE, GR; Mc DONALD, NJ; SYDISKIS, RJ. Cytotoxicity of retrofill materials. **J Endod.**, 19 (6): 286-292, 1993 Jun.

DALCÓQUIO, C; SCHOENAU, F; LUCENA, MG; FEDELI JÚNIOR, A. Selamento apical após retroobturações com MTA, IRM, ionômero de vidro e cianoacrilato. **Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent.**; 55 (3): 194-8, maio/jun, 2001.

DANTAS,CJS. In.: SIQUEIRA JR; \_\_\_\_\_. **Mecanismos celulares e moleculares da inflamação**. Rio de Janeiro: Medsi, 2000. Cap. 17, p. 205-220.

DE DEUS,Q.D. **Endodontia**. 3.ed. Rio de Janeiro: Medsi, 1982. cap. 18, p. 483-484.

DERZAN JÚNIOR, E; GARCIA, RB. Tratamento conservador da polpa: aspectos atuais. **Rev. Bras. Odontol.**; 55 (5): 286-92, set/out, 1998.

DUARTE, MAH; WECKWERTH, PH; WECKWERTH, ACVB; KUGA, MC; SIMÕES, JRB. Avaliação da contaminação do MTA Angelus e do cimento de Portland. **Jornal Brasileiro de Clínica Odontológica Integrada**; 6 (32): 155-57, 2002, mar/abr.

EIDELMAN, E; HOLAN, G; FUKS, AB. Mineral trioxide aggregate vs. Formocresol in pulpotomized primary molars: a preliminary report. **Pediatr Dent**; 23(1): 15-8, 2001, jan/feb.

ESTRELA, C; FIGUEIREDO, JAP.; **Endodontia: princípios biológicos e mecânicos**. São Paulo: Artes Médicas, 1999. Cap. 18, 657-675.

ESTRELA,C; CAMAPUM,FF; LOPES,HP. In.: ESTRELA, C; FIGUEIREDO, JAP.; **Endodontia: princípios biológicos e mecânicos**. São Paulo: Artes Médicas, 1999. Cap. 19, 697-738.

ESTRELA,C. BAMMANN,LL; ESTRELA, CRA; SILVA,RS; PÉCORA, JD. Antimicrobial and chemical study of MTA, Portland cement, calcium hydroxide paste, sealapex and dycal. **Braz. Dent. J.**; 11 (1): 3-9, 2000.

FARACO JÚNIOR, IM. Avaliação histomorfológica da resposta da polpa de dentes de cães submetida ao capeamento com sistema adesivo, cimento de hidróxido de cálcio e 2 tipos de agregado trióxido mineral. Araçatuba; 1999, 251 p..(**Dissertação Doutorado**) UNESP. Faculdade de Odontologia de. Araçatuba.

FARACO JÚNIOR, IM; HOLLAND, R. Response of the pulp of dogs to capping with mineral trioxide aggregate or a calcium hydroxide cement. **Dent Traumatol**; 17(4): 163-6, 2001 Aug.

FOGEL, HM; PEIKOFF, MD. Microleakage of root-end filling materials. **J Endod**; 27 7: 456-8, 2001 Jul

FULKERSON, MS; CZERW, RJ; DONNELLY, JC. An *in vitro* evaluation of the sealing ability of super EBA cement used as a root canal sealer. **J Endod**; 22 (1): 13-18, 1996 Jan.

GERMAIN, LP. Mineral trioxide aggregate: a new material for the new millennium. **Dent Today**; 18 (1): 66-7, 70-1, jan, 1999.

HACHMEISTER DR; SCHINDLER WG; WALKER WA; THOMAS The sealing ability and retention characteristics of mineral trioxide aggregate in a model of apexification. **J Endod**; 28(5):386-90, 2002 May

HASS, NA; MARIATH,AAS; BARATA, JS; ARAÚJO, FB; SOUZA, HAL. Novas tendências na preservação do complexo dentinopulpar: materiais indutores de tecido calcificado. **Rev. ABO Nacional**; 9 (3): 145-50, jun/jul, 2001.

HOLLAND, R; SOUZA, V; NERY, MJ; OTOBONI FILHO, JÁ; BERNABÉ, PFE; DERZAN JÚNIOR, E. Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide. **J Endod**; 25 (3): 161-6, 1999a Mar.

HOLLAND, R; SOUZA, V; NERY, MJ; OTOBONI FILHO, JÁ; BERNABÉ, PFE; DERZAN JÚNIOR, E. Reaction of dogs' teeth to root canal filling with mineral trioxide aggregate or glass ionomer sealer. **J Endod**; 25 (11): 728-30, 1999b Nov.

HOLLAND, R; SOUZA, V; NERY, MJ; FARACO JÚNIOR, IM; BERNABÉ, PFE; OTOBONI FILHO, JA; DERZAN JÚNIOR, E. 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, 2001a.

HOLLAND, R; OTOBONI FILHO, JÁ; SOUZA, V; NERY, MJ; BERNABÉ, PFE; DERZAN JÚNIOR, E. Mineral trioxide aggregate repair of lateral root perforations. **J Endod**; 27 (4): 281-84, 2001b Apr.

HOLLAND, R; SOUZA, V; MURATA, SS; NERY, MJ; BERNABÉ, PFE; OTOBONI FILHO, JÁ; DERZAN JÚNIOR, E. Healing process of dog dental pulp after pulpotomy and pulp covering with mineral trioxide aggregate or portland cement. **Braz. Dent. J**; 12 (2): 109-113, 2001c.

HOLLAND R; DE SOUZA V; NERY MJ; BERNABÉ FE; FILHO JA; JUNIOR ED; MURATA SS. Calcium salts deposition in rat connective tissue after the implantation of calcium hydroxide-containing sealers. **J Endod**; 28(3):173-6, 2002a Mar.

HOLLAND R; DE SOUZA V; NERY MJ; FARACO JÚNIOR IM; BERNABÉ PF; OTOBONI FILHO JA; DERZAN JUNIOR E. Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with a white mineral trioxide aggregate. **Braz Dent J**; 13(1): 23-6, 2002b.

JUNQUEIRA,L.C.;CARNEIRO,J. **Histologia básica**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1995. cap. 5, p. 92

KEISER, K; JOHNSON, CC; TIPTON, DA. Cytotoxicity of mineral trioxide aggregate using human periodontal ligament fibroblasts. **J Endod**; 26(5): 288-91, 2000 May.

KETTERING, JD; TORABINEJAD, M. Investigation of mutagenicity of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. **J. Endod.**; 21 (11): 537-42, 1995 Nov.

KOH, ET; McDONALD, F; PITT FORD, TR; TORABINEJAD, M. Cellular response to mineral trioxide aggregate. **J Endod**; 24 (8): 543-47, 1998 Aug.

LAURETTI, M. O MTA – um poderoso recurso na clínica endodôntica. **J Odonto-Cape**; ano VI, nº 8, p. 2, 2001.

LEAL,J.M. In: LEONARDO,M.R.; \_\_\_\_\_. **Endodontia, tratamento dos canais radiculares**. 3 ed. São Paulo: Panamericana, 1998. cap. 8, p. 182.

LEE, S.J.; MONSEF,M.; TORABINEJAD, M.. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. **J Endod**; 19 (11): 541-4, 1993 Nov.

MAGINI, RS; CENSI, JC; ARCARI, GM. Reimplante intencional para tratamento de perfuração radicular. **RGO** ; 47 (1): 7-12, jan/mar, 1999.

MARCUCCI, M; AVÓLIO, G; DEBONI, MCZ.. Materiais de obturação retrógrada: revisão da literatura / Retrofilling materials: review of the literature. **RPG**;7(4):363-68, out.-dez. 2000

MITCHELL, PJ; PITT FORD, TR; TORABINEJAD, M; McDONALD, F. Osteoblast biocompatibility of mineral trioxide aggregate. **Biomaterials**; 20(2): 167-73, 1999 Jan.

MORAES, SH; ARAGÃO, EM.; HECK, AR. Reação do tecido conjuntivo subcutâneo de rato ao implante do cimento Portland. **JBE**, Curitiba, v. 2,n.7, p. 326-329, out/dez, 2001.

MORAES, SH. Aplicação clínica do cimento Portland no tratamento de perfurações de furca. **J Bras Clín Odontol Int**. Curitiba, v.6, n. , p. –6, maio/ jun, 2002.

MORANDI, R. Avaliação histomorfológica realizada em dentes de cães com lesão periapical após apicectomia e obturação retrógrada convencional com cimentos à base de OZE e o agregado de trióxido mineral. Araçatuba; 1999. 320p.(**Dissertação Mestrado**). UNESP. Faculdade de Odontologia de Araçatuba.

MORETTON, TR; BROW, CE; LEGAN, JJ; KAFRAWY, AH. Tissue reactions after subcutaneous and intraosseous implantation of mineral trioxide aggregate and ethoxybenzoic acid cement. **J Biomed Mater Res**; 52(3): 528-33, 2000 Dec 5.

NAKATA, TT; BAE, KS; BAUMGARTNER, JC. Perforation repair comparing mineral trioxide aggregate and amalgam using an anaerobic bacterial leakage model. **J Endod**; 24 (3): 184-6, 1998 Mar.

NERY, RS. Comportamento dos tecidos apicais e periapicais de dentes decíduos de cães após a biopulpectomia e obturação dos canais radiculares com Sealapex, Sealer Plus e MTA. Araçatuba, 2000, 311p. (**Dissertação Doutorado**). UNESP. Faculdade de Odontologia de Araçatuba.

OSORIO, RM; HEFTI, A; VERTUCCI, FJ; SHAWLY, AL. Citotoxicity of endodontic materials. **J Endod**; 24 (2): 91-96, 1998 Fev.

OYNICK, J; OYNICK, T. A study of a new material for retrograde fillings. **J Endod.**, 4 (7): 203-206, 1978 Jul.

PERTOT, WJ; STEPHAN, G; TARDIEN, C; PROUST, JP. Comparison of the intraosseous biocompatibility of dyract and super EBA. **J Endod**; 23 (5): 315-19, 1997 May.

PITT FORD, TR; TORABINEJAD, M; McKENDRY, DJ; HONG, CU; KARAYWASAM, SP. Use of mineral trioxide aggregate for repair of furcal perforations. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**; 79 (6): 756-63, 1995 Jun.

PITT FORD, TR; TORABINEJAD, M; ABEDI, HR; BAKLAND, LK; KARIYAWASAM, SP. Using mineral trioxide aggregate as a pulp-capping material. **J. Am. Dent. Assoc**; 127 (10): 1491-4, 1996 Oct.

ROBBINS,S. In: COTRAN,R.S.; KUMAR,V.; ROBBINS,S.. **Patologia estrutural e funcional**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. cap. 3, p. 70-82.

RODA, RS. Root perforation repair: surgical and nonsurgical management. **Pract Proced Aesthet Dent**; 13(6): 467-72; quiz 474, 2001 Aug.

SALLES, AA; SANTOS, AF; SCHMITT, VCS; FACHIN, EVF. MTA como uma nova perspectiva no tratamento de perfurações dentárias. **R. Fac. Odontol Porto Alegre**, v.42, n.2, p. 32-36, dez, 2000.

SCHEERER, SQ; STEIMAN, HR; COHEN, J. A comparative evaluation of three root-end filling materials: na *in vitro* leakage study using *Prevotella nigrescens*. **J Endod**; 27 1 : 40-2, 2001 Jan.

SCHMITT D; LEE J; BOGEN G. Multifaceted use of ProRoot MTA root canal repair material. **Pediatr Dent**; 23(4):326-30, 2001 Jul-Aug.

SCHWARTZ, RS; MAUGER, M; CLEMENT, DJ; WALKER, WA. Mineral trioxide aggregate: a new material for endodontics. **J Am Dent Assoc**; 130(7): 967-75, 1999 Jul.

SHABAHANG, S; TORABINEJAD, M; BOYNE, PP; ABEDI, H; McMILLAN, P. A comparative study of root-end induction using osteogenic protein-1, calcium hydroxide, and mineral trioxide aggregate in dogs. **J Endod**; 25 (1): 1-5, 1999 Jan.

SIQUEIRA JR. In: \_\_\_\_\_; JF; DANTAS, CJS.; **Mecanismos celulares e moleculares da inflamação**. Rio de Janeiro: Medsi, 2000. Cap. 8, p. 107-111.

SLWYK, SR; MOON, PC; HARTWELL, GR. Evaluation of setting properties and retention characteristics of mineral trioxide aggregate when used as a furcation perforation repair material. **J Endod**; 24 (11): 768-71, 1998 Nov.

SOUZA, LC; ROMANI, NF; ROMANI, R; CORREIA, UFP. Perfurações iatrogênicas: Super EBA e MTA: uma revisão de novos cimentos. **Odontol. USF**; (17): 99-105, jan-dez, 1999.

SUTIMUNTANAKUL, S.;WORAYOSKOWIT,W; MANGKORNKARN,C.. Retrograde seal in ultrasonically prepared canals. **J Endod.**, 26 (8):444-446, 2000 Fev.

TANG, HM; TORABINEJAD, M; KETTERING, JD. Leakage evaluation of root end filling materials using endotoxin. **J Endod**; 28(1): 5-7, 2002 Jan.

TANOMARU FILHO, M; TANOMARU, JMG; DOMANESCHI, C.. Capacidade de selamento de materiais retrobturadores em perfurações radiculares laterais/ Sealing ability of retrofilling materials in lateral root perforations. **Rev. Bras. Odontol**; 59(2):80-2, mar.-abr. 2002.

TAVARES; LUIZ apud LEITE, APP. Avaliação *in vitro* da infiltração apical em obturações retrógradas realizadas com cimento de óxido de zinco e eugenol reforçado (Super EBA), Agregado Trióxido Mineral (MTA) e cimento Portland tipo II/F-32. Camaragibe, 2002, 113p. (**Dissertação Doutorado**). Faculdade de Odontologia de Pernambuco. Universidade de Pernambuco

TORABINEJAD, M; WATSON, TF; PITT FORD TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. **J Endod**; 19 (12): 591-5, 1993 Dec.

TORABINEJAD, M; HIGA, RK; McKENDRY, DJ; PITT FORD, TR. Dye leakage of four root-end filling materials: effects of blood contamination. **J Endod**; 20 (4): 159-63, 1994 Apr.

TORABINEJAD, M; SMITH PW; KETTERING JD; PITT FORD, TR. Comparative investigation of marginal adaptation of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. **J Endod**; 21 (6): 295-9, 1995a Jun.

TORABINEJAD,M; HONG, CV; LEE, SJ; MONSEF, M; PITT FORD, TR. Investigation of mineral trioxide aggregate for root-end filling in dogs. **J Endod**; 21 (12): 603-8, 1995b Dec.

TORABINEJAD,M; HONG, CU; PITT FORD,TR; KAIYAWASAM, SP. Tissue reaction to implanted Super-EBA and mineral trioxide aggregate in the mandible of guinea pigs: a preliminary report. **J Endod.**; 21 (11): 569-71, 1995c Nov.

TORABINEJAD, M; HONG, CU; PITT FORD, TR; KETTERING, JD. Citotoxicity of four root end filling materials. **J. Endod**; 21(10): 489-92, 1995d Oct.

TORABINEJAD, M; HONG, CU; PITT FORD, TR; KETTERING, JD. Antibacterial effects of some root end filling materials. **J Endod**; 21 (8): 403-6, 1995e Aug.

TORABINEJAD,M; RASTEGAR, AF; KETTERING, JD. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. **J Endod**; 21 (3): 109-12, 1995 Mar.

TORABINEJAD, M; PITT FORD, TR; McKENDRY, DJ; ABEDI, HR; MILLER, DA; KARIYAWASAM, SP. Histologic assessment of mineral trioxide aggregate as a root-end filling in monkeys. **J Endod**; 23 (4): 225-8, 1997 Apr.

TORABINEJAD, M; PITT FORD, TR; ABEDI, HR; KARIYAWASAM, SP; TANG, HM. Tissue reaction to implanted root-end filling materials in the tibia and mandible of guinea pigs. **J Endod**; 24 (7): 468-71, 1998 Jul.

TORABINEJAD, M; CHIVIAN, N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. **J Endod**; 25 (3): 197-205, 1999 Mar.

TROWBRIDGE,H.O.; EMLING, R.C. **Inflamação, uma revisão do processo**. 4.ed. São Paulo: Quintessence books, 1996. cap. 7, p. 137-151.

TZIAFAS D; PANTELIDOU O; ALVANOU A; BELIBASAKIS G; PAPADIMITRIOU S. The dentinogenic effect of mineral trioxide aggregate (MTA) in short-term capping experiments. **Int Endod J**; 35(3):245-54, 2002 Mar.

WITHERSPOON, DE; HAM, K. One-visit apexification: technique for inducing root-end barrier formation in apical closures. **Pract Proced Aesthet Dent**; 13 6: 455-60; 462, 2001 Aug.

WU, MK; KONTAKIOTIS, EG; WESSLINK, PR. Decoloration of 1% methylene blue solution in contact with dental filling materials. **J Endod**; 26 (7): 585-9, 1998a Sep.

WU, MK; KONTAKIOTIS, EG; WESSLINK, PR. Long-term seal provided by some root-end filling materials. **J Endod**; 24 (8): 557-60, 1998b Aug.

WUCHERPFENNING, AL., GREEN, D.B. Mineral trioxide aggregate vs. Portland cement: two biocompatible filling materials. **J Endod.**, 25 (4): p. 308,1999 Apr. (Abstract).

YATSUSHIRO, JD; BAUMGARTNER, JC; TINKLE, JS. Longitudinal study of the microleakage of two root-end filling materials using a fluid conductive sistem. **J Endod**; 24 (11): 716-9, 1998 Nov.

ZHU, Q; HAGLUNG, R; SAFAVI, KE; SPANGBERG, LS. Adhesion of human osteoblasts on root-end filling materials. **J Endod**; 26(7): 404-6, 2000 Jul.





## ANEXO 1

Especificações do Cimento Portland (Cimento Itambé – média de resultados do ano de 2000) – CII-F-32 – Cimento comum com adição.

Fornecimento: granel; Norma Brasileira: 11578

**Quadro 1 – Características químicas (%) do cimento CII – F 32**

* $\text{Al}_2\text{O}_3$	4,33
* $\text{SiO}_2$	17,90
* $\text{Fe}_2\text{O}_3$	2,69
* $\text{CaO}$	60,90
* $\text{MgO}$	4,69
** $\text{SO}_3$	2,86
*** Perda ao fogo	5,24
**** $\text{CaO}$ livre	1,61
***** Resíduo insolúvel	1,15
Equilíbrio alcalino	0,63

NBR 9203; \*\* NBR 5745; \*\*\* NBR 5743; \*\*\*\* NBR 7227; \*\*\*\*\* NBR 5744.

**Quadro 2 – Características físicas – Tempo de pega (min) do cimento CII****– F 32**

Inicial	247,03
184,07	245,52
Blaine cm <sup>2</sup> / g – 3196	3092,96
Peneira # 200%	2,63
Peneira # 325%	12,69

**Quadro 3 – Resistência à compressão do cimento CII – F – 32**

1 dia (Mpa)	12,46
3 dias (Mpa)	24,78
7 dias (Mpa)	30,18
28 dias (Mpa)	38,41

Consistência normal – 27,01

**Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

Óxidos formados de complexos químicos básicos do cimento C<sub>3</sub>S, C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>A, C<sub>4</sub>AF. A determinação destas porcentagens, por complexometria permite o cálculo de índices de caracterização (Índice de Hidraunicidade, Fator de Saturação em cal, módulos de Sílica e de Alumínio).

**MgO (%)**

Teor controlado por ser expansivo.

**SO<sub>3</sub> (%)**

Padrão utilizado como indicador da quantidade de gesso (regulador) do tempo de pega) adicionado ao cimento.

**Perda ao fogo (%) – NBR 5743**

Perda de massa por calcinação a 950° C. Indica o início da hidratação e a presença de CaCO<sub>3</sub> (por adição ou recabomatação).

**CaO livre (%) – NBR 7227**

Teor controlado por ser invasivo. Inerente a fabricação do cimento decorre da não combinação integral das matérias primas durante a clinquerização.

**Resíduo insolúvel (%) – NBR 5744**

Porção do cimento que não é solúvel em ácido clorídrico diluído a 10% em ebulição. Indica a quantidade de componentes não hidráulicos do cimento.

**Equivalente Alcalino (%) – NBR 57432**

Expressa a quantidade de Na<sub>2</sub>O e K<sub>2</sub>O Teor controlado porque, em contato com agregados reativos, os álcalis, formam compostos expansivos.

**Tempo de pega (min) – NBR 11581**

Tempo decorrido entre o lançamento de água e o endurecimento total da pasta.

**Blaine ( cm <sup>2</sup> / g) – NBR 72224**

Superfície específica determinada através de um aparelho chamado permeabilímetro. Caracteriza a figura, que influi no grau de atividade do cimento.

**Peneira # 200%**

Fissura na peneira # 200% - NBR 11579

Massa retida na peneira 200, de malha 0,0075 mm

**Peneira # 325%**

Fissura na peneira # 325 (%)

Massa retida na peneira 325, de malha 0,0044 mm

**Resistência à compressão – 1 dia (Mpa) – NBR 7215**

Resistência de argamassa normal de cimento na idade de 1 dia.

**Resistência à compressão – 3 dias (Mpa) – NBR 7215**

Resistência de argamassa normal de cimento na idade de 3 dias.

**Resistência à compressão – 7 dias (Mpa) – NBR 7215**

Resistência de argamassa normal de cimento na idade de 7 dias.

**Resistência à compressão – 28 dias (Mpa) – NBR 7215**

Resistência de argamassa normal de cimento na idade de 28 dias.

**Consistência normal (%)**

Quantidade de água necessária para se obter a pasta de consistência normal

