

MANUELA BAFINI FONSECA

**INFLUÊNCIA DO PREPARO BIOMECÂNICO NA MICRODUREZA E
SELAMENTO MARGINAL DO MTA E DO POLÍMERO DERIVADO DA
MAMONA EM PERFURAÇÕES RADICULARES SIMULADAS**

Dissertação apresentada à
Faculdade de Odontologia de
São José dos Campos,
Universidade Estadual Paulista,
como parte dos requisitos para a
obtenção do título de MESTRE
pelo programa de Pós-
Graduação em ODONTOLOGIA
RESTAURADORA,
Especialidade em Endodontia.

MANUELA BAFINI FONSECA

**INFLUÊNCIA DO PREPARO BIOMECÂNICO NA MICRODUREZA E SELAMENTO
MARGINAL DO MTA E DO POLÍMERO DERIVADO DA MAMONA EM
PERFURAÇÕES RADICULARES SIMULADAS**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para a obtenção do título de MESTRE pelo programa de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA RESTAURADORA, Especialidade em Endodontia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Henrique Ribeiro Camargo

São José dos Campos

2007

Apresentação gráfica e normalização de acordo com:

BELLINI, A.B.; SILVA, E.A. Manual para elaboração de monografias: estrutura do trabalho científico. São José dos Campos: FOSJC/UNESP, 2006.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Fonseca, MB. Influência do preparo biomecânico na microdureza e selamento marginal do MTA e do polímero derivado da mamona em perfurações radiculares simuladas. [dissertação]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, UNESP; 2007.

São José dos Campos, 30/03/2007

Banca examinadora

1 Prof.(a).Dr.(a) :Carlos Henrique Ribeiro Camargo
Titulação: Doutor
Julgamento: _____Assinatura

2)Prof.(a).Adj.(a) : Marcia Carneiro Valera
Titulação:Livre-Docente
Julgamento: _____Assinatura

3)Prof.(a).Dr.(a) :Eloi Dezan Júnior
Titulação:Doutor
Julgamento: _____Assinatura

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Antonio e Vera e minha irmã Mariana que com sacrifício, deixaram meus sonhos se realizarem.

Ao Professor Doutor Carlos Henrique Ribeiro Camargo e sua esposa Samira Esteves Afonso, pela orientação, incentivo e amizade tão importante para a realização desse trabalho.

Ao Sérgio pelo apoio carinho, incentivo e amor que foram muito importantes.

Às minhas amigas Silvia, Paula, Regina, Maria Júlia, Maria Rosa, Geórgia, Maria Emília, Melanie e Márcia que tiveram muita compreensão nos momentos difíceis.

Às companheiras de mestrado Alessandra, Elaine, Giovana, Lílian, Lecy, Mariana, Selma e Juliana pelo convívio, companheirismo, amizade e incentivo que se estabeleceu e fortaleceu durante nosso curso.

À Professora Adjunta Marcia Carneiro Valera, pela oportunidade que me proporcionou no curso de Pós-Graduação.

Dedico a todas essas pessoas este trabalho.

AGRADECIMENTOS

A elaboração de uma tese não se limita à uma pessoa. Ela nada mais é do que a união de muito esforço e trabalho de muitas pessoas, não necessariamente da mesma área que tem um mesmo objetivo: a concretização de um trabalho.

À Faculdade de Odontologia de São José dos Campos – UNESP, pela oportunidade da realização de minha Graduação e do curso de Mestrado.

Ao diretor e Professor Adjunto Paulo Villela Santos Júnior e ao Vice-Diretor, Professor Doutor José Roberto Rodrigues.

Ao Professor Adjunto Clovis Pagani, Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Odontologia.

Ao Professor Ivan Balducci, pelo incentivo, orientação e auxílio na análise estatística dos dados.

Aos docentes e funcionários do Departamento de Odontologia Restauradora de São José dos Campos – UNESP, pela contribuição e incentivo ao aprendizado.

Às secretárias da seção de pós-graduação Erena Michie Hasegawa, Rosemary de Fátima Salgado Pereira e Maria Aparecida C. de Souza, pelas informações durante o Curso de Mestrado.

Às secretárias do Departamento de Odontologia Restauradora, que sempre se mostraram dispostas á ajudar.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS..... | 7 |
| RESUMO..... | 8 |
| 1.INTRODUÇÃO..... | 9 |
| 2.REVISÃO DE LITERATURA..... | 14 |
| 2.1 Polímero da mamona..... | 14 |
| 2.2 Propriedades físicas, químicas e biológicas do MTA..... | 18 |
| 2.3 Aplicações do MTA..... | 35 |
| 3.PROPOSIÇÃO..... | 38 |
| 4.MATERIAL E MÉTODO..... | 39 |
| 4.1 Seleção e armazenamento dos dentes..... | 39 |
| 4.2 Ensaio da Microinfiltração..... | 43 |
| 4.3 Ensaio da Microdureza..... | 44 |
| 4.4 Forma e análise dos resultados..... | 46 |
| 4.5 Análise estatística..... | 46 |
| 5.RESULTADOS..... | 48 |
| 5.1 Microinfiltração..... | 48 |
| 5.2 Microdureza..... | 55 |
| 6.DISSCUSSÃO..... | 61 |
| 6.1 Discussão da Metodologia..... | 61 |
| 6.1.1 Avaliação da microinfiltração..... | 61 |
| 6.1.1.1Análise dos corantes..... | 61 |
| 6.1.2 Avaliação da microdureza..... | 63 |

| | |
|--|----|
| 6.2 Discussão dos Resultados..... | 67 |
| 6.2.1 Avaliação da microinfiltração..... | 67 |
| 6.2.2 Avaliação da microdureza..... | 71 |
| 7.CONCLUSÃO..... | 74 |
| 8.REFERÊNCIAS..... | 75 |
| <i>ABSTRACT</i> | 84 |

LISTA DE ABREVIATURAS

BHI = Broth Heart Infusion

CIV = Cimento de ionômero de vidro

CPM = cimento derivado do polímero da mamona

dr. = doutor

EC = cimento odontológico experimental

ed = edição

et al. = et alii (e outros)

h= horas

IRM = Intermediate Restorative Material

min = minutos

mm = milímetros

MTA = Mineral Trióxido Agregado

SB = Super bonder

Fonseca MB. Influência do preparo biomecânico na microdureza e selamento marginal do MTA e do polímero derivado da mamona em perfurações radiculares simuladas [dissertação]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista; 2007.

RESUMO

Neste estudo foram utilizados 96 dentes incisivos laterais bovinos que foram padronizados por meio de perfurações circulares com 2mm de diâmetro na face vestibular. As raízes foram divididas em 4 grupos de acordo com o material utilizado: G1-mineral trióxido agregado (MTA) sem proteção, G2- MTA protegido com cianoacrilato (SB), G3- MTA protegido com cimento de ionômero de vidro, G4- cimento derivado do polímero da mamona (CPM) sem proteção. Em seguida os canais foram preparados pela técnica seriada. As raízes foram seccionadas no sentido longitudinal. Catorze hemiseções foram utilizadas para análise de microinfiltração e 10 para análise de microdureza, para cada grupo. Para a análise de microinfiltração, as hemiseções foram impermeabilizadas e colocadas em solução tamponada de Rodamina 2% por 24 horas. No teste de microdureza as hemiseções foram incluídas em resina acrílica e desgastadas na face vestibular. Os dados da microinfiltração e microdureza foram avaliados através da análise estatística em nível de significância de 5%. Pôde-se observar que apesar do CPM ter o menor índice de infiltração (0.652 mm), observando-se as médias correspondentes (1.143 mm -MTA, 1.302 mm -SB, 1.029 mm -CIV) estatisticamente não houve diferença significativa entre os grupos. No teste de microdureza pôde-se observar que todos os grupos com MTA (94,69HV -MTA, 92,25 HV -SB, 97,68 HV -CIV) demonstraram maior dureza em relação ao grupo do CPM (8,477 HV) com diferenças estatisticamente significante. Pode-se concluir que não houve injúria dos materiais quando submetidos aos agentes químicos e mecânicos. A realização das proteções do cimento de MTA não proporcionou melhoria nos resultados de microdureza. Todos os materiais mantiveram médias baixas de infiltração demonstrando serem eficientes como materiais seladores. O CPM se mostrou um material com boas propriedades seladoras, porém apresentou baixa dureza.

PALAVRAS-CHAVE: Infiltração dentária; testes de dureza; materiais restauradores do canal radicular; MTA; polímeros.

1 INTRODUÇÃO

Na Endodontia, perfurações radiculares podem ocorrer por processos patológicos como reabsorções radiculares externas, internas e cáries; ou em decorrência de iatrogenias, como erros durante aberturas coronárias, preparo para retentores intra-radiculares ou preparo dos canais radiculares, sendo que em ambos, as perfurações podem resultar em perda da integridade radicular, comprometimento do espaço biológico e destruição dos tecidos periodontais.

Perfurações expostas ao meio bucal entram em contato com microrganismos, tornando-se contaminadas, prejudicando seu tratamento e reparação podendo propiciar migração epitelial e conseqüentemente destruição do osso adjacente (NAKATA et al.³⁹, 1998). O prognóstico dessas perfurações depende do tamanho, localização (perfurações no terço apical e médio da raiz tem melhor prognóstico devido ao menor risco de contaminação, PIT FORD et al.⁴⁵, 1995) e tempo de contaminação, sendo mais favorável nos casos em que a perfuração é restaurada imediatamente. Além disso, o prognóstico depende do comprometimento da inserção periodontal incluindo espaço biológico e principalmente da dificuldade de adequado selamento (TORABINEJAD et al.⁶¹, 1995).

Inúmeros materiais têm sido empregados para o selamento de perfurações visando evitar a contaminação da área e promover reparo tecidual. Dentre esses materiais estão o amálgama; Cavit; Super-Eba; cimento de ionômero de vidro (CIV); guta-percha; cimento de óxido de zinco e eugenol; resina composta e mais recentemente o MTA (mineral trióxido agregado) (PIT FORD et al.⁴⁵) e o polímero da mamona (CALIXTO et al.⁹).

O cimento MTA é formado por partículas hidrofílicas que quando entram em contato com água formam um gel coloidal e se transformam em um cimento rígido (AMINOSHARIAE et al. ², 2003; AL-HEZAIMI et al. ¹, 2005), atingindo o pH aproximado de 12,5. Sua presa inicial é de quatro horas, a força de adesão aumenta nas primeiras 72 horas. Pode ser encontrado no mercado na cor branca e cinza, apresentando alguns componentes diferentes em sua fórmula, entretanto com a constituição básica de: silicato tricálcio, óxido tricálcio e óxido de silicato (BARGHOLZ ⁶, 2005). A alteração de cor ocorre devido à presença em maior quantidade de óxido férrico no MTA cinza (SANTOS et al. ⁵⁰, 2005).

Estudos recentes comparam o MTA com o cimento de Portland (PEREIRA et al.⁴³), mostrando que estes cimentos apresentam a mesma composição, exceto pela presença de óxido de bismuto o que aumenta a radiopacidade do MTA. Ambos possuem as mesmas propriedades microscopicamente, macroscopicamente e através da análise de difração dos raios-x. O cimento de Portland e o MTA têm efeito semelhante em células da polpa quando utilizados no procedimento de proteção pulpar sendo que a formação de matriz e diferenciação de osteoblastos é semelhante para as duas substâncias. Além disso, em casos de apicificação, promovem de maneira semelhante a formação de tecido mineralizado (SAIDON et al.⁴⁸, 2003).

O MTA desenvolvido na Universidade de Loma Linda foi introduzido na Endodontia por Torabinejad et al. ^{62,57} (1993;1995) que relataram excelentes propriedades físicas, químicas e biológicas em perfurações laterais. Posteriormente surgiram outras aplicações para esse cimento como a utilização em perfurações de furca, na forma de agente para proteção do assoalho pulpar, em casos de apicificação e também como material de retro-obturação. Nessas situações, o material utilizado não somente deve promover selamento às paredes dentinárias, adesão ao

ligamento periodontal, como também a formação de cimento, osso ou ponte de dentina dentro de suas diversas indicações.

De acordo com Holland et al.²¹ (2002) o mecanismo de indução para formação de tecido ósseo é semelhante ao do hidróxido de cálcio. O MTA promove mínima irritação pulpar, leve inflamação periapical, baixa toxicidade e ausência de mutagenicidade (SALAKO et al.⁴⁷, 2003) sendo, portanto, considerado um material que apresenta boa tolerância tecidual. Thomson et al.⁵⁵ (2003), observaram que o MTA estimula a proliferação de osteoblastos oferecendo um substrato ativo para as células reparativas. Além disso, o MTA tem a capacidade de promover selamento superior em comparação aos demais materiais provavelmente por proporcionar melhor selamento em umidade. Microscopicamente, Sarkar et al.⁵¹ (2004) verificaram um adequado selamento proporcionado pelo MTA não permitindo a passagem de corantes ou bactérias através da margem do selamento.

O polímero a base de moléculas vegetais extraídas da mamona, cuja estrutura molecular se assemelha a existente nos organismos vivos foi desenvolvido, a partir de 1984, pelo grupo de Química Analítica e Tecnologia de Polímeros da Universidade de São Paulo, campus de São Carlos (FERREIRA et al.¹⁴, 2002).

O polímero da mamona é também conhecido como *Ricinus communis*, e origina-se da reação química entre um pré-polímero e um polioliol do tipo poliéster. O óleo de mamona é na realidade um poliéster, formado por três moléculas do ácido ricinoleico, cada uma delas com um grupo hidroxila no carbono 12, propício para a polimerização por meio de ligações uretanas. Os grupos hidroxila do ácido ricinoleico reagem com os grupos isocianatos do pré-polímero difenilmetanodiisocianato para formar polímero, que tem sido utilizado para o preenchimento de defeitos ósseos e de alvéolos pós-

exodontia e como matéria prima para a confecção de próteses para reconstruções ósseas.

A poluretana derivada do óleo de mamona apresenta uma fórmula molecular que tem mostrado boa compatibilidade com os tecidos vivos, apresentando baixo custo, processabilidade, flexibilidade de formulação, versatilidade de temperatura de cura e controle do pico exotérmico na transição líquido/gel. Possui também excelentes propriedades estruturais e um bom poder de adesão, além de não liberar vapores e radicais tóxicos quando implantado (LEONEL et al.³², 2003).

Possui ainda propriedades detergentes, bactericidas e fungicidas, é passível de esterilização e colocação de parafusos, é biodegradável, pode sofrer incorporação de carbonato de cálcio com propósitos de modelação óssea, é de fácil manuseio e pode ser utilizada em várias fases de polimerização. Na forma de polímero, uma espécie de plástico mais refinado, a substância está sendo aplicada na reconstrução de tecidos e de partes ósseas danificadas por acidentes ou doenças (MASTRANTONIO & RAMALHO³⁷, 2003).

Esse polímero quando implantado em falhas ósseas pode receber no interior dos seus poros a invasão de vasos sanguíneos, o que promove o crescimento de células que vão recompondo o osso original em substituição ao polímero, ou seja, este vai sendo metabolizado e em seu lugar ocorre crescimento ósseo. Assim, pode ser utilizado na reconstrução de mandíbulas e sobre defeitos ósseos ao redor de implantes ósseos integrados (LEONEL et al.³², 2003). Além disso tem sido utilizado em pesquisas como material restaurador reduzindo a infiltração marginal e aumentando a retenção, devido à sua grande expansão inicial (LEONEL et al.³², 2003, MARTINS et al.³⁶, 2005).

O cimento derivado do polímero da mamona (CPM) é apresentado na forma de líquido, acondicionado em ampola com volume

corretamente balanceado, e uma porção de carbonato de cálcio na quantidade suficiente para uma consistência adequada (PAVAN⁴², 2003).

A utilização de protocolos para uso clínico de materiais seladores de perfurações endodônticas, necessita ainda de muitos estudos para estabelecer formas de utilização que não prejudiquem as características do material e sua ação na área da perfuração. Verifica-se clinicamente que soluções irrigadoras, instrumentos endodônticos podem por vezes alterar as características de dureza do material selador da perfuração.

Os achados mostram a importância clínica do MTA e do polímero da mamona nas diferentes aplicações em Endodontia. Acredita-se que a realização do preparo biomecânico em canais radiculares perfurados e selados com esse material podem alterar o MTA pela ação dos instrumentos endodônticos ou das soluções irrigadoras. Essas considerações levaram-nos a avaliar o uso ou não de proteções sobre o MTA e do polímero da mamona em perfurações simuladas analisando a microinfiltração por corantes e a microdureza destes materiais, após o preparo dos canais radiculares.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Para facilitar a compreensão, este capítulo foi subdividido em propriedades físicas e químicas dos cimentos: a) Propriedades do cimento derivado do polímero da Mamona (CPM) e sua aplicação; b) Propriedades do mineral trióxido agregado (MTA) e sua aplicação.

2.1 Polímero da mamona

Ainda é bastante escasso o número de trabalhos publicados avaliando as propriedades e aplicabilidades do polímero da mamona em Odontologia. Porém estudos biológicos têm mostrado excelentes resultados.

O comportamento do tecido ósseo frente ao implante do polímero da mamona, em cirurgia experimental realizada por Silva et al.⁵², em 1997, em raios de coelhos, foi estudado através de radiografias padronizadas. Foi utilizado um critério de radiopacidade pré-estabelecido para estruturas anatômicas presentes nas áreas de interesse das imagens, obtido dos defeitos ósseos induzidos no grupo controle (coágulo sangüíneo) e teste (com o CPM), nos períodos de 15, 30, 90 e 120 dias. Os resultados mostraram a intensificação das radiopacidades nas áreas dos defeitos no grupo controle em todos os períodos e em relação ao CPM.

O trabalho realizado por Tavano et al.⁵⁴ (1999) avaliou a densidade radiográfica de defeitos provocados em tíbias de coelhos preenchidos com CPM. Calixto et al.⁹ (2001) avaliaram a biocompatibilidade de uma resina natural derivada do óleo de mamona, implantada na cavidade

de extração dental de ratos e a interferência do material na cronologia da reparação alveolar. Após a extração do incisivo superior direito de ratos, implantou-se o polímero no alvéolo. Os ratos foram sacrificados de 1 a 6 semanas. No grupo controle não houve a colocação do polímero, e os espécimes sofreram o sacrifício da mesma forma que o grupo do polímero. Foi realizada a avaliação microscópica e verificou-se que os flocos de resina localizaram-se entre os terços alveolares médio e cervical, inicialmente circundado por tecido de granulação e em seguida por quantidade progressiva de tecido ósseo. Não houve persistência de reação inflamatória. A análise histométrica no grupo que recebeu implante demonstrou atraso de 13% a 20% no reparo alveolar, com menor neoformação óssea associada a maiores volumes percentuais de tecido conjuntivo e de remanescentes do coágulo sangüíneo.

No estudo realizado por Ignácio et al.²⁴(2002) foram realizadas falhas ósseas nas metáfises distais dos fêmures e proximais das tíbias bilateralmente, que depois foram preenchidas com poliuretana da mamona. Todos os animais foram sacrificados após 3, 6 e 12 meses da cirurgia. Macroscopicamente observou-se, ao longo do tempo, aderência maior dos corpos de prova no interior dos defeitos ósseos, especialmente nos porosos. Os dados obtidos em microscopia de luz demonstraram a formação de um tecido conjuntivo na interface osso-poliuretana, que não diminuiu de espessura ao longo do tempo e que penetrou superficialmente nos corpos de prova de maior porosidade, especialmente no maior tempo de evolução. Não foi verificada a presença de reação do tipo corpo estranho ou de células fagocitárias e não se observaram sinais de irregularidades na superfície da poliuretana em contato com o tecido ósseo, indicativo de reabsorção do material, em microscopia eletrônica de varredura.

Foi avaliada *in vitro* a capacidade de substâncias utilizadas como agentes antimicrobianos (solução de hidróxido de cálcio 10%,

paramonoclorofenol canforado, digluconato de clorexidina 2% e detergente de mamona 10%) sobre bactérias anaeróbias (*Fusobacterium nucleatum*, *Prevotella nigrescens*, *Bacterioides fragilis*) utilizando-se a técnica em caldo. Todos os materiais testados apresentaram atividade antimicrobiana, variando para as diferentes espécies bacterianas. No entanto, Ferreira et al.¹⁴ (2002) demonstraram que o digluconato de clorexidina apresentou-se mais eficiente sobre bactérias anaeróbias, seguido pelo detergente de mamona, PMCC e hidróxido de cálcio.

Baseado no óleo da mamona *Ricinus communis*, foi desenvolvido um poliuretano que tem sido utilizado com muito sucesso na Medicina e Odontologia. No trabalho realizado por Mastantonio & Ramalho³⁷ (2003) avaliou-se histologicamente a resposta de tecido conjuntivo subcutâneo de camundongos após o implante de discos desse poliuretano vegetal sem e com carbonato de cálcio, nos períodos de 7, 20, 30 e 60 dias. Os dois materiais mostraram ser biocompatíveis com tecido conjuntivo, pois somente no período inicial (7 dias) ocorreu discreta inflamação e também presença de macrófagos.

Pavan et al.⁴² (2003) avaliaram quatro materiais retrobturadores quanto ao selamento marginal, utilizando-se a leitura direta das imagens por meio do programa Sigma Scan. Os dentes foram instrumentados e preparados para receber a retrobturação utilizando-se os seguintes materiais: CPM, Epóxico experimental, cimento SuperEBA e cimento Fuji II LC. Posteriormente, imergiram-se os espécimes em solução de azul de metileno 25% a 37° C, por 48 horas. A seguir os mesmos foram seccionados longitudinalmente, e as hemiseções obtidas foram escaneadas para aferir as infiltrações. Os resultados apresentados pelos autores mostraram que o grupo do CPM teve o melhor selamento, com diferença estatisticamente significativa em relação ao grupo do cimento SuperEBA.

Com o objetivo de se avaliar a importância da porosidade interna do CPM durante a neoformação óssea, Leonel et al.³² (2003) utilizaram neste estudo 45 ratos. Esses animais sofreram ressecção de um segmento do arco zigomático direito, que foi imediatamente reconstruído pelo CPM. Após períodos de preservação de 15, 30, 60, 90 e 120 dias, os animais foram sacrificados e observados microscopicamente. Os resultados mostraram a existência de uma neoformação tecidual em meio aos poros do polímero em todos os períodos de avaliação. Uma progressiva diminuição no volume do polímero foi observada, à medida que ocorria formação de tecido ósseo. Assim, a estrutura interna do polímero permitiu a neoformação tecidual, que foi favorável à regeneração do defeito ósseo criado experimentalmente.

Em trabalho, realizado por Souza-Júnior et al.⁵³ (2004), avaliou-se a genotoxicidade do detergente derivado do óleo da mamona em células diplóides heterozigotas do fungo filamentosso *Aspergillus Nidulans*. A solução testada foi diluída em diversas proporções sendo em 1:40, 1:20 e 1:10. O resultado mostrou que o detergente induziu alterações morfológicas e atraso no desenvolvimento dos conidióforos e aumento nas frequências de recombinação mitótica, demonstrando genotoxicidade. Embora trabalhos anteriores relatem a atividade antimicrobiana da solução em estudo, estes resultados evidenciaram a citotoxicidade e o potencial recombinagênico dessa substância.

O trabalho realizado por Martins et al.³⁶ (2005) avaliou *in vitro* a capacidade de selamento do CPM como material retro-obturador. Foram utilizadas 45 raízes padronizadas em 16mm, as quais foram obturadas, e o preparo apical realizado. Utilizou-se três materiais para retrobturação: cimento de ionômero de vidro (CIV) (grupo 1), MTA (grupo 2) e CPM (grupo 3). As raízes foram impermeabilizadas e imersas em rodamina B por 24 horas. Os espécimes foram seccionados longitudinalmente e avaliados em

estéreomicroscópio e observou-se melhor capacidade seladora do CPM, com diferença estatisticamente significativa entre os grupos.

O objetivo do estudo realizado por Vieira et.al.⁶⁴ (2006) foi avaliar a dureza superficial do CPM em função da incorporação ou não de diferentes quantidades de carbonato de cálcio em peso. Foram realizados trinta corpos de prova, divididos em três grupos: G1- grupo controle, G2- grupo com 10% de carbonato de cálcio e G3- grupo com 50% de carbonato de cálcio. O teste de microdureza foi realizado e verificou-se que o grupo 3 apresentou maior dureza, podendo-se concluir que o carbonato de cálcio aumenta a dureza superficial do CPM.

2. 2 Propriedades físicas, químicas e biológicas do MTA

Torabinejad et al.⁶² (1993) descreveram o primeiro estudo com o MTA (mineral trióxido agregado) avaliando o grau de selamento entre diferentes materiais como o amálgama, Super-EBA e o MTA quando utilizados para obturação retrógrada. Após a obturação com guta percha e cimento endodôntico, foram removidos três milímetros de raiz e o canal desobturado em três milímetros (retroinstrumentado). Em seguida, os dentes foram colocados em solução aquosa de rodamina B fluorescente por 24 horas. Após esse período, as raízes foram seccionadas longitudinalmente e avaliadas em microscópio confocal. Os autores concluíram que o MTA promoveu menor infiltração em relação aos com os outros materiais.

Ainda Torabinejad et al.⁶⁰ (1995) realizaram um estudo para avaliar a composição química, radiopacidade, resistência à compressão e a solubilidade do MTA e compará-los com as características dos seguintes materiais: amálgama; Super-EBA e IRM (Intermediate Restorative Material).

Para a determinação da composição do MTA, foi utilizado o espectômetro e o microscópio eletrônico de varredura, o pH foi avaliado em um pHmetro e a radiopacidade foi avaliada por meio de aparelho de raios-x analisados através de um densiômetro fotográfico. O tempo de presa foi avaliado através da agulha de Gilmore e a força de compressão foi avaliada com a máquina (Instron 1185 testing machine). Ainda verificaram a solubilidade colocando-se o material em recipientes com 50ml de água destilada a 37° C. Os resultados mostraram que as moléculas principais de MTA são as de cálcio e de íons fosfato. O pH do MTA foi inicialmente de 10,2 e verificou-se que após 3 horas aumentou para 12,5. O amálgama apresentou o menor tempo de presa (4 minutos) e o MTA o maior (em torno de 3 horas). Nas primeiras 24 horas o MTA apresentou menor resistência à compressão entre os materiais, o que aumentou após 21 dias para 67µPa. Além disso, o MTA não se mostrou solúvel.

Materiais retro-obturadores, além de proporcionar bom selamento, devem possuir uma atividade anti-bacteriana para evitar o crescimento de microorganismos. Esse estudo realizado por Torabinejad et al.⁵⁷ (1995) avaliou os efeitos anti-bacterianos do amálgama, pasta zinco eugenólica, Super EBA e MTA em nove bactérias facultativas e sete anaeróbias estritas. Os microorganismos teste foram colocados nos meios e incubados por 24 a 48 horas a 37° C. Pelos resultados obtidos pôde-se observar que o grupo controle positivo proporcionou diversos graus de inibição. O amálgama não promoveu efeito anti-bacteriano, o MTA não proporcionou efeito anti-bacteriano sobre algumas bactérias facultativas e em todos os anaeróbios estritos. Os resultados mostraram não haver um completo efeito anti-bacteriano em todas as substâncias testadas.

Em 1995, Torabinejad et al.⁵⁸ avaliaram a penetração bacteriana do *Staphylococcus epidermidis* na interface material retrobturador/paredes dentinárias, frente aos seguintes materiais: amálgama, Super-Eba, IRM e

MTA, que foram utilizados para retro-obturação do canal radicular. Os dentes foram obturados com guta percha e cimento e em seguida quarenta e oito cavidades foram realizadas nos ápices e preenchidas com Super-EBA, IRM ou MTA. Verificaram que a penetração de bactérias foi dependente do tipo de material, sendo que o MTA proporcionou maior resistência a esta penetração. Os grupos preenchidos com amálgama, SuperEBA ou IRM tiveram infiltração de 6 a 57 dias, já os que receberam a restauração de MTA não mostraram nenhuma infiltração no tempo total do experimento (90 dias).

A resposta tecidual a perfurações intencionais realizadas em furca de 28 pré-molares de 7 cães foi avaliada por Pit Ford et al.⁴⁵ (1995). Metade das amostras foi perfurada e imediatamente preenchidas com MTA ou amálgama, as restantes foram preenchidas após a contaminação com saliva durante 6 semanas. As amostras foram avaliadas após 4 meses. No grupo sem contaminação todos os espécimes restaurados com amálgama apresentaram células inflamatórias na região; no grupo do MTA apenas uma amostra apresentava inflamação sendo que nos outros seis espécimes houve formação de cimento na região. Já no grupo contaminado observou-se o mesmo resultado no caso da utilização do amálgama, mas no grupo do MTA apenas 4 amostras mantiveram alguma contaminação. Portanto, observou-se que o MTA é o material mais indicado para o selamento de perfurações.

Bates et al.⁷ (1996) avaliaram a capacidade de vedamento do MTA para o selamento completo de obturações retrógradas em 72 dentes humanos uniradiculados. Os dentes foram preparados pela técnica de recuo progressivo programado, e em seguida as raízes foram amputadas e realizou-se o preparo com ultra-som. Os dentes foram divididos em 3 grupos, os quais foram obturados com amálgama, Super-Eba e MTA. A avaliação de microinfiltração foi realizada nos períodos de 24 horas, 72 horas, 2 semanas, 4 semanas, 8 semanas e 12 semanas após passarem pelo teste de imersão

de fluído. O MTA e o Super-Eba demonstraram excelente capacidade de selamento durante as 12 semanas. O amálgama apresentou pior selamento nos períodos de 24 horas, 72 horas e 2 semanas ao ser comparado com outros materiais. O MTA apresentou resultados superiores ao amálgama e semelhantes ao Super-Eba.

A capacidade de selamento do MTA e do amálgama em lesões de furca utilizando-se um modelo de infiltração de bactérias anaeróbias foi avaliado por Nakata et al.³⁹ (1998). A perfuração foi realizada em 39 dentes, que foram divididos em dois grupos de acordo com o material selador. A bactéria *F. nucleatum* foi inoculada em um meio de cultura de BHI e os dentes foram colocados em contato com essa cultura. Os resultados mostraram que o MTA apresentou maior capacidade seladora que o amálgama.

O experimento realizado por Koh et al.²⁷ (1998) avaliou a morfologia de osteoblastos na presença de MTA e a produção de citocina por estas células. MTA e IRM foram colocados em diferentes placas de Petri e os osteoblastos foram semeados nas placas e encubados por 1 a 7 dias. Os espécimes foram avaliados por microscopia eletrônica de varredura. As placas usadas para avaliação da citocina possuíam ou não os materiais a serem avaliados. A média foi realizada através do teste de ELISA. Através da análise microscópica, observaram-se células com aspecto normal em contato com o MTA de 1 a 3 dias, entretanto as células que estavam próxima ao IRM encontravam-se arredondadas. O teste de ELISA mostrou presença de interleucinas nas placas com MTA, diferente do que foi constatado nas placas com IRM onde não foram detectadas. Concluíram que o MTA ofereceu substrato biológico para células ósseas e estimulou a produção de interleucinas.

Torabinejad et al.⁵⁹ (1998) avaliaram a reação tecidual do amálgama, IRM e Super-Eba em tibia e mandíbula de porcos. Após a

anestesia e a realização do retalho, foram realizadas cavidades ósseas em 20 animais. Os materiais foram introduzidos em tubos de teflon na tíbia e após 10 dias na mandíbula. Os animais foram sacrificados após 80 dias e os tecidos preparados para avaliação microscópica. Os quesitos avaliados foram presença de inflamação, células predominantes e espessura de tecido conjuntivo fibroso adjacente aos tubos. O MTA provocou reação tecidual mais favorável, sendo que as amostras avaliadas se encontravam livre de inflamação, com diferença estatística significativa em relação aos outros grupos que apresentavam maior inflamação. Ainda verificou-se que na região da tíbia ocorreu aposição óssea aos materiais. Diante destes resultados pôde-se concluir que o MTA é um material compatível.

A observação da reação dos tecidos periapicais em dentes de cães depois de instrumentados, obturados com guta percha e cimento de MTA ou cimento de ionômero de vidro (Ketac-Endo), foi realizada por Holland et al.²² (1999). Após 6 meses, os animais foram sacrificados e as amostras foram preparadas para análise em microscopia. Verificou-se que não houve reação inflamatória e ocorreu o fechamento dos forames no grupo do MTA. Já no grupo do cimento de ionômero de vidro observou-se diferente grau de inflamação crônica e o fechamento parcial de 2 amostras. Concluiu-se que o MTA teve melhor resposta biológica que o cimento de ionômero de vidro.

Em 1999, Torabinejad & Noah⁵⁶ descreveram os procedimentos clínicos que podem ser realizados com o MTA que incluem proteção pulpar direta, apicificação, selamento de perfurações e como material retro-obturador.

Estrela et al¹² (2002) avaliaram a ação antimicrobiana do MTA, cimento de Portland, pasta de hidróxido de cálcio, Sealapex e Dycal. Além disso, a constituição química do MTA e do cimento de Portland foi avaliada. Para o teste foram utilizadas quatro tipos de bactérias: S.

aureus, *E. faecalis*, *P. aeruginosa*, *B. subtilis*, e um tipo de fungo *C. albicans*. Trinta placas de petri foram utilizadas onde 3 cavidades foram preparadas em cada uma. Em seguida, os materiais testados foram colocados em cada placa. Após 48 horas, os diâmetros dos halos de inibição foram avaliados e o potencial de inibição da pasta de hidróxido de cálcio foi o maior, apresentando diâmetro de 10 -18 mm e halo de difusão foi de 6 – 9,5 mm. O Sealapex, cimento de Portland e o Dycall apresentaram apenas halos de difusão onde o Sealapex mostrou o maior halo. Concluiu-se que a ação antimicrobiana da pasta de hidróxido de cálcio foi mais efetiva que os materiais testados para as bactérias utilizadas neste estudo.

Keiser et al.²⁵ (2000) compararam a citotoxicidade do MTA com o Super-EBA e o amálgama e para isso realizou-se um estudo em cultura de células (fibroblastos - células primárias). Os materiais foram colocados no meio de cultura celular imediatamente após a espatulação, e após 24 horas em alta e baixa concentração. Após a análise dos resultados, concluiu-se que o MTA é o material menos citotóxico seguido pelo Super-EBA e por fim do amálgama, na primeira situação. Já na segunda hipótese (após 24 horas) o material mais citotóxico foi o Super-EBA seguido do amálgama e depois o MTA.

Em experimento foi realizado por Roy et al.⁴⁷ (2001), cento e cinquenta e seis dentes humanos receberam tratamento endodôntico, apicetomia e preparo retrobturador. Os dentes foram divididos em 6 grupos, receberam restauração com Amálgama, Geristore, Super-EBA, MTA, cimento de fosfato de cálcio ou MTA associado ao cimento de fosfato de cálcio. Após a restauração, metade dos espécimes foi imerso em solução com pH 5, e metade em solução com pH 7,4 por 24 horas, respectivamente. Os resultados mostraram que o meio ácido reduziu a permeabilidade dos

cimentos Gersitone e do MTA com cimento de fosfato de cálcio. Pôde-se observar que o meio ácido não diminuiu a capacidade seladora de nenhum material, mas aumentou dos cimentos Gersitone e do MTA com cimento de fosfato de cálcio.

Em 2001, Koh et al.²⁷ mostraram clinicamente que o MTA pode ser uma alternativa para tratamento de *Dens in Dent* pela realização de pulpotomia em dois pré-molares e a colocação de MTA na região do soalho. Seis meses após o procedimento foram realizadas radiografias que comprovaram a formação de uma barreira radiopaca na região coronária, além de não haver nenhum sinal de inflamação nos cortes microscópicos realizados.

O objetivo desse trabalho, realizado por Holland et al.²¹ (2002) foi estudar a reação do tecido conjuntivo subcutâneo de ratos ao implante de tubos de dentina obturados com MTA branco. Os tubos foram implantados no tecido conjuntivo e os animais sacrificados após 7 e 30 dias de pós-operatório. Granulações birrefringentes à luz polarizada, seguida de uma estrutura irregular na forma de ponte, foram observadas junto ao material. Os resultados observados são similares aos descritos pelo MTA cinza, por isso conclui-se que os dois tipos de MTA são similares.

Weldon et al.⁶⁵ (2002) verificaram a capacidade de selamento do MTA e do Super-Eba em casos de perfuração de furca. A integridade da perfuração foi avaliada nos primeiros trinta minutos para os grupos restaurados com Super-Eba, e quatro horas para o grupo do MTA. Posteriormente, foram realizadas avaliações nos períodos de 24 horas, uma semana e um mês. Verificaram que houve um bom selamento dos dois materiais em uma semana e um mês, entretanto o Super-Eba se destacou por apresentar melhor selamento nas primeiras 24 horas.

Quarenta e seis dentes foram utilizados em estudo realizado por Andelin et al.³ (2002) com o objetivo de avaliar a infiltração da região apical. Depois do preparo dos canais radiculares, os dentes foram divididos em 2 grupos sendo o grupo 1 obturado com MTA e o grupo 2 obturado com gutapercha associada ao cimento Pulp Canal Sealer. Os terços apicais de cada raiz foram seccionados e o grupo 2 recebeu um preparo retrógrado junto à obturação com MTA. As raízes foram imersas em solução de corante nankim por 24 horas, depois foram seccionadas e avaliadas quanto à infiltração do corante. Verificou-se que não houve diferenças estatisticamente significantes entre os grupos avaliados.

Peters e Peters⁴⁴ (2002) avaliaram a adaptação marginal de retro-obturações com Super-EBA e MTA e a ocorrência de microfendas em raízes ressectadas de dentes extraídos antes e depois do teste de resistência oclusal por um período equivalente a 5 anos em um mastigador controlado por computador. Vinte e quatro molares foram obturados, depois tiveram suas raízes ressectadas e as retrocavidades foram preparadas e restauradas com MTA ou Super-EBA. Réplicas das raízes ressectadas e das cavidades restauradas foram confeccionadas e examinadas utilizando-se microscopia eletrônica de varredura antes e depois das raízes sofrerem ação de uma máquina simuladora da mastigação no período simulado, equivalente a 5 anos. A integridade dos dois materiais e a presença de fendas foram avaliadas. Pôde ser observado que 12,5% de raízes mostraram microfendas antes de ser submetido à máquina de simulação da mastigação e 25% após o teste. Os dois materiais obtiveram boa adaptação marginal antes de ser submetido ao teste. Apesar de ocorrer uma diminuição na adaptação marginal após o teste, esta ainda permaneceu satisfatória.

Saidon et al.⁴⁸ (2003) compararam o efeito citotóxico *in vitro* sobre cultura de células e a reação tecidual *in vivo* ao MTA e ao cimento de

Portland em implantações na mandíbula de porcos. Após 2 ou 12 semanas, os animais foram sacrificados e foi realizada uma análise microscópica. Os resultados mostraram não haver diferença estatística significativa entre os grupos tanto *in vitro* como *in vivo*, chegando-se à conclusão de que o cimento de Portland também pode ser usado como material obturador.

O trabalho realizado por Economides et al.¹¹ (2003) teve como propósito avaliar a resposta à curto prazo dos tecidos periapicais ao MTA como material retro-obturador. Para isso foram selecionados 2 cães da raça *Beagle*, que sofreram pulpectomia e obturação dos canais radiculares. As raízes foram ressectadas e o MTA ou o Super-EBA foram utilizados como materiais retro-obturadores. A resposta tecidual foi avaliada em microscópio eletrônico de varredura durante uma a cinco semanas. Na primeira semana observou-se formação de tecido conjuntivo e depois ocorreu a formação de tecidos mineralizados em fase inicial com o MTA, o que não pôde ser observado com o Super-EBA. Concluiu-se, então, que o MTA é um material com boa tolerância tecidual e que estimula a reparação óssea na região periradicular.

Ainda estudando as características biológicas do MTA, Thomson et al.⁵⁵ (2003) investigaram os efeitos do MTA no crescimento de cementoblastos e na produção de osteocalcina em cultura de células, de maneira que os cementoblastos foram encubados por 48 horas em contato com o MTA, IRM ou amálgama. Pela análise de microscopia confocal e pela avaliação da expressão genética, pôde-se verificar que o MTA promoveu adesão, crescimento, produção genética de matriz mineralizada e de proteínas nos cementoblastos.

Em um caso clínico de perfuração do periodonto lateral decorrente de reabsorção radicular interna e tratado com MTA, Hsien et al.²³ (2003) verificaram ausência de sinais e sintomas e reparação óssea e do

ligamento periodontal após acompanhamento do caso por um ano, confirmando a capacidade reparadora do MTA.

Mangin et al.³⁴ (2003) realizaram uma comparação da permeabilidade do *E. faecalis* a três materiais diferentes: MTA, ácido etoxibenzóico e hidroxiapatita. O estudo foi avaliado por meio do preparo de 50 canais radiculares retro-obturados com os respectivos materiais e imersos em um meio de cultura com o microorganismo. Em seguida, cada amostra foi removida do meio e avaliou-se por teste de hidrogênio a penetração das bactérias. Pelos resultados verificou-se que todos os materiais foram pouco permeáveis ao microorganismo, sem diferença estatisticamente significativa entre os grupos.

O objetivo do trabalho realizado por Lamb et al.²⁹ (2003) foi determinar a menor espessura de MTA requerida para manter o ápice selado. A análise das variações da ressecção da raiz de 3, 4, 5 e 6 mm foi realizada pelo sistema de infiltração de fluido. Observou-se que até 4mm de ressecção radicular não houve diferença estatisticamente significativa entre as amostras. Concluíram que para que não haja influencia da espessura do MTA deve-se deixar ao menos 3mm deste material no ápice.

Para determinar se a adaptação do MTA varia em canais radiculares simulados, Aminosharie et al.² (2003) utilizaram a técnica manual ou de condensação vertical com o uso do ultra-som. Oitenta tubos de polietileno foram divididos em 4 grupos variando-se o comprimento e a técnica de preenchimento. Em cada grupo houve o preenchimento de 3, 5, 7 e 10 mm e as amostras foram divididas em 10 tubos que foram preenchidos manualmente e o restante com o ultra-som. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos com relação ao preenchimento, entretanto a técnica manual mostrou-se superior.

Outro estudo que teve o intuito de demonstrar a tolerância tecidual do MTA foi realizado por Yaltirik et al.⁶⁶ (2004), cujo propósito foi avaliar a reação subcutânea do tecido conjuntivo de ratos ao ProRoot (MTA; Denstply) e ao amálgama (Coltene). Os materiais foram colocados em tubos de polietileno implantados no dorso de ratos Wistar albinos. Após 7, 15, 30, 60 e 90 dias da implantação dos tubos, as biópsias foram coletadas e examinadas microscopicamente. O grau de inflamação, o tipo de célula predominante no infiltrado inflamatório, calcificação e a espessura do tecido formado, ou espessura da cápsula fibrosa e as áreas de necrose foram analisados. Os dois materiais foram bem tolerados no período avaliado. No tecido conjuntivo adjacente ao MTA verificou-se a presença de calcificações distróficas, que confirma a hipótese desse material ser capaz de induzir a formação de tecido mineralizado.

Lee et al.³⁰ (2004) avaliaram como os diversos meios de armazenamento podem afetar o comportamento e as propriedades físicas do MTA. Os espécimes foram preparados e colocados em um molde padronizado e foram divididos em grupos de acordo com o meio de armazenamento. O grupo 1 foi armazenado em água destilada, o grupo 2 em solução salina, o grupo 3 em solução com pH 7 e o grupo 4 em solução com pH 5. Os espécimes foram removidos das soluções após 7 dias e as amostras foram avaliadas utilizando artifícios como raios-x, microscopia eletrônica de varredura e microdureza. Após a realização desses testes pôde-se concluir que o meio afeta a formação do MTA, sendo que o fator que provoca maior interferência é o pH e a presença de íons. Assim, verificou-se que um meio ácido (pH 5) pode afetar as propriedades físicas e a hidratação do material.

Matt et al.³⁸ (2004) avaliaram o uso do MTA (cinza ou branco) como barreira apical, por meio da microinfiltração por corante azul de metileno e pela microdureza. As amostras foram seladas com espessura de

2 ou 5 mm de MTA. Em seguida, no grupo 1, imediatamente foi realizada a obturação do canal radicular e no grupo 2, após 24 horas. As amostras foram imersas em corante azul de metileno por 48 horas, depois seccionadas para a avaliação da infiltração e para a realização do teste de microdureza. Os resultados mostraram que o MTA cinza é menos permeável que o branco; a realização de duas etapas para a obturação do canal também mostrou menor infiltração. Pelo teste de microdureza, verificou-se que a barreira de 5 mm, independente do tipo de MTA, apresentou-se mais rígida que a de 2 mm.

Hardy et al.²⁰ (2004) investigaram a propriedade seladora do One Up Bond, do MTA, da associação do MTA com o One Up Bond e do MTA associado ao Super-EBA pelo teste de infiltração de fluído. Os dentes tiveram suas coroas seccionadas na junção amelo-dentinária, em seguida foram instrumentados e realizadas perfurações na região de furca. As perfurações foram restauradas com MTA, One Up Bond, e os grupos em que o MTA foi associado a outro material receberam uma proteção na região interna da câmara com One Up Bond ou Super-EBA. O dispositivo para a realização do teste foi acoplado à perfuração, por um cilindro que exercia a pressão através da movimentação do líquido. Os resultados mostraram que o MTA resultou em maior extravasamento de fluído que os outros grupos. Entretanto, após um mês de observação os grupos mantiveram-se semelhantes.

A avaliação do sucesso de perfurações radiculares com o uso de MTA foi realizada por Main et al.³³ (2004). Um levantamento de casos clínicos de perfurações radiculares com selamento utilizando o MTA foi realizado, avaliando 16 casos. As radiografias tiradas antes, durante e após o tratamento com período de preservação de 1 ano foram analisadas para a determinação de alterações presentes próximas à perfuração. Os resultados mostraram que todos os casos que apresentavam lesão do

periodonto, após 1 ano houve o desaparecimento desta lesão. Os casos onde não era observada nenhuma lesão, permaneceram sem lesão após este período. Concluiu-se que o MTA promove um selamento adequado e mostrou bom prognóstico nos casos de perfuração radicular.

Leimburg et al.³¹ (2004) realizaram um estudo para avaliação da microinfiltração bacteriana na região apical com diferentes espessuras de MTA. Trinta e quatro dentes unirradiculares foram instrumentados, cortados em 13 mm de comprimento e divididos em 3 grupos de acordo com a espessura do MTA (1, 2 ou 3 mm). O estudo também contou com 4 espécimes controle, sendo 2 negativos (selados com verniz no ápice) e 2 positivos (selados a 3 mm do ápice). Cada amostra foi colocada em um tubo Falcon de maneira que ficassem em posição vertical e dentro deste colocou-se um meio de cultura estéril. A bactéria *E. faecalis* foi inoculada em cada raiz e as avaliações foram realizadas nos períodos de 10, 20, 30, 40 e 50 dias por meio da avaliação do PCR (*Polimerase chain reaction*) e depois pelo *reverse dot plot*. Os resultados mostraram que houve contaminação apenas nos grupos de controle positivo com período de 24 horas, mostrando que o MTA é um material que promove um bom selamento apical.

Baek et al.⁵ (2005) utilizaram 5 cães da raça Beagle para a avaliação e comparação da resposta periapical de 3 materiais retro-obturadores (MTA, amálgama e Super-EBA). Após a indução de lesão periapical, os canais radiculares foram tratados e restaurados. Os materiais foram colocados na região apical por meio de um procedimento cirúrgico. Após quatro meses, os cães foram sacrificados e as mandíbulas preparadas para avaliação histológica. Nos resultados pôde-se observar que houve regeneração de tecidos com o MTA, já com os materiais amálgama e Super-EBA observou-se grande infiltrado inflamatório e a formação cápsula fibrosa.

O trabalho realizado por Nakayama et al.⁴⁰ (2005) avaliou o comportamento de células ósseas de ratos em contato com MTA ou com IRM. As células ósseas foram removidas do fêmur de ratos e depois cultivadas em meio adequado. Três placas da cultura foram realizadas para cada material, e após 3 dias foram submetidas à microscopia de varredura e microscopia de transmissão elétrica. Foram avaliados também a liberação de cálcio, média da proliferação celular, expressão do colágeno tipo I e as proteínas mRNA. Após 3 dias, no MTA notou-se a presença de células ósseas e produção de fosfatase alcalina semelhante ao grupo controle. A liberação de cálcio foi de 130 ppm, mas a proliferação celular e a expressão do colágeno foram baixas. No grupo do IRM poucas células arredondadas puderam ser notadas, mas nenhuma célula viva foi observada. Neste estudo o MTA apresentou-se como um material de baixa toxicidade que não inibe o crescimento celular, entretanto suprimiu a diferenciação de células osteoblásticas

Bargholz⁶ (2005) apresentou um novo conceito de matriz colágena prévia para colocação de MTA em perfurações e para isso foram realizados 2 casos clínicos. A técnica consistia na colocação de pequenos pedaços de colágeno no canal radicular para eliminação do tecido de granulação, que pode estar presente ou não, devido a possível presença de inflamação. O material foi colocado na perfuração utilizando-se um aplicador de MTA (MTA-gun), que é um dispositivo que serve para transportar e injetar o MTA no local desejado. O autor demonstrou, após um ano, a completa reparação da radiolucência, com a formação de novo osso preenchendo o defeito. O grupo controle de 5 anos demonstrou excelente reparação com formação nítida de ligamento periodontal.

O objetivo do trabalho realizado por Pereira et al.⁴³ (2005) foi analisar a influência do pH do corante azul de metileno tamponado ou não, em diferentes períodos de tempo, na infiltração do cimento de Portland.

Cento e doze dentes tiveram seus ápices seccionados a 3 mm do forame apical. Depois foram retrobturados com cimento de Portland, divididos em dois grupos e colocados em solução tamponada e não de azul de metileno. As amostras foram removidas das soluções em grupo de 14 dentes nos períodos de 12, 24, 48 e 72 horas para avaliação da infiltração. Os resultados mostraram que não houve diferenças estatísticas significantes entre os grupos.

Al-Hezaimi et al.¹ (2005) avaliaram a capacidade de selamento do MTA cinza, do branco e a obturação através da condensação lateral com cones de guta percha e cimento Kerr Pulp Canal Sealer EWT. Quarenta e três dentes humanos foram instrumentados e obturados com os respectivos materiais. Os dentes foram acoplados a um dispositivo para o teste de infiltração salivar. Após 42 dias, 1 raiz no grupo A (MTA cinza), 4 raízes no grupo B (MTA branco) e 9 no grupo C (guta-percha) demonstraram infiltração. Houve diferença estatisticamente significativa entre os grupo A e C, sendo que o MTA cinza apresentou menor infiltração. Concluiu-se que nas condições deste estudo, o MTA cinza se mostrou mais resistente à penetração bacteriana.

Ferris e Baumgartner¹⁵ (2005) compararam a capacidade de selamento de dois tipos de MTA (cinza e branco) em perfurações de furca por meio de infiltração de bactérias (*F. nucleatum*). Quarenta dentes foram divididos em 2 grupos, cada um recebendo a restauração dos respectivos tipos de MTA. Os dentes foram colocados em meio de cultura, onde fora adicionado o microorganismo. Os resultados demonstraram que houve a infiltração em 2 espécimes no grupo do MTA cinza e 3 no MTA branco, sendo que não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos.

Sarkar et al.⁵¹ (2005) caracterizaram as interações do MTA com um fluido tissular sintético e também associado à dentes preparados endodonticamente. O experimento em que o MTA foi envolvido apenas

com o fluido tissular apresentou liberação de íons que produziram precipitados com estruturas similares à hidroxiapatita. O segundo grupo que avaliou o fluido tissular em contato com o dente preparado observou também a formação de hidroxiapatita. Verificou-se que o íon mais liberado pelo MTA foi o cálcio que reage com os íons fosfato transformando-se em hidroxiapatita. Atribui-se a boa capacidade seladora, a biocompatibilidade e a atividade dentinogênica do MTA à essas reações físico-químicas.

Para Fridland et al.¹⁶ (2005) o MTA possui o cálcio como o componente químico principal, que é liberado devido ao pH alcalino do cimento. Esta liberação tem grande importância clínica, pois prova a capacidade do MTA de induzir mineralização. Essa conclusão surgiu a partir de uma análise da solubilidade e porosidade do cimento variando-se as proporções água e pó. Em quatro grupos foram utilizadas as proporções de água/pó (0,26 0,28, 0,30 e 0,33g). Verificou-se que ocorreu um aumento da solubilidade e porosidade quando a proporção água/pó aumentou.

Em 2005, Asgary et al.⁴ analisaram a composição dos cimentos MTA de coloração diferente (cinza ou branco). Por meio de uma microanálise chegou-se a conclusão de que basicamente a fórmula consta de óxido de cálcio, óxido de silício, óxido de bismuto, e o que diferencia os dois materiais é a maior quantidade de óxido férrico no MTA cinza, o que justifica sua coloração.

Santos et al.⁵⁰ (2005) estudaram a liberação de cálcio, o pH e condutibilidade de um novo cimento odontológico experimental (EC) e comparam ao MTA (Angelus). Cinco amostras de cada cimento foram preparadas em tubos de 1 mm de diâmetro e 10 mm de altura, e cada uma foi adicionada a um frasco de 10 ml de água deionizada. Os espécimes foram avaliados quanto ao pH, condutibilidade elétrica e liberação de cálcio, após 24, 48, 72, 96, 192, 240 e 360 horas. Os dados foram avaliados através

de análise de variância e o teste *t*. Os dois cimentos apresentaram comportamento semelhante com aumento do pH em ambos. Entretanto, a liberação de cálcio foi diferente nas primeiras 24 horas, sendo que o cimento EC mostrou maior liberação de cálcio.

A avaliação dos efeitos tóxicos do MTA e cimento de Portland foi realizada por Ribeiro et al.⁴⁶ (2005) por meio de ensaios de cometa (alkaline single gel-comet) em células de ratos. Os resultados mostraram que não houve alteração no DNA depois do tratamento das células com MTA e cimento de Portland mostrando não que estes materiais não foram citotóxicos a estas células.

Uma avaliação *in vitro* da capacidade seladora de dois cimentos retrobturadores, frente à infiltração bacteriana foi realizada por Gomes et al.¹⁸ (2006). Trinta e quatro raízes foram preparadas para receber a retrobturação e divididas em G1- obturação com MTA cinza e G2 com MTA branco. Os espécimes foram impermeabilizados, conectados a seringas de insulina com um auxílio de um garrote e depois esterilizados com óxido de etileno. O conteúdo foi inserido no tubo de ensaio com BHI. Nas seringas foram inoculados *E. faecalis*, os tubos foram encubados nos períodos de 7, 15 e 30 dias. Os resultados mostraram não haver diferenças estatísticas significantes entre os dois cimentos, pois se comportaram de maneira semelhante, mostrando um bom selamento.

Danesh et al.¹⁰ (2006) avaliaram as propriedades de solubilidade, microdureza e radiopacidade do cimento ProRoot e dois cimentos do tipo Portland. O teste de solubilidade foi realizado por imersão de blocos de cimento, padronizados pelo mesmo tamanho, em água por 1 mim, 10 mim, 1 h, 24 h, 72 h e 28 dias. Após os períodos de análise, foi realizada a avaliação da perda de peso. Cinco espécimes foram submetidos à microdureza com indentação de 100 g por 30 segundos. A radiopacidade

foi comparada por meio do exame radiográfico. As análises demonstraram que o MTA apresentou melhores resultados, sendo o material menos solúvel, mais rígido e com melhor radiopacidade.

2.3 Aplicações do MTA

Ainda em 1995, Torabinejad et al.⁵⁶, investigaram a adaptação marginal do MTA como material de obturação retrógrada, comparando-o com amálgama, Super-EBA e IRM (Intermediate Restorative Material). A análise foi realizada em microscópio eletrônico de varredura. Após a colocação das amostras no corante de alumínio, a distância entre o material testado e a dentina ao redor foi medida em quatro pontos em microscopia eletrônica. Os autores relatam que o MTA apresentou melhor adaptação e proporcionou menor formação de espaços vazios ao ser comparado com os outros cimentos.

Faraco e Holland¹³ (2001) observaram a resposta da polpa de cães ao MTA e ao hidróxido de cálcio quando utilizados como materiais de proteção pulpar. Depois da exposição pulpar de 30 dentes, estes foram tratados com MTA ou hidróxido de cálcio. Após 2 meses, os animais foram sacrificados e foi realizada a análise histológica. Os resultados mostraram um processo de reparação com formação de ponte de dentina e ausência de inflamação no grupo do MTA. No grupo do hidróxido de cálcio somente 5 espécimes apresentaram formação de ponte de dentina, além de ter sido observado inflamação pulpar crônica em 12 casos. Concluiu-se o MTA apresentou melhores resultados que o grupo do hidróxido de cálcio sendo material de escolha para utilização em proteção pulpar.

Um estudo clínico realizado em 2002, por Giuliani et al.¹⁷ avaliou três casos clínicos onde o MTA foi utilizado como plug apical em casos de apicificação. De acordo com o protocolo de apicificação os dentes foram irrigados com hipoclorito de sódio 5% seguido da aplicação de hidróxido de cálcio durante uma semana. Na outra sessão foi colocado MTA na porção apical e o restante recebeu obturação de guta percha. Foram realizados controles de 6 meses a um ano, que demonstraram redução da lesão periapical existente. Os casos clínicos mostraram que o MTA é um material indicado para apicificação diminuindo o tempo de atendimento, sendo vantajoso tanto para o cirurgião dentista como para o paciente.

Maroto et al.³⁵ (2003) relataram um caso clínico de dois incisivos superiores com coroas fraturadas e apresentando luxação em um paciente de 9 anos. Um dos incisivos reagiu favoravelmente ao tratamento de apicificação convencional, mas o outro após 3 anos de tentativa não mostrou resultado favorável. Então, optou-se fazer uma barreira apical de MTA. Depois em um controle de 12 meses observou-se início de reparação da lesão periapical existente.

Em pesquisa realizada por Salako et al.⁴⁹ (2003) foram avaliados o vidro bioativo como material para proteção pulpar comparando-o ao formocresol, sulfato ferroso e MTA. Oitenta dentes de rato foram abertos e restaurados de acordo com os materiais citados. Após 2 e 4 semanas da proteção pulpar, os dentes foram avaliados microscopicamente. Pôde-se verificar a formação de ponte de dentina nos casos em que foi utilizado o MTA. Os demais materiais apresentaram grande infiltrado inflamatório, fibrose e necrose pulpar indicando que o material mais adequado para a realização de proteção pulpar é o MTA, pois mantém abaixo da ponte de dentina um tecido saudável.

Boden et al.⁸ (2004) relataram um caso clínico de um paciente de 7 anos onde foi realizada a proteção pulpar com MTA no primeiro molar esquerdo decíduo. Foi realizado um controle até 18 meses com ausência de sintomatologia patológica. Entretanto, como existem poucos trabalhos de proteção pulpar em dentes decíduos com MTA, há ainda a necessidade de mais estudos para a comprovação do uso desse material nessas circunstâncias.

Ham et al.¹⁹ (2005) avaliaram as reações teciduais e a expressão de BMP-2 em apicificações utilizando o hidróxido de cálcio e o MTA. A contaminação dos canais radiculares foi realizada com saliva em 3 quadrantes de um cão da raça Beagle e após 90 dias cada grupo foi tratado com hidróxido de cálcio, MTA, ou MTA associado ao hidróxido de cálcio. O controle negativo (terceira área contaminada) não recebeu tratamento. As áreas periapicais foram avaliadas microscopicamente e por análise histoquímica. A expressão de BMP-2 foi existente em todos os grupos, mas os dois grupos tratados com MTA apresentaram maior taxa dessa substância. Com a associação das duas substâncias testadas a regeneração do periodonto ocorreu mais rapidamente que qualquer um deles utilizados separadamente.

Parirokh et al.⁴¹ realizaram um estudo, em 2005, avaliando o MTA branco e o tradicional cinza nos casos de proteção pulpar em 24 dentes de cães com exposição pulpar, seguida da restauração com um destes dois materiais. A análise microscópica foi realizada uma e duas semanas após a exposição pulpar. Pontes de dentina foram observadas após uma semana de tratamento, nos dois tipos de MTA. Não havendo diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos. Concluiu-se que tanto o MTA cinza quanto o branco são eficazes para o procedimento de proteção pulpar.

3 PROPOSIÇÃO

A proposta deste estudo foi avaliar a influência do preparo biomecânico com NaOCl sobre a microdureza e o selamento marginal de perfurações radiculares simuladas seladas com:

- a) agregado Trióxido Mineral sem proteção;
- b) agregado Trióxido Mineral protegido com Cianoacrilato;
- c) agregado Trióxido Mineral protegido com Cimento de Ionômero de Vidro;
- d) Cimento derivado do polímero da mamona sem proteção.

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 Seleção, armazenamento e preparo dos dentes

Para este estudo foram utilizados 96 incisivos laterais bovinos, recentemente extraídos de animais jovens, pertencentes à mesma faixa etária e de mesma raça, que foram limpos e conservados em freezer. (Figura 1a)

As coroas anatômicas dos dentes foram cortadas à 3 mm da junção cimento-esmalte (Figura 1b), com discos de carborundum (Dentsply, Rio de Janeiro, Brasil), e as raízes regularizadas em recortador gesso, para melhor planificação de superfície cortada. Foram selecionados dentes com canais de calibres variados que foram distribuídos uniformemente entre os grupos, de maneira que o diâmetro dos canais não influenciasse nos resultados. O tecido pulpar foi totalmente removido com uma lima Hedströen (Maillefer, Dentsply, Ballaizues, Suíça) nº 50.

Foram realizadas perfurações laterais na face vestibular, 3mm abaixo da junção cimento/esmalte com uma broca nº 2094 (KG Sorensen, São Paulo, Brasil). A fim de obter-se perfurações calibradas com 2mm de diâmetro e profundidade até atingir o canal radicular (média de 3,5mm), utilizou-se um microscópio modificado, de maneira que o espécime foi adaptado em uma pinça para que ficasse preso e firme durante a realização da perfuração. A broca foi posicionada na caneta de alta rotação e o conjunto acoplado ao microscópio de maneira que fosse possível alcançar o espécime e pudesse ser realizada a perfuração perpendicularmente ao dente.

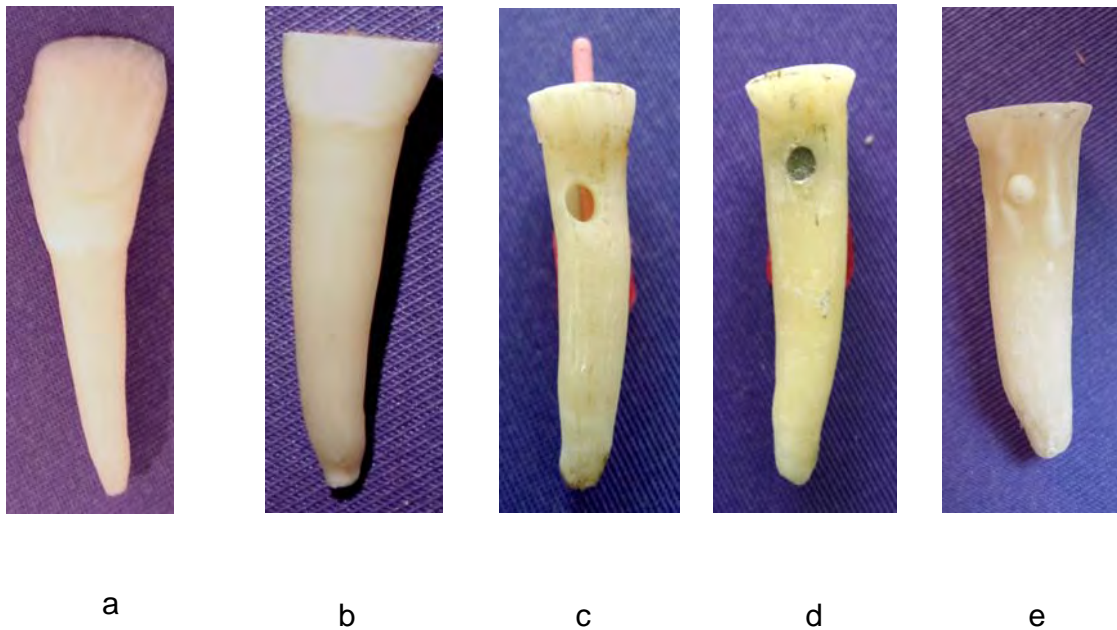


FIGURA 1- Preparo dos dentes, perfuração e selamento: a) dente bovino; b) coroa seccionada; c) perfuração realizada e canal radicular com o cone de guta-percha; d) selamento de perfuração com MTA; e) selamento de perfuração com CPM.

Para o selamento das perfurações os dentes foram divididos em 4 grupos (n= 24), da seguinte forma:

a) Grupo 1 (24 dentes laterais bovinos): perfurações seladas com MTA, sem proteção.

b) Grupo 2 (24 dentes laterais bovinos): perfurações seladas com MTA, protegidas com cianoacrilato, (Super Bonder, Henkel, São Paulo, Brasil) que foi aplicado na parte interna da perfuração com *microbrush*. (Microbrush® Tubes séries, Microbrush International, Grafton, Wisconsin, EUA)

c) Grupo 3 (24 dentes laterais bovinos): perfurações seladas com MTA, protegidas com ionômero de vidro (Vidrion R, S.S.White, Rio de Janeiro, Brasil), utilizando-se um aplicador de cimento de hidróxido de cálcio (S.S.White, Rio de Janeiro, Brasil)

d) Grupo 4 (24 dentes laterais bovinos): perfurações seladas com cimento derivado do polímero da mamona (Poliquil Araraquara Polímeros Químicos, Araraquara, Brasil) inserido na perfuração com espátula 7 (S.S.White, Rio de Janeiro, Brasil).

Para evitar o escoamento do material selador das perfurações, para o interior do canal, um cone de guta-percha foi adaptado no interior do canal radicular (Figura 1c).

Para o melhor preenchimento da perfuração com mineral trióxido agregado (MTA, Ângelus, Londrina, Brasil) seguiu-se as recomendações do fabricante sendo uma porção de pó para uma gota de soro fisiológico (Figura 1d).

Após o selamento das perfurações, antes do preparo dos canais removeu-se os excessos do material selador do interior dos canais. No grupo do CPM houve a necessidade da remoção da guta-percha que ficou aderida ao material na região interna com broca Gates nº 4 (Dentsply, Ballaizues, Suíça) (Figura 2b). Devido à expansão do material houve também a necessidade da remoção do excesso na região vestibular da raiz com broca multilaminada de carboneto de tungstênio (JET, Beavers Dental Div. Of Sybron Canadá, Morrisburg, Canadá); esse procedimento foi realizado 24 horas após a proteção dos espécimes. O preparo dos canais consistiu na realização de um batente apical, a 1 mm do forame apical determinado pela passagem de uma lima Kerr 15 pelo forame apical (Figura 2a), com as limas LK 50 a 80 Maillefer (Dentsply, Ballaizues, Suíça).

Todos os grupos foram irrigados com hipoclorito solução de sódio a 2,5% (Biofórmula, são José dos Campos, Brasil), durante a fase de preparo biomecânico, de maneira que 2ml de hipoclorito de sódio à 2,5% foram aplicados a cada troca de instrumento, alternando com 0,5 ml para inundar o canal durante o preparo, a última irrigação foi realizada com 2ml de soro fisiológico estéril (Biosintética, Ribeirão Preto, Brasil). Após o término do preparo dos canais foram realizados dois sulcos no sentido longitudinal nas faces mesial e distal, com discos de carborundum (Figura 2c) e em seguida as raízes foram clivadas.

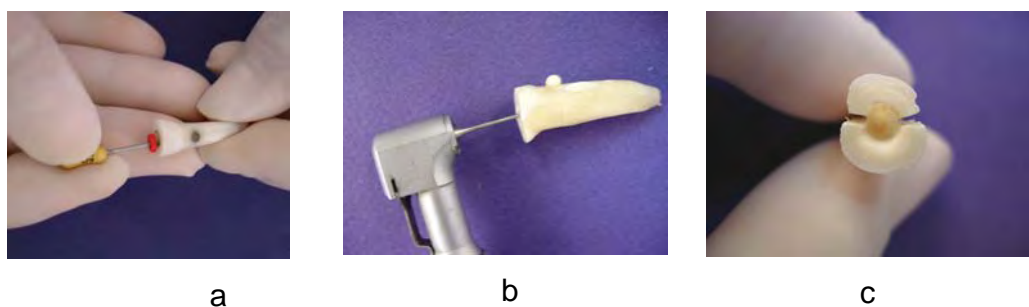


FIGURA 2- a) preparo do batente apical, b) remoção de excesso de CPM com a broca Gates, c) clivagem das raízes.

Todos os espécimes foram armazenadas em estufa, envoltos por gaze umedecida com soro fisiológico, em todas as etapas até a realização dos testes de microinfiltração e microdureza.

Os grupos foram subdivididos em subgrupos, para realização do ensaio de microinfiltração (subgrupo a) e ensaio de microdureza (subgrupo b) (Figura 3).

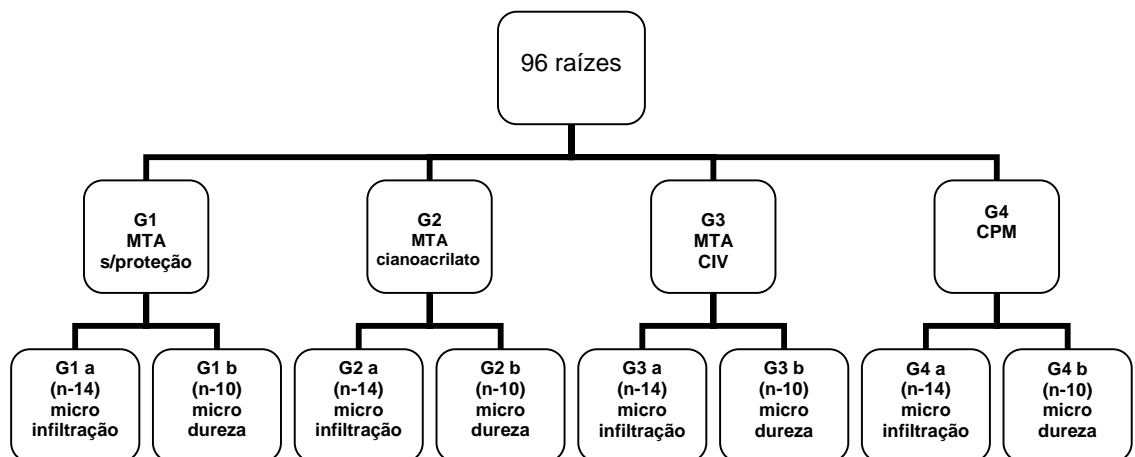


FIGURA 3- Divisão dos grupos experimentais.

4.2 Ensaio de microinfiltração

Uma raiz de cada grupo (subgrupos G1a, G2a, G3a e G4a) foi usada como controle positivo (totalmente impermeabilizada) e outro como controle negativo (sem impermeabilização). Em seguida nos grupos G1a, G2a, G3a e G4a as hemiseções vestibulares das raízes receberam duas camadas de esmalte para unhas (Colorama, São Paulo, Brasil), deixando uma área de 2mm ao redor da parte interna da obturação da perfuração sem esmalte (Figura 4). Os espécimes foram imersos em solução tamponada de Rhodamina B 2% (Synth, São Paulo, Brasil) por 24 horas e lavados em água

corrente por mais 12 horas, clivados no sentido longitudinal no centro da perfuração, para que fosse possível avaliar a microinfiltração ocorrida do canal radicular na interface restauração dente. Esse corte foi realizado com discos de aço, à seco para que não ocorresse lixiviação do corante na dentina e no material.

As leituras das infiltrações foram realizadas por dois avaliadores calibrados, em momentos diferentes, utilizando-se estereomicroscópio (modelo STEMI 2000, Carl Zeiss, Jena Alemanha) em aumento de 20X. Os resultados foram registrados em milímetros para posteriormente serem submetidos à análise estatística.



FIGURA 4- Aplicação do esmalte com alívio de 2mm.

4.3 Ensaio de Microdureza

As outras quarenta hemisecções vestibulares foram incluídas em blocos de resina (Artigos Odontológicos Indústria Brasileira, São Paulo, Brasil), de maneira que a parte interna do canal ficasse voltada para a

extremidade do bloco formado (Figura 5a). Posteriormente foram lixados em uma politriz com rotação de 600 RPM (Panambra, Struers, São Paulo, Brasil), utilizando lixas d'água de carbeto de silício (Norton, aquaFlex, Indústria Brasileira, São Paulo, Brasil) com granulações de 80, 320, 600, 800 até a de número 1200. Em seguida foi realizado um polimento com disco de feltro e pasta de diamante, na mesma máquina (Figura 5b) Todos os grupos foram avaliados pela técnica de endentação, realizada com o auxílio de um microdurômetro (Digital Microhardness Tester FM, Future-Tech, Tóquio, Japan) com uma carga de 50kgf, durante 10 seg (Figura 5c). Nesse ensaio foi utilizado um penetrador, que consiste em uma pirâmide de base quadrada, com ângulo de 136° entre as faces opostas. Foram realizadas 3 medidas de cada endentação, depois realizada uma média para análise estatística. O teste de microdureza foi realizado para avaliar se o preparo biomecânico interfere na microdureza do material.

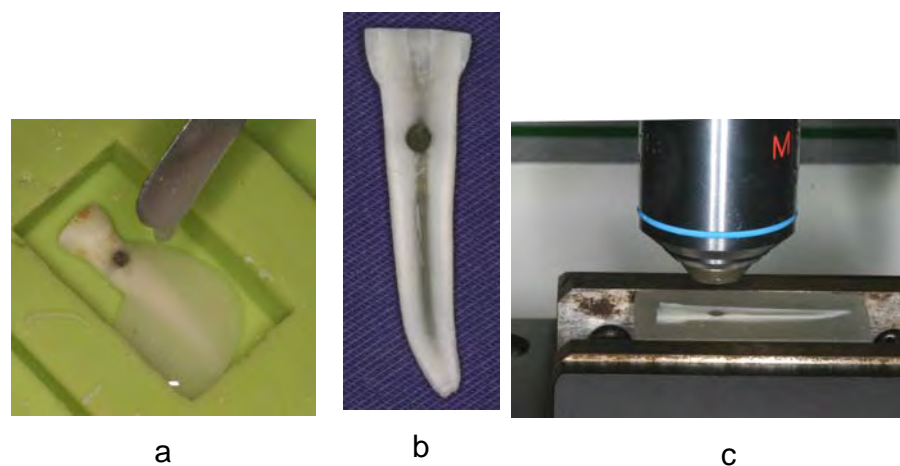


FIGURA 5 – Preparo dos espécimes para o teste de microdureza: a) inclusão dos espécimes em resina acrílica, b) espécime ap lixada e polida, c) teste de microdureza.

4.4 Forma e análise dos resultados

A variável experimental, ou fator em estudo foi o material endodôntico aplicado à perfuração dos canais radiculares. Essa condição corresponde a quatro variáveis: cimento MTA sem proteção, cimento MTA com proteção cianoacrilato, cimento MTA com proteção CIV e o CPM sem proteção.

As variáveis respostas consideradas foram: o valor de microinfiltração e o de microdureza.

As unidades experimentais (dente lateral bovino) foram designadas aleatoriamente. Em cada grupo foram estabelecidas 10 repetições para a variável microdureza e 12 repetições para a variável microinfiltração.

4.5 Análise estatística

Obtiveram-se 88 dados, que foram submetidos à análise estatística por meio dos programas computacionais: MINITAB (Minitab, version 14.12, 2004) e STATISTICA (StatSoft, version 5.5, 2000).

A análise estatística foi efetuada em duas partes. Na primeira, a variável de análise são os valores de microinfiltração e, na segunda parte, a variável de análise são os valores de microdureza.

A análise descritiva dos 88 dados obtidos, 48 valores de microinfiltração e 40 valores de microdureza, consistiu no cálculo das medidas de tendência central (média e mediana) e de dispersão (faixa,

desvio padrão e faixa inter-quartil) e representação gráfica (gráfico de colunas e esquema dos cinco números, *Box-Plot*).

A análise estatística inferencial dos dados obtidos para os valores de microinfiltração e para os valores de microdureza consistiu:

- a) na aplicação do teste de Dunnett. Nesse caso, as três condições experimentais foram comparadas, apenas, em relação à condição CPM sem proteção;
- b) na aplicação do teste de análise de variância (1 fator) e comparação múltipla de Tukey. Nesse caso, as três condições experimentais foram comparadas entre si.

O nível de significância adotado

5 RESULTADOS

5.1 Microinfiltração

Os valores obtidos no ensaio de microinfiltração (mm) são apresentados na Tabela 1:

Tabela 1 - Valores de microinfiltração obtidos em milímetros.

| G1 a | G2 a | G3 a | G4 a |
|-----------------------|----------------|----------------|----------------|
| MTA | SB | CIV | CPM |
| 0,70625 | 0,46875 | 2,81250 | 0,84375 |
| 0,53125 | 1,48125 | 1,25000 | 0,45625 |
| 0,40625 | 2,25000 | 0,65000 | 1,34375 |
| 1,34375 | 0,80625 | 0,25000 | 0,50000 |
| 1,71875 | 2,30000 | 0,68750 | 0,52500 |
| 0,46875 | 0,06250 | 0,25000 | 0,43750 |
| 1,68750 | 0,03125 | 0,78125 | 2,09375 |
| 0,00000 | 3,03750 | 2,50000 | 0,12500 |
| 0,75000 | 1,00000 | 1,20000 | 0,00000 |
| 1,75000 | 1,00000 | 0,62500 | 1,50000 |
| 2,69375 | 2,25000 | 1,34375 | 0,00000 |
| 2,62500 | 1,87500 | 0,00000 | 0,00000 |
| Médias 1,14300 | 1,30200 | 1,02900 | 0,65200 |

Na tabela 1 pode-se observar que apesar CPM ter o menor índice de infiltração, observando-se as médias correspondentes, estatisticamente não houve diferença significativa entre os grupos. A Figura 6 (a,b,c e d) ilustra a observação dos espécimes através do estereomicroscópio no aumento de 20X.

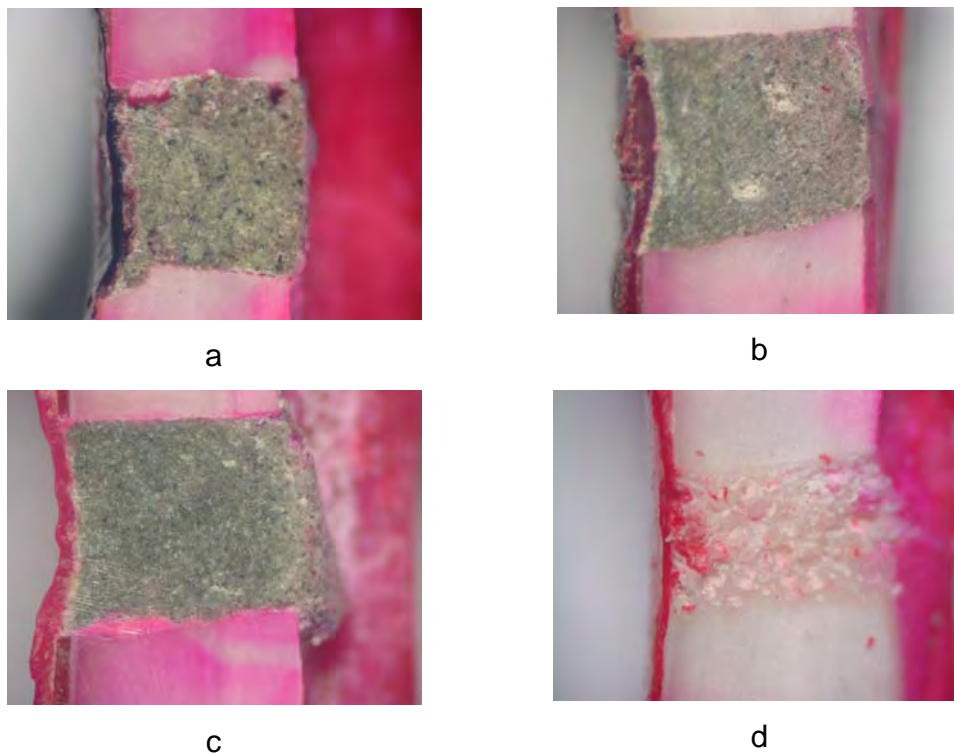


FIGURA 6 – Espécime representativo do teste de infiltração nos grupos: a) MTA, b) MTA com proteção de cianoacrilato, c) MTA com proteção de cimento de ionômero de vidro e d) Cimento derivado do polímero da mamona.

A estatística descritiva dos dados obtidos é apresentada na Tabela 2 e a representação gráfica desses valores é apresentada por meio das Figuras 7 e 8, onde observam-se um gráfico de pontos (gráfico de dispersão na coluna ou *dot plot*), um gráfico de colunas (média \pm desvio padrão) e um esquema dos 5 números (*Box-plot*).

Tabela 2 - Estatística descritiva dos dados de microinfiltração (mm) obtidos, segundo quatro diferentes tipos de aplicação de material selador

| Estatística | MTA | SB | CIV | CPM |
|-----------------------|-------|--------|-------|--------|
| Média | 1.143 | 1.302 | 1.029 | 0.652 |
| Desvio padrão | 0.782 | 0.965 | 0.868 | 0.674 |
| Coef. Var. (%) | 68.44 | 74.11 | 84.30 | 103.28 |
| Mínimo | 0.000 | 0.0313 | 0.000 | 0.000 |
| 25º Percentil | 0.484 | 0.553 | 0.344 | 0.0313 |
| Mediana | 1.047 | 1.000 | 0.734 | 0.478 |
| 75º Percentil | 1.711 | 2.250 | 1.320 | 1.219 |
| Máximo | 2.694 | 3.038 | 2.813 | 2.094 |

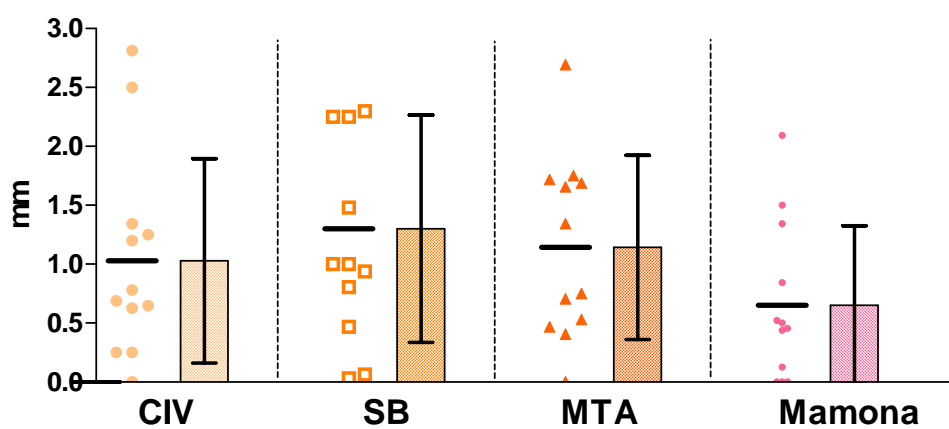


FIGURA 7 - Distribuição dos valores ao redor da média (gráfico de pontos, *dot plot*) e o correspondente gráfico de colunas (média±desvio padrão) dos valores de microinfiltração (mm).

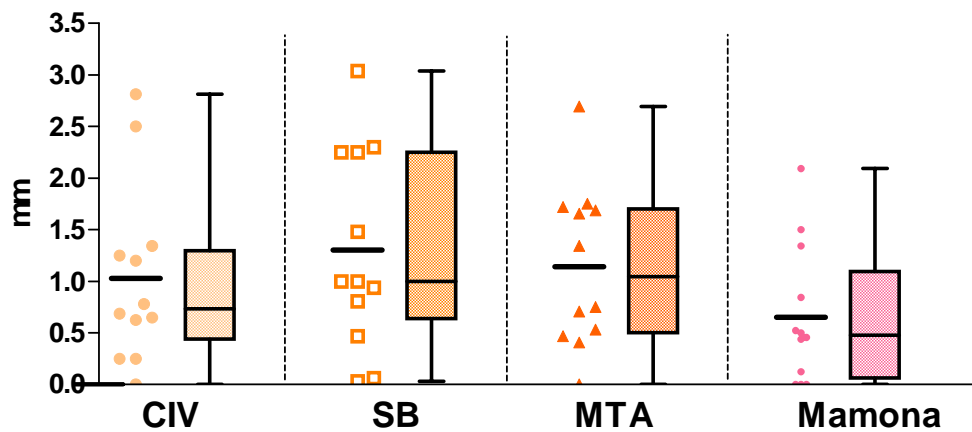


FIGURA 8 - Distribuição dos valores ao redor da média (gráfico de pontos, *dot plot*) e o correspondente esquema dos cinco números (diagrama de caixa, *box-plot*) dos valores de microinfiltração (mm).

Pode-se observar, por meio das Figuras 7 e 8, uma distribuição razoavelmente simétrica dos valores ao redor da média em todos os grupos e há uma superposição das faixas interquartis, indicando assim, valores próximos de dispersão.

A distribuição dos valores obtidos para a condição CPM não difere das outras três condições de aplicação de proteção que contém o cimento MTA. Isso pode ser observado por meio das Figuras 7 e 8, também, mediante o método estatístico de Dunnett, ao considerar a condição da CPM como referência em relação às outras três (Tabela 3).

Tabela 3 - Resultado do teste de Dunnett (5%) para os dados de microinfiltração.

| Grupos | Médias | Diferença de médias vs Controle (média = 0,6521) | Erro Padrão da diferença | T* | p-valor |
|---------------|---------------|---|-------------------------------------|-----------|----------------|
| MTA | 1,1427 | 0,4906* | | 1,450 | 0,3437 |
| SB | 1,3021 | 0,6500* | 0,3385 | 1,921 | 0,1497 |
| CIV | 1,0292 | 0,3771* | | 1,114 | 0,3437 |

* $t_{(5\%)(gl = 36)} = 2,433$; *valor crítico para comparação = $0,3385 \times 2,433 = 0,8234$

Para avaliar a influência dos Cimentos que contém MTA sob três diferentes tipos de proteção, quanto à microinfiltração, os dados obtidos foram submetidos ao modelo estatístico da análise de variância (ANOVA), com um fator, após ser considerada a distribuição dos resíduos.

Os valores dos resíduos, decorrentes do ajuste desse modelo adotado, foram examinados para avaliar a adequabilidade do modelo para inferências estatísticas válidas. Sendo determinado que os dados originais propiciaram um adequado ajuste, pois os dados se ajustam a uma distribuição normal de probabilidade, (Figura 9) e foi verificada a uniformidade dos resíduos (homocedasticidade) por meio do gráfico dos valores resíduo em relação aos valores ajustados, Figura 10.

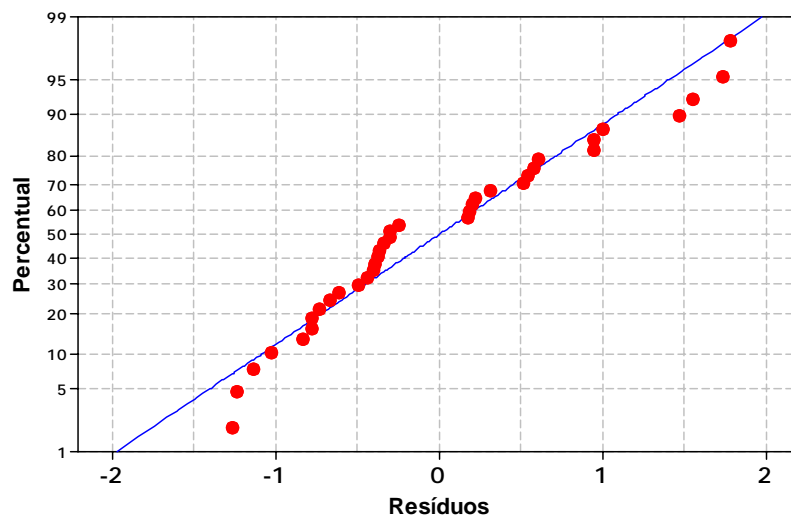


FIGURA 9 - Curva normal dos valores resíduos do modelo ANOVA para verificar a distribuição dos valores resíduos (normalidade) do modelo ANOVA.

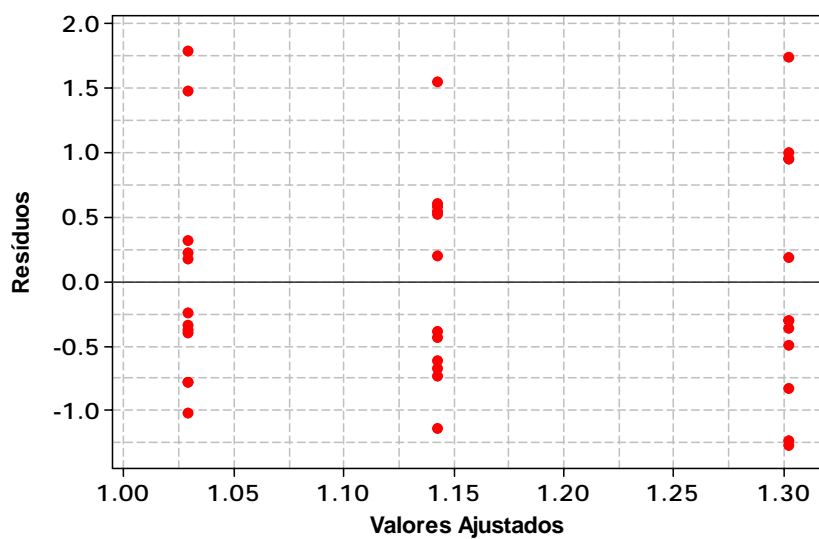


FIGURA 10 -. Diagrama de dispersão dos valores resíduos do modelo ANOVA em relação aos valores ajustados pelo modelo para verificar a uniformidade dos resíduos (homocedasticidade).

Pelo resultado do teste de análise de variância (Tabela 4) pode-se verificar que os valores médios de microinfiltração não apresentam diferença estatisticamente significativa.

Tabela 4 - ANOVA (1 fator) para os dados de microinfiltração obtidos nos grupos com cimento MTA sob três diferentes tipos de proteção

| Efeito | gl | SQ | QM | F | p |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Material | 2 | 0,4511 | 0,22555 | 0,29 | 0,7466 |
| Resíduo | 33 | 25,2515 | 0,76520 | | |
| Total | 35 | 25,7026 | | | |

5.2 Microdureza

Os valores de tensão de ruptura obtidos no ensaio de microdureza (HV) são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Valores de microdureza obtidos (HV).

| | MTA | SB | CIV | CPM |
|--------|------------|-----------|------------|------------|
| | 93,133 | 124,167 | 88,100 | 10,9667 |
| | 72,767 | 77,333 | 106,467 | 8,3000 |
| | 97,400 | 103,033 | 144,667 | 11,6667 |
| | 127,967 | 75,333 | 122,333 | 5,6667 |
| | 64,667 | 103,167 | 83,367 | 10,3333 |
| | 82,667 | 68,533 | 99,200 | 8,3333 |
| | 68,067 | 73,767 | 96,967 | 6,5000 |
| | 85,233 | 99,267 | 79,333 | 8,5000 |
| | 161,067 | 135,567 | 83,033 | 4,4000 |
| | 93,933 | 62,333 | 73,300 | 10,1000 |
| Medias | 94,69 | 92,25 | 97,68 | 8,477 |

Ao contrário do que foi avaliado no teste de microinfiltração, no teste de microdureza pôde-se analisar a diferença da dureza entre os materiais. Sendo que todos os grupos com MTA demonstraram maior dureza em relação ao grupo do CPM com diferença estatisticamente significativa ($p=0,001$).

A estatística descritiva dos dados obtidos foi apresentada na Tabela 6 e a representação gráfica desses valores é apresentada por meio das Figuras 11 e 12 onde observam-se um gráfico de pontos (gráfico de dispersão na coluna ou *dot plot*), um gráfico de colunas (média±desvio padrão) e um esquema dos cinco números (*Box-plot*).

Tabela 6 - Estatística descritiva dos dados de microdureza (HV) obtidos nos dentes bovinos laterais, segundo quatro diferentes tipos de aplicação de material.

| Estatística | MTA | SB | CIV | CPM |
|-----------------------|------------|-----------|------------|------------|
| Média | 94,69 | 92,25 | 97,68 | 8,477 |
| Desvio padrão | 29,53 | 24,69 | 21,95 | 2,379 |
| Coef. Var. (%) | 31,19 | 26,77 | 22,48 | 28,06 |
| Mínimo | 64,67 | 62,33 | 73,30 | 4,40 |
| 25º Percentil | 71,59 | 72,46 | 82,11 | 6,29 |
| Mediana | 89,41 | 88,30 | 92,53 | 8,42 |
| 75º Percentil | 105,04 | 108,42 | 110,43 | 10,49 |
| Máximo | 161,07 | 135,57 | 144,67 | 11,67 |

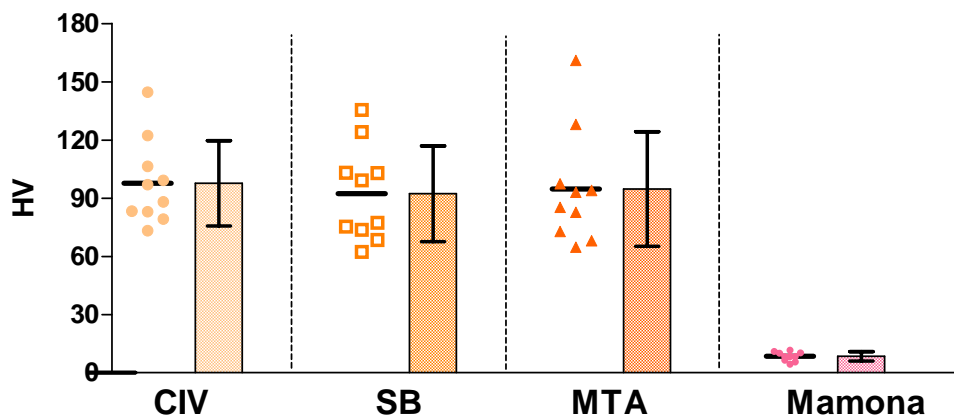


FIGURA 11 - Distribuição dos valores ao redor da média (gráfico de pontos, *dot plot*) e o correspondente gráfico de colunas (média±desvio padrão) dos valores de microdureza..

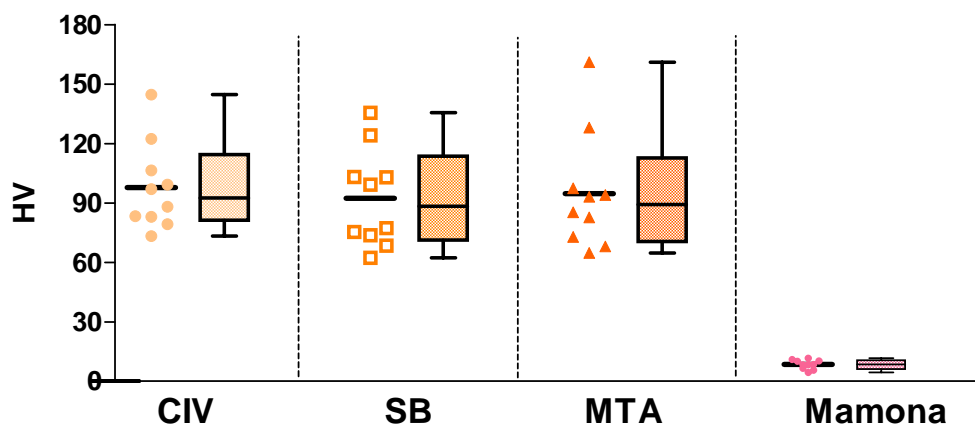


FIGURA 12-. Distribuição dos valores ao redor da média (gráfico de pontos, *dot plot*) e o correspondente esquema dos 5 números (diagrama de caixa, *box-plot*) dos valores de microdureza.

Pode-se observar, por meio das Figuras 11 e 12, uma distribuição razoavelmente simétrica dos valores ao redor da média e, nos grupos com cimento MTA, uma superposição das faixas interquartis, indicando assim, valores próximos de dispersão.

A distribuição dos valores obtidos para a condição CPM difere das outras três condições de aplicação de proteção que contém o cimento MTA. Isso pode ser observado por meio das Figuras 11 e 12, também, mediante o método estatístico de Dunnett, ao considerar a condição da CPM como referência em relação às outras três (Tabela 7).

Tabela 7 - Resultado do teste de Dunnett (5%) para os dados de microdureza.

| Grupos | Médias | Diferença de médias vs Controle (média = 8,477) | Erro Padrão da diferença | t* | p-valor |
|---------------|---------------|--|-------------------------------------|-----------|----------------|
| MTA | 94,690 | 86,21* | | 8,688 | 0,0001 |
| SB | 92,250 | 83,77* | 9,923 | 8,442 | 0,0001 |
| CIV | 97,677 | 89,20* | | 8,989 | 0,0001 |

*p<0,05; *t_{(5%) (gl = 36)} = 2,452; *valor crítico para comparação = 9,923 x 2,452 = 24,33

Para avaliar a influência dos Cimentos que contém MTA sob três diferentes tipos de proteção, quanto à microdureza, os dados obtidos foram submetidos ao modelo estatístico da análise de variância (ANOVA), um fator, após ser considerada a distribuição dos resíduos.

Os valores dos resíduos, decorrentes do ajuste desse modelo adotado, foram examinados para avaliar a adequabilidade do modelo para inferências estatísticas válidas. Sendo determinado que os dados originais propiciaram um adequado ajuste, pois os dados se ajustaram a uma distribuição normal de probabilidade, (Figura 13) e foi verificada a

uniformidade dos resíduos (homocedasticidade) por meio do gráfico dos valores de resíduo em relação aos valores ajustados (Figura 14).

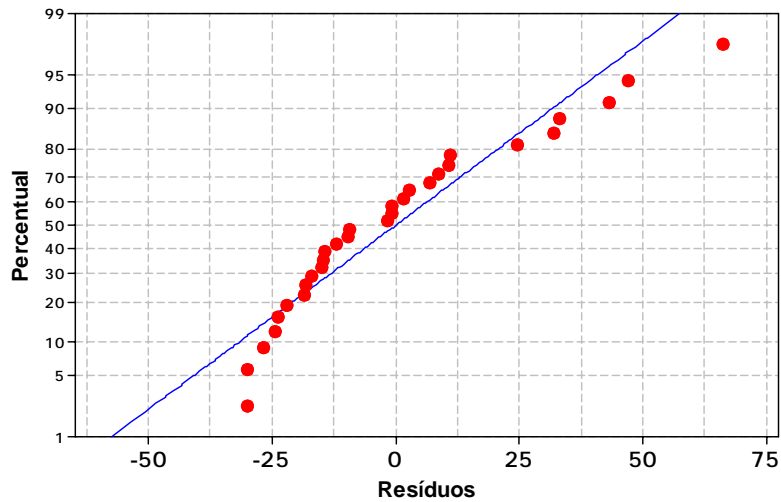


FIGURA 13 - Curva normal dos valores resíduo do modelo ANOVA para verificar a distribuição dos valores resíduo (normalidade) do modelo ANOVA.

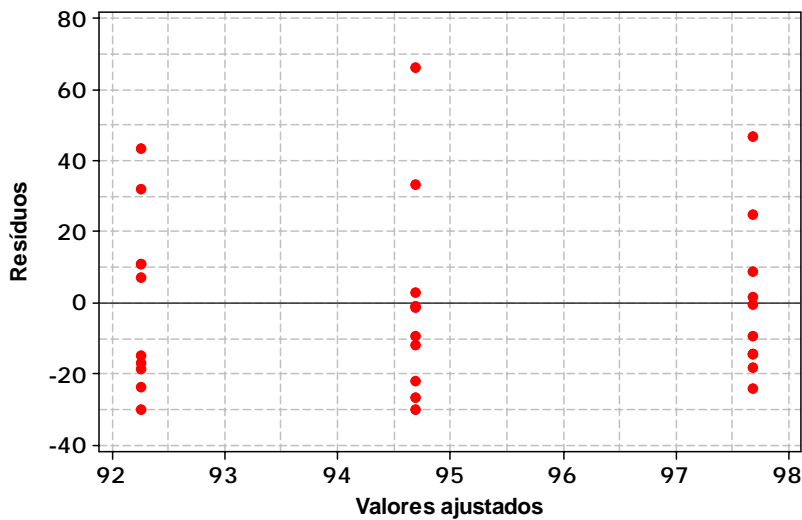


FIGURA 14 -. Diagrama de dispersão dos valores resíduo do modelo ANOVA em relação aos valores ajustados pelo modelo para verificar a uniformidade dos resíduos (homocedasticidade).

Pelo resultado do teste de análise de variância (Tabela 8) pode-se verificar que os valores médios de microdureza não apresentam diferença estatisticamente significativa.

Tabela 8 - ANOVA (1 fator) para os dados de microdureza obtidos nos grupos com cimento MTA sob três diferentes tipos de proteção.

| Efeito | gl | SQ | QM | F | p |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| Material | 2 | 147,70 | 73,872 | 0,11 | 0,8937 |
| Resíduo | 27 | 17673,70 | 654,582 | | |
| Total | 29 | 17821,50 | | | |

6 DISCUSSÃO

6.1 Discussão da Metodologia

6.1.1 Avaliação da microinfiltração

Na literatura parece não haver publicado algum relato sobre a proteção do MTA na região que entrará em contato com agentes químicos e mecânicos, como as soluções irrigantes e as limas endodônticas. O mais próximo dessa finalidade foi o trabalho de Hardy et al.²⁰ (2004), que investigaram a capacidade seladora do MTA com proteções de Super-EBA, One Up Bond e o uso somente de One Up Bond no vedamento de perfurações realizadas em molares na região de furca que foram realizados através do teste de infiltração de fluído. Os dentes foram preparados com corte das coroas depois instrumentados, realizaram perfurações na região de furca e o dispositivo para a realização do teste foi acoplado à perfuração. Os resultados mostraram que o MTA resultou em maior extravasamento que os outros grupos. Pois era um material que não possuía poder adesivo quando comparado ao One Up Bond ou á associação dos dois materiais.

6.1.1.1 Análise dos corantes

Muitos corantes são utilizados para análise de microinfiltração incluindo rhodamina B, nanquim, azul de metileno, eosina a 5%, nitrato de prata, entre outros (PEREIRA et al.⁴³, 2006; PAVAN et al.⁴², 2003; ROY et al.⁴⁷, 2001). A veracidade do teste incluindo corantes está relacionada com as propriedades químicas do material usado para infiltração.

O corante azul de metileno pode dissolver ou perder sua coloração quando em contato com alguns materiais de elevado pH, incluindo o MTA. Não sendo possível a avaliação da solução descolorida, levando à uma possível falsa análise dos resultados. Esse corante torna-se instável na presença do cimento alcalino principalmente na presença de hidróxido de cálcio, promovendo uma reação de oxidação e hidrólise do grupamento amina de sua molécula, levando à formação de thional, que é uma substância incolor (AL-HEZAIMI et al.¹, 2005).

Talvez por essa razão os trabalhos utilizando azul de metileno possam ter resultados duvidosos. Como por exemplo, o realizado por Pereira et al,⁴³ (2006), que analisaram a influência do pH do corante azul de metileno tamponado ou não, em diferentes períodos de tempo, na infiltração do cimento de Portland em perfurações. Os resultados mostraram que não houve diferença estatística significativa entre os grupos, prejudicados pelo uso de um corante inadequado.

Porém no presente estudo optou-se pela utilização do corante rhodamina B o qual apresenta partículas menores que outros corantes e não sofre reação química que induz a descoloração. O preparo da solução foi realizado, inicialmente, através da diluição de 2 g de Rhodamina em 100ml de água. O período de imersão foi de 24h para se obter resultados mais plausíveis. Deve-se ressaltar que o tempo de lavagem das amostras pode influenciar nos resultados tomando-se o cuidado de realizá-la de maneira abundante em água corrente durante 12 horas.

Em um dos estudos pioneiros com o MTA, Torabinejad et al.⁶² (1993) avaliaram o grau de selamento proporcionado por materiais como o amálgama, Super-EBA e o MTA quando utilizados para obturação retrógrada. Após a obturação com guta percha e cimento endodôntico, foram removidos três milímetros de raiz e o canal desobturado em 3 milímetros. Em seguida, os dentes foram colocados em solução aquosa de Rhodamina B fluorescente por vinte e quatro horas. Após esse período, as raízes foram seccionadas longitudinalmente e avaliadas em microscópio confocal. Os autores concluíram que o MTA promoveu menor infiltração em relação aos com os outros materiais, demonstrando maior potencial selador.

No presente estudo uma raiz de cada grupo foi usada como controle positivo (totalmente impermeabilizada) e uma como controle negativo (sem impermeabilização). É interessante dar a importância dos grupos controles, pois nessa etapa verifica-se a eficiência do corante na amostra de controle negativo, e no controle positivo avaliam-se as capacidades seladoras do material utilizado, que nesse estudo foi o esmalte de unha. Inúmeros estudos se utilizam dessa técnica de comprovação que pode ser observado por Andelin et al³ (2002) e Leimburg et al³¹.(2004).

6.1.2 Avaliação da microdureza

Quarenta hemisecções vestibulares foram incluídas em blocos de resina, de maneira que a parte interna do canal ficasse voltada para a extremidade do bloco formado. Tomou-se o cuidado para que o material a ser avaliado, na microdureza, não fosse alguma das proteções realizadas nos grupos 2 e 3, com super bonder (SB) e cimento de ionômero de vidro

(CIV), mas sim o MTA que permaneceu em baixo dessas substâncias. Esse procedimento foi realizado para avaliar se houve alguma alteração na constituição do cimento, que gerasse perda de estrutura.

A análise foi realizada através da técnica de endentação, realizada com o auxílio de um microdurômetro com uma carga de 50kgf, durante 10 seg, mediante a um protocolo pré-existente utilizado na Faculdade de odontologia de São José dos Campos. O que confronta os artigos de Danesh et al.¹⁰(2006), que utilizaram 100g a 30 s, ou ainda Lee et al.³⁰(2004) que utilizaram 98.07 mN, 6s.

Neste estudo foram realizadas três medidas de cada endentação e depois uma média para análise estatística, em superfície homogênea. Danesh et al.¹⁰ (2006) e Lee et al.³⁰ (2004) realizaram 5 endentações em cada espécime. Isso ocorreu devido á quantidade reduzida de espécimes em foram realizados o teste, variaram em torno de 5 espécimes.

É importante ressaltar que a medida deve ser realizada em uma superfície bem homogenia da amostra, dessa maneira deve ser bem nítida a imagem, demonstrando ser uma superfície plana, para não ocorrer distorções e falsos resultados.

O inconveniente do MTA pode ser à maneira de manipulação e o tempo de presa, pois ele deve permanecer em umidade durante o período de presa que leva de 3 a 4 horas, além de ser necessária a espera desse tempo para a realização de qualquer procedimento. Por isso neste estudo, após o selamento das perfurações com MTA, os dentes foram acondicionados em estufa envoltos por gaze umedecida com soro fisiológico, de acordo com Danesh et al.¹⁰ (2006) e Lee et al.³⁰ (2004). Entretanto, Hardy et al. (2004) relataram que a presença de uma bolinha de algodão úmida ou seca em cima do MTA não influenciou no selamento,

levando a entender que se for realizada a proporção água/pó correta não haverá desidratação e o tempo de presa será o mesmo.

O MTA não é um material adesivo, portanto sua capacidade de selamento encontra-se no embricamento mecânico que ele promove ao ser inserido na cavidade. O MTA não tem a necessidade de ser tão compactado como o amálgama na cavidade para se adaptar á superfície, fato que poderia proporcionar extravazamento do material. Sua composição mineral é semelhante à da dentina e sua propriedade hidrofílica, o torna vantajoso sobre outras substâncias, apesar de faltar um potencial adesivo (NAKATA et al.³⁹, 1998)

No presente estudo tomou-se o cuidado de aguardar 24 horas para a realização dos preparos biomecânicos. Pois se esse procedimento não for tomado resultados como os obtidos por Weldon et al.⁶⁵(2002), verificando a capacidade de selamento do MTA e do Super-Eba em casos de perfuração de furca, onde nas primeiras 24 h o material com melhor selamento foi o Super-Eba, poderiam ocorrer erroneamente.

A dureza do cimento depende das partículas, proporção água/pó e a quantidade de ar incorporado no cimento. Devido às condições semelhantes de manipulação dos cimentos o que realmente difere é a partícula do cimento. A presença de potássio aumenta a dureza do material o que leva a crer que o MTA seja mais rígido. Neste estudo tomou-se o cuidado de utilizar a mesma proporção água/pó para que não houvesse alteração nos resultados obtidos (DANESH et al.¹⁰ 2006).

O CPM é um material que apresenta dificuldade de manipulação devido ao seu tempo de presa curto. Além da necessidade de constante manipulação com intuito de aumentar um pouco este tempo de trabalho, pois se torna pegajoso facilmente. É um material que quando utilizado dentro do tempo ideal de trabalho é de fácil inserção na perfuração, ou em qualquer cavidade. Mas durante seu tempo de presa ele incorpora bolhas de ar

aumentando seu volume, extravasando o material tanto para a região interna como para a região externa. Essa situação promoveu maior dificuldade na hora da realização dos testes do presente trabalho, havendo a necessidade de um desgaste com brocas laminadas na parede externa da raiz e com broca de Gates nº 4 para a conclusão dos testes.

Apesar da dificuldade de manipulação o material apresentou boa adesividade às paredes dentinárias, o que o torna um material que pode ser o usado em perfurações. Em contrapartida, ao ser analisado no microscópio pôde-se perceber que a presença das bolhas dificultava a leitura da microdureza. Havendo a necessidade de ser escolhida a área com menor quantidade de bolhas e mais lisa para a realização da endentação.

6.2 Discussão dos Resultados

6.2.1 Avaliação da microinfiltração

Neste estudo realizou-se a análise de microinfiltração por corante do MTA, MTA protegido com cimento de ionômero de vidro (CIV) ou super bonder (SB) e CPM, quando, utilizados para selamento de perfuração e verificou-se que os valores de infiltração não apresentaram diferença estatística significativa entre estes materiais. A média de microinfiltração do MTA foi de 1.143 mm, do MTA/CIV foi de 1.029 mm, do MTA/SB foi 1.302 mm e do CPM foi de 0.652 mm.

Para avaliar a influência dos cimentos que contém MTA sob três diferentes tipos de proteção, quanto a microinfiltração, os dados obtidos foram submetidos ao modelo estatístico da análise de variância.

Os dados se ajustam a uma distribuição normal de probabilidade (Figura 9) e foi verificada a uniformidade dos resíduos por meio do gráfico dos valores resíduo em relação aos valores ajustados (Figura 10).

O MTA mostrou promover melhor selamento que o amálgama e o Super EBA quando utilizado como material de perfuração (HARDY et al.²⁰, 2004), além disso, apresentou melhor selamento contra bactérias e corantes (TORABINEJAD et al.⁶¹, 1995). Ainda, apresentou melhor tolerância tecidual, ação bacteriostática, tem melhor capacidade de selamento que o amálgama, IRM ou Super-EBA (LEIMBURG et al.³¹, 2004), além de ter propriedades cemento-condutivas promovendo neoformação óssea e do ligamento periodontal (SAIDON et al.⁴⁸, 2003).

Weldon et al.⁶⁵, (2002) verificaram bom selamento do MTA e do Super-EBA, entretanto o Super-Eba se destacou por apresentar melhor selamento nas primeiras vinte e quatro horas. A análise de microinfiltração

tem sido realizada em muitos estudos podendo ser feita pelo método de transporte de fluido (BATES et al.⁷, em 1996; HARDY et al.²⁰, 2004), método eletroquímico e de radioisótopos, infiltrado bacteriano (MANGIN et al.³⁴, 2003; GOMES et al.¹⁸2006) ou por corantes (ROY et al.⁴⁷, 2001; ANDELIN et al.³, 2002; PEREIRA et al.⁴³ 2006).

Como é necessário um bom selamento, não é desejável que ocorra microinfiltração entre o material selador e o tecido dentário. Além disso, a espessura do material pode ser importante para um adequado selamento na área da perfuração, sendo que Lamb et al.²⁹ (2003) relataram que deve haver no mínimo 3 mm de material para promover melhor selamento. Assim, neste estudo a espessura colocada no local da perfuração foi de 3 mm. Talvez quando da utilização clínica de menores espessuras, percebemos a dissolução de MTA durante o tratamento endodôntico quando não protegido por algum material.

Em contra partida, alguns autores discordam com essa medida de espessura estipulada. Leimburg et al.³¹(2004) realizaram um estudo para avaliação da microinfiltração bacteriana com diferentes espessuras de MTA (1, 2 3 mm) colocadas no ápice. Os resultados mostraram que independente da espessura, ocorreu pouca infiltração bacteriana, mostrando que o MTA é um material que promove um bom selamento apical. Portanto, os autores não estipularam uma espessura mínima salientando a capacidade seladora do material.

No presente estudo, a microinfiltração apresentou-se maior com o MTA, provavelmente por este material não ter propriedade de adesão ao tecido dentário promovendo selamento apenas por meio do embricamento mecânico.

Os resultados podem divergir quando se avalia a capacidade seladora do MTA. Andelin et al.³ (2002) realizaram um estudo onde alguns dentes foram obturados com MTA e o outros com guta-percha associada ao

cimento Pulp Canal Sealer. As raízes foram imersas em solução de corante nanquim, depois foram seccionadas e avaliadas. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos mostrando que os dois materiais testados apresentaram bom selamento. Já Al-Hezaimi et al.¹(2005), avaliaram a capacidade de selamento do MTA cinza, o branco e a obturação através da condensação lateral com cones de guta percha e o cimento Pulp Canal Sealer. Os dentes foram acoplados a um dispositivo para o teste de infiltração salivar. Houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos do MTA cinza e da guta-percha. Concluindo-se que o MTA mostrou maior resistência à penetração bacteriana. Portanto, a veracidade do teste incluindo corantes está relacionada com as propriedades químicas do material utilizado para infiltração. Em 2006, Valera et al.⁶³ também não encontraram diferenças estatisticamente significantes ao comparem o selamento de retro-obturações com MTA, Portland e Sealapex acrescido de óxido de zinco.

Tanto materiais retro-obturadores, como seladores além de promover bom selamento, devem possuir uma atividade antibacteriana para evitar o crescimento de microrganismos. Em um estudo realizado por Torabinejad et al.⁵⁷ (1995), avaliou os efeitos antibacterianos do amálgama, pasta zinco eugenólica, Super EBA e MTA em nove bactérias facultativas e 7 anaeróbias estritas. Os autores relataram que o amálgama não promoveu efeito anti-bacteriano e o MTA não proporcionou efeito antibacteriano em algumas bactérias facultativas e em todos os anaeróbios estritos. Os resultados demonstraram não haver um completo efeito antibacteriano em todas as substâncias testadas. Entretanto, o MTA apresentou-se como um material superior ao amálgama e Super-EBA em relação ao selamento contra bactérias e corantes.

Em 1995, Torabinejad et al.⁶² avaliaram a penetração bacteriana do *Staphylococcus epidermidis* em materiais utilizados para retro obturação

do canal radicular (amálgama, Super-Eba, IRM e MTA). amálgama, Super-Eba, IRM e MTA. Verificaram que a penetração de bactérias foi dependente do tipo de material, sendo que o MTA proporcionou maior resistência à esta penetração. Em um estudo de Bates et al.⁷ (1996), houve a confirmação de que o MTA apresentou maior resistência a penetração bacteriana do que o amálgama e semelhante ao Super-Eba.

Roy et al.⁴⁷ (2001) realizaram um estudo onde dentes humanos, receberam tratamento endodôntico, apicetomia e preparo retrobturador (amálgama, Geristore, Super-EBA, MTA, cimento de fosfato de cálcio e MTA associado ao cimento de fosfato de cálcio). Após a restauração metade dos grupos foi imerso em solução fisiológica com pH 5, e metade em solução com pH 7,4, por 24 horas. O meio ácido reduziu a permeabilidade dos cimentos Geristone e MTA com cimento de fosfato de cálcio. Pôde-se observar que o meio ácido não diminuiu a capacidade seladora de nenhum dos materiais, mas aumentaram dos cimentos Gersitone e MTA com cimento de fosfato de cálcio. Portanto, em uma situação fisiológica, onde há inflamação ou contaminação bacteriana, o pH é baixo, o sendo MTA um material de escolha.

Apesar do CPM apresentar uma superfície com presença de muitos poros decorrentes da incorporação de ar durante o seu endurecimento (tempo de presa), a microinfiltração deste material foi menor que os outros materiais, mas não estatisticamente significativa. Isso pode ser devido a sua característica de promover uma adesividade ao tecido dentário. Contudo o uso do CPM como material selador pode ser questionável, quanto à estabilidade do material, quando comparado ao MTA.

Essa característica de porosidade em parte pode ser interessante, pois segundo Leonel et al.³² (2003) a estrutura interna do polímero permitiu a neoformação tecidual, que foi favorável à regeneração do defeito ósseo criado experimentalmente. Portanto é um material que

induz a neoformação tecidual e que pode ter um papel importante quando utilizado em perfurações, visto que o material ficará em contato com os tecidos periodontais.

Diante dos resultados do estudo podem ser utilizados os dois tipos de material selador tanto o MTA, que não possui a necessidade de ser protegido com nenhum outro material como foi comprovado no estudo, quanto o CPM que possui boas propriedades seladoras. Porém necessitam ainda de mais estudos quanto a durabilidade do CPM como material selador restaurador e ainda que se comprove a necessidade de sua proteção com um material mais estável e durável para protegê-lo de uma possível desintegração. Além disso, é necessário verificar se sua desintegração pode gerar a formação de um tecido mineral.

6.2.2. Avaliação da microdureza

Neste estudo utilizou-se o MTA e o CPM como materiais seladores de perfuração lateral. O MTA recebeu adicionalmente uma proteção com CIV ou SB e foi observada a microdureza superficial destes materiais. Verificou-se que o CPM apresentou um pequeno valor de microdureza (8,477 HV) quando comparado aos outros materiais. Isso pode ser porque este cimento incorpora ar durante o seu tempo de presa e também devido a sua característica de flexibilidade.

Neste estudo o CPM apresentou uma pequena dureza superficial, com diferença estatisticamente significativa para os grupos do MTA ($p < 0,05$). Com intuito de aumentar a microdureza deste cimento, Vieira et al.⁶⁴ (2006) realizaram a incorporação ou não de diferentes quantidades de carbonato de cálcio no CPM e avaliaram sua dureza superficial. Assim,

verificaram que o grupo com 50% de carbonato de cálcio mostrou maior dureza, podendo-se concluir que o carbonato de cálcio aumenta a dureza superficial do CPM.

Como o valor de microdureza do CPM foi pequeno, foi realizada uma comparação entre o MTA sem proteção e MTA com proteção de CIV ou de SB e observou-se que também não houve diferença estatisticamente significativa na microdureza, entre os grupos de MTA.

Pode-se observar, por meio das Figuras 13 e 14, uma distribuição razoavelmente simétrica dos valores ao redor da média nos grupos com cimento MTA. Para avaliar a influência dos cimentos que contém MTA, sob três diferentes tipos de proteção, quanto a microdureza, os dados obtidos foram submetidos ao modelo estatístico da análise de variância. Pôde-se verificar que os valores médios de microdureza não apresentam diferença estatisticamente significativa.

No presente estudo o MTA sem proteção apresentou média de 94,69 HV de microdureza, sendo maior que a microdureza da dentina (70 HV). Resultados diferentes foram encontrados no trabalho de Danesh et al.¹⁰ (2006) onde os autores mostraram uma dureza do MTA inferior, (39.99 HV). Outra questão seria a área a ser avaliada, como o MTA é um cimento com muitos componentes heterogêneos existem áreas de maior dureza, que são as regiões mais escuras, e outras de menor dureza. Nesse estudo, optou-se por áreas homogêneas nas cores medianas, para não haver divergências nos resultados.

Matt et al.³⁸, em 2004, avaliaram o uso do MTA (cinza ou branco) como barreira apical, por meio da microdureza. As amostras foram seladas com espessura de 2 e 5 mm de MTA e foram depois seccionadas para a realização do teste de microdureza. Os resultados mostraram que a barreira de 5 mm independente do tipo de MTA foi mais rígida que a de 2 mm.

Portanto indica-se uma restauração de no mínimo 3mm para manter uma dureza estável (MATT et al.³⁸, 2004, DANESH et al.¹⁰). Avaliando ainda diferentes situações, Lee et al.³⁰ (2004) estudaram como o meio influencia a hidratação e as propriedades físicas do MTA por meio dos testes de microscopia eletrônica de varredura, raios-X (difração) e microdureza. O MTA foi imerso em água destilada, solução salina, em pH 7 e pH 5. O resultado mostrou que o MTA sofreu alteração durante a formação devido ao pH e a presença de íons. Verificou-se que o pH 5 não só afeta a hidratação do MTA como também as propriedades físicas do material, alterando principalmente a microdureza. A microdureza em pH 5 foi significativamente menor (40.738 HV). Portanto, em uma região inflamada onde o pH é baixo há a necessidade de tratamento previo com hidróxido de cálcio para aumentar o pH desta área. Esse aspecto também foi mencionado por Danesh et al.¹⁰ (2006).

Diante dos resultados obtidos acredita-se ser necessário mais estudos para esclarecer alguns aspectos como a importância da espessura e retenção na cavidade do MTA, bem como o comportamento dimensional a médio longo prazo do polímero derivado da mamona nas perfurações endodônticas.

7 CONCLUSÃO

Considerando os resultados obtidos, nas condições em que o estudo foi realizado pode-se concluir que:

- a) quanto ao selamento das perfurações, o CPM apresentou as menores infiltrações, embora sem diferenças significativas entre os grupos;
- b) o uso de proteção do MTA não interfere no selamento marginal e na microdureza do material;
- c) o CPM apresentou a menor dureza e o MTA com e sem proteção apresentou valores superiores e iguais entre si.
- d) o CPM se mostrou um material com boas propriedades seladoras mas não possui dureza satisfatória, entretanto é um material que pode ser utilizado em perfurações, mas necessita de mais estudos para analisar suas propriedades físico-químicas.

8 REFERÊNCIAS*

1. Al-hezaimi K, Naghshbandi J, Oglesby S, Simon JH, Rotstein I. Human saliva penetration of root canals obturated with two types of mineral trioxide aggregate cements. *J Endod.* 2005 June; 31(6):453-6.
2. Aminoshariae A, Hartwell GR, Moon PC. Placement of mineral trioxide aggregate using two different tecnics. *J Endod.* 2003 Oct;29(10):679-82.
3. Andelin WE, Browning DF, Hsu GH, Roland DD, Torabinejad M. Microleakage of resected MTA. *J Endod.* 2002 Aug;28(8):573-4.
4. Asgary S, Parirokh M, Eghbal MJ, Brink F. Chemical differences between white and gray mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 2005 Feb;31(2):101-3
5. Baek S, Plenk K H; Kim S. Perapical tissue responses and cementum regeneration with amalgam, Super-EBA, and MTA as root-end filling materials. *J Endod.* 2005 June; 31(6): 444-9.
6. Bargholz C. Perforation repair with mineral trioxide aggregate: a modified matrix concept. *Int Endod J.* 2005; 38:59-69,
7. Bates CF, Carnes DL, Del Rio CE. Longitudinal sealing ability of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod.* 1996 Nov;22(11):575-8

Baseado em:
Internacional Comité of Medical Journal Editors. Bibliographic Servicaes Division. Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals : simple referentes [homepages na internet]. Bethesda: US National Library c2003 [disponibilidade em 2006 fev; citado em 20 mar]. Disponível em:
http://www.nlm.nih.gov/bsd/uniform_requirements.html

8. Bodem O, Blumenshine S, Zeh D, Koch MJ. Direct pulp capping with mineral trioxide aggregate in a primary molar: a case report. *Int J Paediatr Dent*. 2004 Sept;14(5):376-9.
9. Calixto RFE, Teófilo JM, Brentegani LG, Lamano Carvalho TL. Implante de um floclado de resina de mamona em alvéolo dental de rato. *Pesq Odontol Bras*. 2001 jul/set; 15:257-62.
10. Danesh G, Dammaschke T, Gerth HUV, Zandbiglari T, Schafer E. A comparative study of selected properties of ProRoot mineral trioxide aggregate and two Portland cements. *Int Endod J*. 2006 Mar;39(3):213-9.
11. Economides N, Pantelidou O, Kokkas A, Tziafas D. Short-term periradicular tissue response to mineral trioxide aggregate (MTA) as root-end filling material. *Int Endod J*. 2003 Jan;36(1):44-8.
12. Estrela C, Bammann LL, Estrela CR, Silva RS, Pecora JD. Antimicrobial and chemical study of MTA, Portland cement, calcium hydroxide paste, Sealapex and Dycal. *Braz Dent J*. 2000;11(1):3-9.
13. Faraco IM Jr, Holland R. Response of the pulp of dogs to capping with mineral trioxide aggregate or a calcium hydroxide cement. *Dent Traumatol*. 2001 Aug;17(4):163-6.
14. Ferreira CM, Silva Rosa OP, Torres SA, Ferreira FBA, Bernardinelli N. Activity of endodontic antibacterial agents against selected anaerobic bacteria. *Braz Dent J*. 2002;13(2):118-22.
15. Ferris DM, Baumgartner C. Perforation repair comparing two types of mineral trioxide aggregate. *J Endod*. 2004. June30(6):422-4.
16. Fridland M, Rosado R. Mineral trioxide aggregate solubility and porosity with different water-to-power ratios. *J Endod*, 2003 Dec;29(12):814-17.
17. Giuliani V, Baccetti T, Pace R, Pagavino GI. The use of MTA in teeth with necrotic pulps and open apices. *Dent Traumatol*. 2002;18:217-21.

18. Gomes CC, Loretto F, Penina P, Fidel R, Fidel S, Hirata-Junior R. Avaliação da infiltração bacteriana em retrobturações: MTA cinza X MTA branco[abstract Pb081]. Braz Oral Res. 2006 Set; 20(Suppl.):219.
19. Ham KA, Witherspoon DE, Gutmann JL, Ravindranath S, Gait TC, Opperman LA. Preliminary evaluation of BMP-2 expression and histological characteristics during apexification with calcium hydroxide and mineral trioxide aggregate. J Endod. Apr 2005;31(4):275-9.
20. Hardy I, Liewehr FR, Joyce AP, Agee K, Pashley DH. Sealing ability of One Up Bond and MTA without a secondary seal as furcation perforation repair materials. J Endod. 2004 Sept;30(9):658-61.
21. Holland R, Souza V, Nery MJ, Faraco IM Júnior, Bernabé PFE, Otoboni JA Filho, Dezan E Júnior. Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes with mineral trioxide aggregate or glass ionomer sealer. Braz Dent J. 2002;13(1):23-6.
22. Holland R, Souza V, Nery MJ, Otoboni JA Filho, Bernabé PFE, Dezan E. Reaction of dog's teeth to root canal filling with mineral trioxide aggregate or glass ionomer sealer. J Endod. 1999 Nov; 25(11):728-30.
23. Hsien HC, Cheng YA, Lee YL, Ian WH, Lin CP. Repair of perforating internal resorption with mineral trioxide aggregate: a case report. J Endod. 2003 Aug;29(8):538-9.
24. Ignácio H, Mazzer N; Barbieri CH, Chierice GO. Utilização da poliuretana da mamona nas formas compacta e porosa no preenchimento de falha óssea. Rev Bras Ortop 2002 maio;37:187-94.
25. Keiser K, Johnson CC, Tipton DA. Citotoxicity of mineral trioxide aggregate using human periodontal ligament fibroblasts. J Endod. 2000 May;26(5):288-91.
26. Koh ET, McDonald F, Pitt Ford T R, Torabinejad M. Cellular Response to mineral trioxide aggregate. J Endod. 1998 Aug;24(8):543-7.

27. Koh ET, Pitt Ford TR, Kariyawasam SP, Chen NN, Torabinejad M. Profilatic treatment of dens invaginatus using mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 2001 Aug;27(8):540-2.
28. Kubo C H. Avaliação do selamento de ápices radiculares tratados com diferentes agentes desmineralizantes e retrobturadores com PRO ROOT - MTA, mediante infiltração marginal por corante [dissertação]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista; 2001.
29. Lamb EL, Loushine RJ, Weller N, Kimbrough F, Pashley. DH. Effect of root resection on the apical sealing of mineral trioxide aggregate. *Oral Surg Oral Med Oral Pat Oral Radiol Endod.* 2003 June;95(6):732-5.
30. Lee Y-L, Lee B-S, Lin F-H, Lin AY, Lan W-H, Lin C-P. Effects of physiological on the hydration behavior of mineral trioxide aggregate. *Biomaterials.* 2004;25:787-93.
31. Leimburg ML, Angeretti A, Ceturi P, Lendini M, Pasqualini D, Berutti E. MTA obturation of pulppless teeth with open apices: bacterial leakage as detected by polymerase chain reaction. *J Endod.* 2004 Dec; 30(12):883-6.
32. Leonel ECF, Mangilli PD, Ramalho LTO, Andrade Sobrinho, JA. importância da porosidade interna do polímero de mamona durante a neoformação óssea. *Cienc Odontol Bras.* 2003 jul/set;6 (3): 19-25.
33. Main C, Mirzayan N, Shabahang S, Torabinejad M. Repair of root perforation using mineral trioxide aggregate; a long-term study. *J Endod.* 2004 Feb;30(2):80-3.
34. Mangin C, Yesilsoy YC, Nissan R, Stevens, R. The comparative sealing ability of, hydroxiapatite cement, mineral trioxide aggregate, and Super Ethoxybenzoic acid as root-end filling materials. *J Endod.* 2003 Apr;29(4):261-4.

35. Maroto M, Barberia E, Planells P, Vera V. Treatment of a non-vital immature incisor with mineral trioxide aggregate. *Dent Traumatol.* 2003;19:165-9.
36. Martins GR, Oliveira LD, Valera MC, Camargo CHR, Carvalho CAT. Avaliação da capacidade de selamento do polímero da mamona como material retrobturador[resumo la 033]. *Braz Oral Res.* 2005;19 (Supl.):49.
37. Mastrantonio SS, Ramalho LTO. Resposta do tecido conjuntivo de camundongos ao poliuretano vegetal de óleo de mamona. *Rev Odontol UNESP.* 2003;32(1):31-7.
38. Matt GD, Thorpe JR, Strother JM, Mclanahan SB. Comparative study of white and gray mineral trioxide aggregate (MTA) simulating a one- or two-step apical barrier technique. *J Endod.* 2004;30(12):876-9.
39. Nakata TT, Baek S, Baumgatner JC. Perforation repair comparing mineral trioxide aggregate and amálgama using an anaerobic bacterial leakage model sealer. *J Endod.* 1998 Mar;24(3):184-6.
40. Nakayama A, Ogiso B, Tanabe N, Takeichi C, Matsuzaka K, Inoue T. Behavior of marrow osteoblasts-like cells on mineral trioxide aggregate: morphology and expression of type I collagen and bone-related protein mRNAs. *Int Endod J.* 2005;38:203-09.
41. Parirokh MA, Asgary S, Eghbal MJ, Stowe S, Eslami B, Eskinridaze A et al. Comparative study of white and grey mineral trioxide as pulp capping in dog's teeth. *Dent Traumatol.* 2005;21:150-4.
42. Pavan NNO, Moraes IG, Catanzaro-Guimarães AS. Análise da infiltração marginal de quatro cimentos obturadores. *Rev Odontol Brás.* 2003 jul/ set;18(41):248-52.
43. Pereira MZ, Véio PCR, Assis NMP, Kubo CH. Avaliação do selamento de retrobturações com cimento Portland por corante azul de metileno

- tamponado e não tamponado[abstract la 034].Braz Oral Res. 2006 Set;20(Suppl.):62.
44. Peters CI, Peters OA. Occlusal loading of EBA and MTA root-end fillings in a computer-controlled masticator: a scanning electron microscopic study. *Int Endod J.* 2002;35:22-9.
 45. Pit Ford TR, Torabinejad M, McKendry DJ, Hong C-U, Kariyawasam SP. Use of mineral trioxide aggregate for repair of furcation. **Oral Surg Oral Med Oral Pat Oral Radiol Endod.** 1995 June; 79(6):756-63.
 46. Ribeiro D, Duarte MA, Matsumoto MA, Marques MEA, Salvadori DMFI. Biocompatibility in vitro tests of mineral trioxide aggregate and regular and white Portland cements. *J Endod.* 2005 Aug;31(8):605-7,
 47. Roy CO, Jeansonne BG, Gerrets T. Effect o an acid enviroment on leakage of root-end filling materials. *J Endod.* 2001 Jan;27(1):7-8.
 48. Saidon J, He J, Zhu Q, Safavi K, Spanberg L. Cell and tissue reactions to mineral trioxide aggregate and Portland cement. *Oral Surg Oral Med Oral Pat Oral Radiol Endod.* 2003 Apr.;95 (4):483-9.
 49. Salako N, Joseph B, Ritwik P, Salomen J, John P, Junaid TA. Comparison of bioactive glass, mineral trioxide, ferric sulfate, and formocresol as pulpotomy agents in rat molar. *Dent Traumat.* 2003;19:314-20.
 50. Santos AD, Moraes JCS, Araújo EB, Yukimitu K, Valério Filho WV. Physico-chemical properties of MTA and a novel experiment cement. *Int. Endod J.* 2005;38:443-7.
 51. Sarkar NK, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva, Kawashima I. Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *J Endod.*2004 June;30(6):97-100.
 52. Silva MJA, Tavano P, Guimarães SAC, Gomes MF. Estudo do comportamento do tecido ósseo frente ao implante do polímero da mamona em rádios de coelhos, pela análise quantitativa nas imagens

- radiográficas convencionais. Rev Fac Odontol Bauru. 1997 jul./dez;5(41):69-77.
53. Souza-Júnior SA, Gonçalves EAL, Catanzaro-Guimarães SA, Castro-Prado AAA. Loss of heterozygosity by mitotic recombination in diploid strain of *Aspergillus nidulans* in response to castor oil detergent. Braz J Biol. 2004;64(4):885-90.
54. Tavano O, Pavan AP, Silva MJA, Guimarães SAC. Estudo da densidade radiográfica digital do tecido ósseo face ao implante do polímero de mamona em coelhos. Rev Fac Odontol Bauru. 1999;7(3/4):53-8.
55. Thomson TS, Berry JE, Somerman MJ, Kirwood KL. Cementoblasts expression of osteocalcin in the presence of mineral trioxide aggregate. J Endod. 2003 June;.29(6):407-12.
56. Torabinejad M, Noah C. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. J Endod. 1999 Mar;25(3):288-91.
57. Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. J Endod. 1995 June;21(7):349-53.
58. Torabinejad M, Hong CU, Pitt Ford TRS, Ketting JD. Antibacterial effects of some root end filling materials. J Endod. 1995 Aug;21(8):403-6.
59. Torabinejad M, Pitt Ford TR, Abedi HR, Kariyawasam SP. Tissue Reaction to Implanted Root-End Filling Materials in the Tibia and Mandible of Guinea Pigs. J Endod. 1998 July;24(7):469-71.
60. Torabinejad M, Rastegar AF, Kettering JD, Pitt Ford TR. Bacterial leakage of Mineral Trioxide Aggregate when used as a root end filling material. J Endod. 1995 Mar;21(3):109-12.

61. Torabinejad M, Smith PW, Kettering JD, Pitt Ford TR. Comparative Investigation of Marginal of MTA and Other Commonly Used Root-End Filling Materials. *J Endod.* 1995 June;21(6):295-9.
62. Torabinejad M, Watson T.F, Pitt Ford TR. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate when used as a root end filling material. *J Endod.* 1993 Dec;19(12):591-5.
63. Valera MC, Camargo CHR, Carvalho AS, Pereira ERG. *In vitro* evaluation of apical microleakage using different root-end filling materials. *J Appl Oral Sci* 2006 Jan./Feb,14(1):49-52.
64. Vieira AP, Fais LMG, Pinelli LAP, Silva RHBT. Avaliação da dureza superficial do cimento poliuretano vegetal á base de mamona[abstract Ic 143]. *Braz Oral Res.* 2006 Set;.20(Suppl.):137.
65. Weldon JK, Pashley DH, Loushine RJ, Weller RN, Kimbrough WF. Sealing ability of Mineral Trioxide Aggregate and Super-EBA when used as a furcation repair materials: a longitudinal study. *J Endod.* 2002 June;28(6):467-70.
66. Yaltrik M, Ozbas H, Issever H. Reactions of connective tissue to mineral trioxide aggregate and amalgam. *J Endod.* 2004 Feb;30(2):95-9.

Fonseca MB. Chemical and mechanical injury influence on microhardness and microleakage of MTA, and castor oil bean cement in simulated root perforations [dissertação]. São José dos Campos: Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista; 2007.

ABSTRACT

In this study 96 bovine lateral incisor teeth were used that were standardized through perforations with 2mm of diameter in the buccal surface. The roots were divided into 4 groups according to the used material: G1 - mineral trioxide aggregate (MTA) without sealing, G2 - MTA sealed with cianoacrilate (Super Bonder, Henkel, São Paulo, Brazil) - SB, G3 - MTA sealed with glass ionomer cement (Vidrion R, S.S.White, Rio de Janeiro, Brazil) - CIV, G4 - castor oil bean cement (CPM) without sealing. Afterwards the roots were prepared by step-back technique. The roots were split up in the longitudinal direction. Fourteen roots were used in microleakage analysis and ten in microhardness test of each group. For the microleakage the specimens were waterproof and put in buffer solution of 2% Rodhamina by 24 hours. In the microhardness test the specimens were included in acrylic resin and consumed in the buccal direction. The data of the microleakage and microhardness tests were appraised through the statistical analysis (level of significance 5%). It was observed that in spite of CPM having the smallest infiltration index (0.652 mm), was observed the corresponding averages (1.143 mm - MTA, 1.302 mm - SB, 1.029 mm - CIV) however there was no statistically significant difference among the groups. In the microhardness test the difference was analyzed among the materials. And all of the groups with MTA (94,69HV - MTA, 92,25 HV - SB, 97,68 HV - CIV) demonstrated higher hardness comparing to the CPM group (8,477 HV). It was concluded that there was no harmful of the materials when submitted to the chemical and mechanical agents. The performance of the sealing of the MTA cement did not provide improvement in the microhardness results. All the materials maintained low averages of infiltration. All materials demonstrated to be efficient and CPM was shown as a material with good sealing properties on the other hand showed low hardness.

KEYWORDS: Dental leakage; Microhardness test; root canal filling materials, MTA; polymers, Castor oil bean cement.