CONFIABILIDADE DOS TESTES DE INFILTRAÇÃO
APICAL COM AZUL DE METILENO, RODAMINA B E
SISTEMA DE TRANSPORTE DE FLUÍDO EM
OBTURAÇÕES DE CANAIS APÓS O USO DE
CURATIVO DE HIDRÓXIDO DE CÁLCIO

CHRISTIAN GIAMPIETRO BRANDÃO

Tese apresentada à Faculdade de
Odontologia de Bauru, da Universidade de
São Paulo, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Doutor em
Odontologia, área de Endodontia.

(Edição Revisada)

BAURU
2005

CONFIABILIDADE DOS TESTES DE INFILTRAÇÃO
APICAL COM AZUL DE METILENO, RODAMINA B E
SISTEMA DE TRANSPORTE DE FLUÍDO EM
OBTURAÇÕES DE CANAIS APÓS O USO DE
CURATIVO DE HIDRÓXIDO DE CÁLCIO

CHRISTIAN GIAMPIETRO BRANDÃO

Tese apresentada à Faculdade de
Odontologia de Bauru, da Universidade de
São Paulo, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Doutor em
Odontologia, área de Endodontia.

(Edição Revisada)

Orientador: **Prof. Dr. Ivaldo Gomes de Moraes**

BAURU

2005

Brandão, Christian Giampietro

B733c Confiabilidade dos testes de infiltração apical com azul de metileno, rodamina B e sistema de transporte de fluído em obturações de canais após o uso de curativo de hidróxido de cálcio. - - Bauru, 2005.

145 p. : il. ; 30 cm.

Tese. (Doutorado) - - Faculdade de Odontologia de Bauru. USP.

Orientador: Prof. Dr. Ivaldo Gomes de Moraes

Autorizo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação/tese, por processos fotocopiadores e/ou meios eletrônicos.

Assinatura do autor:

Data:

DADOS CURRICULARES

Christian Giampietro Brandão

<i>Nascimento</i>	10 de novembro de 1973 - Birigui – SP
<i>Filiação</i>	Osvaldino Brandão e Rosa Maria Pereira Giampietro Brandão
<i>1991 – 1994</i>	Curso de Odontologia – Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP
<i>1995 – 1996</i>	Especialização em Endodontia – Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP
<i>1997 – 1999</i>	Curso de Pós-Graduação em Endodontia – nível de Mestrado – Faculdade de Odontologia de Bauru – USP
<i>2000 – 2005</i>	Curso de Pós-Graduação em Endodontia – nível de Doutorado – Faculdade de Odontologia de Bauru – USP
<i>2000 – atual</i>	Professor Assistente da Disciplina de Endodontia – Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE – Campus de Cascavel / PR
<i>2001 – atual</i>	Professor Adjunto da Disciplina de Endodontia – Universidade Paranaense – UNIPAR – Campus de Cascavel / PR

Dedico especialmente esse trabalho...

Aos meus pais **Osvaldino** e **Rosa Maria**. Minha eterna gratidão pelo privilégio de ser seu filho, podendo ter sua proteção e compartilhar, junto de meus irmãos, de vossos ensinamentos, compreensão, amizade e, sobretudo, de vosso amor e abdições próprias, sempre em prol de nossa família. Meus eternos mestres, nos quais sempre me espelhei, continuarei tendo-lhes como modelos de caráter e vida, e espero poder um dia ser um pouco do que vocês são em minha vida.

Papai e Mamãe, vocês me deram a vida e tudo o que tem acontecido de maravilhoso nela. São os principais responsáveis por mais este sonho concretizado. Meu muito obrigado!!!!!!

Aos meus irmãos **Osvaldino**, **Lucinda** e **Analú**, cúmplices de toda minha vida, fontes eternas de inspiração. Co-autores de todas realizações de minha vida, inclusive esta!

***Dino, Lu e Ana**, que nossa caminhada continue sendo sempre próspera e feliz, gozando sempre dessa nossa união e da proteção do Papai do Céu, que sempre tem brindado toda nossa família com vossa proteção e muita saúde!*

Ao meu avô **Salvador Toneti Giampietro** (*in memoriam*), meu eterno companheiro, obrigado por tudo que me ensinou e, principalmente, pela vossa presença e proteção constantes.

...a vocês todos, obrigado pela minha vida!

AMO VOCÊS!!!

À DEUS,

Vossa proteção tem sido uma constante em toda minha vida e de minha família. Sempre nos brindou com muita saúde e paz, protegendo-nos nos momentos difíceis, estando presente nos momentos de alegria, possibilitando magníficas conquistas, sempre sob vossa eterna proteção!

Que cada passo, de cada um de nós, continue a ser amparado por vosso imensurável amor de Pai!

Obrigado, Papai do Céu, por tudo que o Senhor me deu!

“Bem aventurado o homem que adquiriu a sabedoria, e que está rico de prudência. Vale mais a sua aquisição que a da prata, e seus frutos são melhores que o ouro mais fino e mais puro. É mais preciosa que as pérolas e tudo o mais que se deseja não se pode comparar com ela. Na sua direita está a larga vida, riquezas e glória na sua esquerda.”

Provérbios 3, 13-16

Ao Prof. Dr. Ivaldo Gomes de Moraes, meu Pai-científico. Obrigado por toda paciência, ensinamentos, convivência e atenção. Modelo de professor, pesquisador, mas principalmente de ser humano. Seu principal ensinamento não me foi a ciência, mas, principalmente, como fazê-la de forma humana, honesta e objetiva.

Patrão, grande homem, imenso coração, magnífico caráter!

meu muito obrigado!

“O que o mestre é vale mais que os seus ensinamentos”.

Karl Menninger

Aos grandes amigos **Adriano e Frank**, Os **Hoshi**, meus irmãos orientais.
Obrigado pela vossa amizade e pelos muitos momentos de dificuldades e de
alegrias convividos!!!

Dedico ainda este trabalho

Agradecimento especial

À **D. Carminha, Fernanda, Renata e Guilherme** pelo privilégio de vossa amizade e acolhimento em vossa família.

Aos professores **Eduardo Tanaka de Castro, José Neto da Costa, Satio Inagaki e Sérgio Brunini**, muito mais do que companheiros de trabalho, verdadeiros amigos. Nossos momentos de convivência na prática do ensino, na realidade, sempre me proporcionaram oportunidade de aprendizagem profissional e humana!

Aos meus companheiros de Cascavel, os amigos

Roberto, Juliana e Verena Bombonati,	Edo Hirata,
Ricardo, Maria Daniela e Davi de Souza,	Fábio Mialhe,
Murilo, Fabiana e Marco Antônio,	Virgínia Bosquioli,
Carlos e Patrícia Nassar,	Viviane Gomes,
Joana e Nicholas da Costa,	e demais amigos
Guta, Cassiana e Gabriel,	neo-cascavelenses...

meu muito obrigado por vossa verdadeira amizade!

Ao amigo, o **Prof. Ulisses Xavier da Silva Neto**, meu muito obrigado pela vossa amizade, atenção e colaboração na realização desse trabalho!

Aos **meus alunos**, pela oportunidade de tornar realidade o sonho de ser professor!

"Só existe uma coisa melhor do que fazer novos amigos: conservar
os velhos".

Elmer G. Letterman

Agradecimento

Aos Professores Doutores

Clóvis Monteiro Bramante,
Norberti Bernardineli,
Roberto Brandão Garcia e
Alceu Berbert,

da Disciplina de Endodontia da Faculdade de Odontologia de Bauru, meu sincero respeito e agradecimento. Obrigado pela oportunidade e inestimável oportunidade de crescimento profissional.

A todos os professores do curso de pós-graduação, meu agradecimento pela vossa contribuição em minha formação intelectual.

Aos professores da Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP – pela participação em minha formação durante a graduação e especialização.

*“Mas tu perseveras no que aprendeste e que te foi confiado,
sabendo de quem aprendeste”*

II Tim 3, 14

Meu agradecimento

À Faculdade de Odontologia de Bauru, na pessoa de sua diretora **Prof^a. Dr^a. Maria Fidela de Lima Navarro**, pela oportunidade de realizar meu Doutorado nessa tão honrada casa.

À Comissão de Pós-Graduação, representada pelo vosso presidente **Prof. Dr. José Carlos Pereira**, pela estrutura ímpar oferecida aos pós-graduandos.

A todos os funcionários da Biblioteca, especialmente **Cybelle, Rita, César, Valéria, Tereza e Ademir** e demais funcionários, sempre solícitos e amigos.

Aos funcionários da Pós-graduação e do Xerox sempre prestativos, meu muito obrigado!

Aos colegas de **Mestrado e Doutorado**, pela convivência na Faculdade de Odontologia de Bauru.

Aos funcionários da Endodontia, os amigos **D. Neide, Suely, Cleide, Edimauro e Patrícia**, meu muito obrigado pela amizade, ótima convivência e paciência em todos esses anos de pós-graduação.

Ao **CNPq**, pelo auxílio financeiro que tornou possível a realização desse trabalho.

Ao Curso de Odontologia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – **UNIOESTE – Campus de Cascavel** e

Ao Curso de Odontologia da Universidade Paranaense – **UNIPAR – Campus de Cascavel**, meu agradecimento pela oportunidade de exercer a docência!

E aos seus professores e funcionários, obrigado pela companhia e amizade.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE TABELAS	xiv
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	xvi
RESUMO	xvii
1 INTRODUÇÃO	01
2 REVISÃO DE LITERATURA	06
3 PROPOSIÇÃO	44
4 MATERIAL E MÉTODOS	46
4.1 Material	47
4.1.1 Hidróxido de cálcio	47
4.1.2 Cimento de óxido de zinco e eugenol	47
4.1.3 Cones de Guta-percha	47
4.1.4 Teste com Infiltração de Corantes	47
4.1.4.1 Azul de metileno	47
4.1.4.2 Rodamina B	47
4.1.5 Estufa de Cultura	47
4.1.6 Câmera Digital Sony DSC-S85	47
4.1.7 Anel adaptador	47
4.1.8 Software UTHSCSA ImageTool	47
4.1.9 Sistema de transporte de fluído	48
4.2 Métodos	50
4.2.1 Preparo dos espécimes	50

4.2.2 Teste de Infiltração Marginal Apical com Sistema de Transporte de Fluído	53
4.2.3 Teste de Infiltração Marginal Apical com uso de corantes	56
4.3. Análise Estatística	61
5 RESULTADOS	62
5.1. Infiltração Marginal Apical com Sistema de Transporte de Fluído	63
5.2. Infiltração Marginal Apical marcada pelo corante azul de metileno	68
5.3. Infiltração Marginal Apical marcada pelo corante Rodamina B	68
6 DISCUSSÃO	70
6.1 Relevância dos testes de infiltração	71
6.2 Sobre os testes de avaliação de selamento marginal <i>in vitro</i>	75
6.3 Da metodologia	85
6.3.1 Infiltração marginal apical com uso de corantes	86
6.3.2 Sistema de transporte de fluído	96
6.4 Dos Resultados	101
6.5 Considerações finais	117
7 CONCLUSÕES	119
ANEXOS	121
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	129
ABSTRACT	144

LISTA DE FIGURAS

	pág
Figura 1 - Sistema de transporte de fluídos	49
Figura 2 - Raízes preparadas para o teste de infiltração apical com o Sistema de Transporte de Fluído	54
Figura 3 - Conexão Espécime/Sistema de Transporte de Fluído	55
a) mangueira com água pressurizada	
b) agulha metálica Luer adaptada	
c) segmento de tubo de látex	
d) abraçadeira de plástico	
e) raiz com o canal obturado	
Figura 4 - Ilustração da captura de imagem	58
a) espécime seccionado	
b) régua	
c) câmera fotográfica	
d) fonte de luz	
Figura 5 - Imagens digitalizadas dos espécimes seccionados	59
a) espécime do grupo imerso em azul de metileno	
b) espécime do grupo imerso em Rodamina B	
Figura 6 - Programa ImageTool	60
a) região apical aumentada	
b) linha de medição da infiltração linear	
c) régua	
d) medida (em mm)	

LISTA DE TABELAS

	pág
Tabela 1 - Distribuição das amostras e identificação dos grupos	53
Tabela 2 - Distribuição dos espécimes e identificação dos grupos, de acordo com os corantes utilizados	57
Tabela 3 - Distância (em mm) percorrida pela bolha de ar a cada 2 minutos, o total percorrido no período de 8 minutos e a média aritmética dos espécimes do grupo que não recebeu hidróxido de cálcio previamente à obturação	64
Tabela 4 - Distância (em mm) percorrida pela bolha de ar a cada 2 minutos, o total percorrido no período de 8 minutos e a média aritmética dos espécimes do grupo que recebeu hidróxido de cálcio previamente à obturação	65
Tabela 5 - Tabela mostrando os dados dos grupos sem e com curativo de hidróxido de cálcio, previamente à obturação, submetidos ao teste de infiltração marginal apical com o sistema de transporte de fluído	66
Tabela 6 - Tabela mostrando os dados dos grupos sem e com curativo de hidróxido de cálcio, previamente à obturação, submetidos ao teste de infiltração marginal apical com o sistema de transporte de fluído, subdivididos em função do corante em que foram, posteriormente, imersos	67

Tabela 7 -	Valores, em milímetros, das infiltrações marginais apicais, médias e medianas, de azul de metileno, nos espécimes que receberam ou não curativo de demora com hidróxido de cálcio	68
Tabela 8 -	Valores, em milímetros, das infiltrações marginais apicais, médias e medianas de Rodamina B, nos dentes que receberam ou não curativo de demora com hidróxido de cálcio	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

% = porcentagem

$\pm$ = mais ou menos

$^{\circ}\text{C}$ = graus Celsius

x = vezes (aumento)

$\bar{x}$ = média aritmética

μL = microlitros

cm = centímetro

dp = desvio-padrão

EDTA = ácido etileno diaminotetracético

g = gramas (massa)

h = horas

ISO/DIS = International Standard Organization / Draft International Standard

MEV = microscopia eletrônica de varredura

mL = mililitros

mm = milímetros

mPa = mili Pascal

n^o = número

OZE = cimento de óxido de zinco e eugenol

P.A. = pró-análise

psi = pressão por polegada quadrada (pressure per squared inch)

p = significância estatística

Resumo

RESUMO

Objetivou-se avaliar se o curativo de hidróxido de cálcio realmente apresenta influência no selamento de obturações de canais, realizadas com cimento de óxido de zinco e eugenol, utilizando-se o transporte de fluídos e a infiltração de corantes com azul de metileno e rodamina B. Foram utilizadas 70 raízes que tiveram seus canais obturados pela técnica da condensação lateral com cimento de óxido de zinco e eugenol, após o uso ou não do curativo de hidróxido de cálcio. A infiltração marginal apical foi avaliada utilizando-se, primeiramente, o sistema de transporte de fluído e, posteriormente, os mesmos espécimes foram imersos em corante, sendo uma metade em Rodamina B a 0,2% e a outra em azul de metileno a 0,5%. Os resultados obtidos mostraram que tanto com o sistema de transporte de fluído, como com a utilização da Rodamina B, o curativo de hidróxido de cálcio não teve qualquer influência no selamento apical das obturações. Todavia, os resultados foram significantes quando da marcação pelo azul de metileno, demonstrando haver interferência desse curativo, a qual tem sido relatada como que física e que, provavelmente, melhoraria a capacidade de selamento das obturações. A observação desse resultado isoladamente poderia levar a supor da possibilidade dessa ocorrência. Contudo, considerando-se que apenas os resultados utilizando o azul de metileno mostraram diferença estatisticamente significativa entre os grupos com e sem uso de curativo, o mais sensato é concluir que o hidróxido de cálcio, muito provavelmente, tenha apresentado interação química com o azul de metileno, o que deve ter promovido sua descoloração (pela ação da alcalinidade do hidróxido de cálcio) e resultando, portanto, em dados não confiáveis.

1 Introdução

1 INTRODUÇÃO

O tratamento do sistema de canais radiculares compreende uma seqüência de procedimentos interdependentes entre si, em que todos devem ser executados criteriosamente e de maneira satisfatória, para que o sucesso do tratamento seja alcançado, não só do ponto de vista clínico, como também biológico.

A obturação do sistema de canais radiculares completa todo o cuidado tomado ao seguir os princípios técnicos e biológicos exigidos para tornar os condutos o mais “estéreis” possível, e preparados biomecanicamente para receber um selamento hermético. A obturação adequada deve ser compacta e completa, realizada com materiais inertes ou anti-sépticos e capazes de assegurar um selamento hermético para¹⁸:

1. impedir a percolação e microinfiltração de exsudato periapical para o interior do canal, para que não aja como irritante físico-químico e promova inflamação periapical;
2. impedir uma reinfecção;
3. criar um ambiente favorável para que ocorra o reparo dos tecidos periapicais.

INGLE⁴⁵, em 1956, citou um estudo clínico de 2 anos onde houve sucesso em 97,26% dos casos, o qual seria resultado da tríade: ampliação, esterilização e obturação do canal e a maioria dos fracassos estaria relacionada com a incorreta obturação do canal.

Segundo BELLIZI; CRUSE¹¹ (1980) os dentistas inicialmente preenchiem os canais radiculares com pastas inseridas com seringas, pequenas brocas e, em 1925, Rickert, propôs o uso de um cimento junto com cones de guta-percha. Ainda nesse ano, Lentulo apresentou um instrumento rotatório para inserir pastas nos

canais radiculares. Em 1933, Dr. E. A. Jasper introduziu os cones de prata estandardizados, usados em associação com o cimento Neo-balsam.

Atualmente, a maioria das obturações é realizada pela associação de cones de guta-percha e cimento, o qual une os cones entre si e esses com as paredes dentinárias, preenchendo todo o espaço não ocupado pelos cones.

FISHER²⁷, em 1927, já havia estabelecido as propriedades esperadas para um cimento endodôntico. São elas:

1. propiciar selamento hermético do sistema de canais radiculares;
2. estabilidade dimensional após a presa;
3. adesão às paredes dentinárias do canal e aos materiais obturadores, mesmo na presença de umidade;
4. boa biocompatibilidade, prevenindo reações intensas quando em contato com os tecidos periapicais;
5. boas qualidades de manipulação após o seu preparo;
6. oferecer facilidade para sua aplicação ao canal;
7. prover tempo de trabalho suficiente, propiciando ao operador tempo suficiente para comprovação da qualidade da obturação e realizar ajustes imediatos necessários;
8. deve tomar presa dentro do canal;
9. não pigmentar ou descolorir a estrutura dental;
10. deve ter algum efeito bactericida ou bacteriostático;
11. ter boa radiopacidade;
12. oferecer facilidade na sua remoção;
13. insolubilidade aos fluídos tissulares, evitando a percolação e anacorese;
14. não provocar resposta imune nos tecidos periapicais;
15. não ser mutagênico ou carcinogênico;
16. possuir pH próximo ao neutro;
17. ser passível de esterilização.

Resumidamente, os materiais obturadores devem preencher toda a cavidade pulpar radicular, anteriormente ocupada pelo tecido pulpar, e propiciar o selamento biológico do forame apical, coroando o tratamento endodôntico.

O material e técnica ideais seriam aqueles que englobassem todas essas características físico-químicas e biológicas. A procura por eles é intensa e motiva o estudo das propriedades dos materiais já existentes e a pesquisa pelo desenvolvimento de novos materiais.

BELLIZI; CRUSE¹¹, em 1980, realizaram uma revisão da história da endodontia, e concluíram assim: “O futuro da endodontia é excitante e sem limites. Conforme evoluímos devemos sempre lembrar de todos aqueles que nos precederam. Sem os seus esforços nós não teríamos o futuro. Um velho provérbio italiano resume a essência básica da história da endodontia: ‘Chi lascia la via vecchi per al nuova, as quel che perde e non as quel che trova’ (Qualquer pessoa que abandone as velhas maneiras pelas novas, sabe o que está perdendo mas não sabe o que encontrará)”. Esses pensamentos são bastante atuais.

Paralelamente ao aparecimento dessas inúmeras técnicas e variados materiais, vem a necessidade de avaliá-los, surgindo uma infinidade de trabalhos analisando tanto as propriedades biológicas como as propriedades físicas das obturações. Entre as propriedades físicas, a mais estudada é a capacidade de selamento dessas obturações, já que o vedamento o mais hermético possível do sistema de canais radiculares é o objetivo principal da fase de obturação da terapia endodôntica.

A capacidade de selamento, normalmente é avaliada por meio de testes de infiltração marginal, via apical ou coronária¹⁰⁴. Não existe uma padronização ou norma para esse tipo de teste, existindo, portanto, uma variabilidade muito grande desses testes. Assim, muitos resultados não comparáveis são criados, assim como

muitas constatações são alicerçadas por hipóteses, causando grande dificuldade de discernimento entre os achados verdadeiros e os ilusórios.

A interferência do uso de curativo de hidróxido de cálcio na capacidade seladora apical de obturações de canais é um desses achados controversos^{84,85,102}, por meio de diversas metodologias. Muitas teorias utilizadas como explicação são ainda incertas. Muitos autores acreditam na ação física do hidróxido de cálcio em melhorar o selamento de obturações, obliterando a entrada de túbulos dentinários e o espaço entre os materiais obturadores e as paredes do canal^{39-44,84,85,102}. Outros qualificam esse selamento como falso-negativo, cujos valores menores seriam decorrentes da neutralização do poder marcador do azul de metileno^{62,63,107}.

Portanto, pareceu-nos extremamente importante a realização deste trabalho avaliando a infiltração marginal, com corantes e transporte de fluido, em obturações de canais tratados ou não com curativo de hidróxido de cálcio previamente às obturações realizadas pela técnica da condensação lateral com cimento de óxido de zinco e eugenol.

2 Revisão de Literatura

2 REVISÃO DE LITERATURA

ANJOS⁷, em 1985, comparou, *in vitro*, a capacidade de penetração de 5 corantes diferentes, entre eles o azul de metileno e a Rodamina B, em 320 canais obturados pela técnica da condensação lateral e cimento de óxido de zinco e eugenol, em períodos de 24 a 168 horas. Observou que a Rodamina B mostrou maior magnitude de infiltração que o azul de metileno, tendo também menor coeficiente de variabilidade.

DERKSON; PASHLEY; DERKSON²⁴, em 1986, descreveram uma metodologia para medição de infiltração, modificando uma anteriormente existente, substituindo o ar comprimido que era usado, por líquido pressurizado para a detecção de microinfiltração ao redor dos materiais restauradores. Portanto, manteve-se as vantagens da quantificação e não destruição dos espécimes usando líquido ao invés de ar. Esse sistema de medição permitiu a medição sequencial quantitativa da permeabilidade dentinária e microinfiltração. Preparam cavidades oclusais e, após o uso de ácido para remover o *smear layer*, a taxa de filtração de fluído da cavidade preparada antes da inserção dos materiais foi definida, sendo considerada como permeabilidade dentinária, equivalendo a 100% de filtração de fluído. Em tempos variados, após a restauração, a permeabilidade aparente foi remeida e expressa em porcentagem daquela da cavidade preparada. Valores abaixo de 100% indicavam que o material tinha diminuído os valores da permeabilidade da cavidade por meio de suas propriedades. Os espécimes foram confeccionados com coroas seccionadas em nível cervical, fixadas em bases de Plexiglass com suas câmaras coronárias alinhadas à luz de uma agulha Gauge 18, que transfixava essa placa bem no seu centro, sendo fixada do seu outro lado com cianocrilato. Segundo os autores, mesmo não podendo reproduzir exatamente a complexidade biológica que existe em dentes vitais, o método de medição de microinfiltração *in vitro*, descrito nesse artigo, apresenta numerosas vantagens sobre a maioria dos métodos anteriormente descritos para medir microinfiltração, podendo-

se realizar medições de infiltração de forma longitudinal e quantitativa sem sacrifício do espécime²⁸.

WEISENSEEL; HICKS; PELLEU¹⁰², em 1987, avaliaram o selamento apical proporcionado pelo uso ou não de um tampão apical de hidróxido de cálcio em ápices incompletos criados experimentalmente em raízes extraídas. 40 dessas raízes foram obturadas pela técnica da condensação lateral com o cimento TubliSeal, sendo que metade recebeu um tampão apical de 2 mm de hidróxido de cálcio previamente à obturação. Utilizando-se azul de metileno a 2% como marcador da infiltração apical, os resultados mostraram que os espécimes com tampões de hidróxido de cálcio demonstraram infiltrações significativamente menores do que nas raízes sem esses tampões.

GOLDMAN; SIMMONDS; RUSH³⁶, em 1989, realizaram um estudo para determinar a validade dos estudos com penetração de corantes. Na 1ª parte do trabalho, 90 dentes foram preparados (com forame ampliado até lima tipo K nº 70) e deixados abertos na porção coronária ou na apical ou em ambas (15 para cada grupo), sendo imersos, em solução de cristal de violeta a 1%, na posição horizontal, com ápice para cima ou para baixo (5 dentes em cada posição). Metade foi imersa diretamente e metade após uso de vácuo. Em todos os casos o corante não penetrou todo o comprimento do canal. A única exceção foi quando ambas extremidades foram deixadas abertas e os dentes foram imersos no corante numa posição vertical. Os dentes na posição horizontal, mesmo aberto em ambas extremidades, não apresentaram penetração total do corante, mostrando a interferência do ar aprisionado. Na 2ª parte do trabalho, foi criado um defeito de medida conhecida, nas obturações de 20 dentes, com abertura para a porção apical. Os dentes foram imersos em solução de cristal de violeta com o ápice aberto para baixo, metade direto e metade passando por vácuo antes da imersão. Quando os dentes foram imersos diretamente no corante, a penetração foi incompleta. Quando o ar foi removido com o uso de uma bomba de vácuo, antes da imersão, a

penetração foi total. Os autores concluíram que a validade dos estudos com corantes que não consideravam o ar aprisionado é questionável.

KERSTEN; MOORER⁵³, em 1989, discutiram a importância do conhecimento de partículas e moléculas em infiltração endodôntica. O objetivo desse trabalho foi primeiramente descobrir qual nível de obturação prevenia a infiltração de partículas do tamanho de bactérias ou grandes moléculas de proteína e, segundo, se a infiltração do corante mais usado, o azul de metileno, era comparável com àquela de um pequeno produto metabólico bacteriano, de peso molecular semelhante ao desse corante. Utilizaram-se secções de 9 mm de comprimento obtidos de 46 raízes, com a luz do canal preparada de forma cilíndrica com lima nº 120, sendo obturados com guta-percha e quatro maneiras diferentes: com apenas uma secção de um cone de guta-pecha 120, sem pressão ou cimento, usando guta-percha associada ao AH26, sem pressão vertical e usando um cone desadaptado ou com uso de pressão vertical, com e sem uso de cimento. Esses segmentos de raízes foram montados no meio de tubos e fechados em ambos os lados com uma barreira de membrana de borracha, que permitia tirar amostras do reservatório apical. O reservatório coronário foi preenchido, logo após a obturação, com 0,25 mL de uma suspensão contendo esferas de látex (0,945 µm de diâmetro) na concentração de 1 mg/mL, 4 µg/mL de endotoxina, ácido butírico a 0,5%, ácido valérico a 0,1% e solução aquosa de azul de metileno a 0,1% (pH 7,0). A porção apical foi preenchida com 0,15 mL de uma solução aquosa de ácido valérico a 0,1% (pH 7,0), que foi usado para possibilitar o teste para detecção do ácido butírico. Após 1 e 2 semanas, coletaram-se amostras do reservatório apical para detectar a presença desses componentes nessa solução. A infiltração de partículas do tamanho de bactérias, as esferas de látex com tamanho aproximado de um *streptococcus* (0,945 µm de diâmetro), e grandes moléculas de proteína pôde ser prevenida apenas quando o cimento e a pressão foram usados para a obturação dos canais. A infiltração de ácido butírico, que é um produto metabólico dos microrganismos com propriedades tóxicas aos tecidos, provou ser comparável à infiltração de azul de metileno; a microinfiltração dessas pequenas moléculas não poderia ser prevenida nesse estudo

nem mesmo nas raízes consideradas bem obturadas. Isso sugere que testes de infiltração qualitativos e quantitativos com materiais de baixo peso molecular podem ter importância duvidosa na prática endodôntica. Os autores concluíram que a microinfiltração de substâncias com baixo peso molecular isolada, muito improvavelmente apresentam um papel decisivo na doença periapical. Entretanto, a microinfiltração de substâncias antigênicas tóxicas de alto peso molecular e bactérias para o tecido periapical constituem, provavelmente, um fator importante.

No mesmo ano, BARKHORDAR; BUI; WATANABE⁹ avaliaram, com o uso de infiltração do corante nanquim e diafanização, 60 canais obturados pela técnica da condensação lateral com 5 cimentos diferentes: cimento de Roth, AH26, Sealapex, CRCS e Nogenol, havendo um grupo sem cimento. Os resultados não mostraram diferença estatística entre os cimentos.

SPANGBERG; ACIERNO; YONGBUM⁹⁰, ainda em 1989, discutiram o papel do ar aprisionado na inibição da penetração de corantes nas obturações, resultando em falha na demonstração de espaços em sua massa. Os autores desenvolveram um meio para estudar a infiltração de corante no qual o ar aprisionado era evacuado antes da introdução do corante, comparando esse método à técnica de imersão passiva. Obturaram-se os canais preparados de forma padronizada com AH26, criando-se diferentes tamanhos de falhas nas obturações. Os espécimes foram imersos passivamente em azul de metileno a 2% por uma semana ou em uma câmara com 100 mtorr de pressão absoluta, sendo que, mesmo após a introdução do corante, ainda manteve-se o vácuo. A penetração passiva de corante resultou em preenchimento incompleto das falhas, apesar do tamanho das mesmas, enquanto que o uso de vácuo resultou em preenchimento completo. Esses resultados sugerem que o ar aprisionado produz artefatos durante a técnica de imersão passiva. Portanto, segundo os autores, em futuros estudos com corantes as amostras deveriam passar por vácuo antes da introdução ao corante, a fim de demonstrar toda a extensão das falhas.

No ano seguinte, KING et al.⁵⁶ realizaram uma avaliação longitudinal em obturações retrógradas usando um sistema de filtração de fluido, semelhante ao descrito por DERKSON et al.²⁴ (1986). Tubos metálicos, confeccionados pela secção de agulhas tipo Gauge de aço inoxidável, foram inseridos, por meio de um orifício, no centro de peças de plástico Plexiglass (2 X 2 X 0,6 cm) e fixados com adesivo cianocrilato. Os espécimes preparados foram fixados, também com o uso de cianocrilato do outro lado dessas peças de Plexiglass, de modo que as aberturas coronárias das raízes ficassem centralizadas sobre o tubo metálico. Para medir a infiltração, os aparatos contendo as raízes foram conectados a um sistema de filtração de fluido. Introduziu-se uma solução tampão fosfato contendo 0,2% de fluoresceína na porção coronária do canal a uma pressão constante de 10 psi através do tubo. O corante foi usado para ajudar na visualização da microinfiltração na interface material retrobturador/dente. Nesse método de medição de microinfiltração o fluido movimenta-se por dentro da raiz e determina-se a medição pelo movimento de uma pequena bolha de ar em direção ao dente em uma micropipeta de 25 µL conectada ao aparato de filtração de fluido. A medição foi feita durante 1 minuto, 4 vezes sucessivas. Os autores concluíram que o método de filtração de fluido para medição de microinfiltração foi um método confiável, permitindo medidas quantitativas de microinfiltração por vários períodos, sem destruição dos espécimes.

PORKAEW et al.⁸⁴, em 1990, para mostrar os efeitos do curativo hidróxido de cálcio no selamento apical, utilizaram 3 grupos (com 18 dentes cada) que receberam curativo com pasta de hidróxido de cálcio em soro fisiológico, Calasept ou Vitapex, mais um grupo sem medicamento, que constituiu o grupo controle. Após armazenagem por 1 semana, os curativos foram removidos e os canais instrumentados com uma lima a mais que a memória, para remoção de uma camada maior de dentina. Um dente de cada grupo foi examinado em microscopia eletrônica de varredura, enquanto os demais foram obturados com a técnica da condensação lateral e foram imersos em azul de metileno a 2% por 2 semanas, medindo-se depois tanto a penetração linear do corante quanto a volumétrica (com

descalcificação em ácido nítrico e medição do corante recuperado, em espectrofotometria). Verificaram uma correlação significativamente grande entre as infiltrações linear e volumétrica. A infiltração entre os grupos experimentais não foi significativamente diferente, mas foi significativamente menor que a do grupo controle.

Ainda em 1990, MUENINGHOFF; DUNN; LEINFELDER⁷⁴, compararam a infiltração do corante fucsina básica a 0,5% com o uso de indicadores de pH, na superfície de 75 dentes hígidos com restaurações classe V de amálgama forradas com cimento à base de hidróxido de cálcio. Os mesmos dentes passaram primeiro pela medição de pH, utilizando um papel indicador sobre a superfície da restauração e, depois, pelo corante a cada 2 semanas até completarem 18 semanas, sendo utilizados 7 dentes por período. 10 dentes não receberam forramento e formaram o grupo controle. A medição de pH cessou após um certo período e a infiltração de corante continuou após 18 semanas. Os dados indicaram que em dentes com restauração de amálgama recém-realizada, o teste de pH foi sensível o suficiente para determinar microinfiltração, mas depois de 2 semanas o método começou a tornar-se não-confiável. Isso pode ser verdade pelo fato do método de pH por detecção de íons hidroxila ser subtrativo por natureza. Com o passar do tempo, portanto, o material Dycal contendo os íons hidroxila é lavado, enquanto a penetração de corante é aditiva, sendo o corante cumulativo durante o processo de termociclagem. Ambos os métodos para determinação de microinfiltração são úteis por si só; dependendo de como as informações serão utilizadas e em qual condição os testes precisam ser realizados, cada um tem uma capacidade de determinar a presença de microinfiltração.

SONAT⁸⁹, em 1991, comparou a infiltração apical em 54 raízes divididas em 3 grupos, com canais obturados pela técnica da condensação lateral sem cimento, com Sealapex ou CRCS. Após 48 horas de presa os espécimes foram imersos em solução de azul de metileno a 5% durante 1 ou 30 dias, para posterior seccionamento longitudinal e medição das infiltrações. Os resultados mostraram que

todos materiais falharam em produzir um selamento apical efetivo e que o grau de infiltração aumentou com o tempo.

No mesmo ano, LIMKANGWALMONGKOL et al.⁶² compararam o nível de infiltração em 125 canais, divididos em 5 grupos, obturados pela técnica da condensação lateral sem cimento ou com 4 cimentos diferentes: Apexit, Sealapex, TubliSeal ou AH26. Após 48 horas de presa foram imersos em azul de metileno a 2% e centrifugados a 3 x g / 3 min. As raízes foram seccionada transversalmente em discos de 1 mm, determinando as seguintes médias de infiltração: Apexit, 1.67 mm; Sealapex, 2.28 mm; TubliSeal, 1.95 mm; AH26, 0.82 mm; e guta-percha sem cimento, 8.37 mm. Desse modo, demonstrou-se que um cimento deve ser sempre usado em conjunto com a guta-percha na técnica da condensação lateral e que o AH26 propiciou selamento apical significativamente melhor que os outros cimentos.

SLEDER; LUDLOW; BOHACEK⁸⁸ (1991) simularam *in vitro* um teste de solubilidade dos cimentos Sealapex (contendo óxido de cálcio) e TubliSeal (à base de óxido de zinco e eugenol). Utilizaram-se 50 dentes que, após serem obturados pela técnica da condensação lateral com um dos 2 cimentos testados, foram imersos imediatamente em solução salina, a qual foi trocada semanalmente durante 32 semanas, evitando-se o equilíbrio solução/cimentos. Os dentes foram removidos da solução nos períodos de 2 e 32 semanas e imersos em Nanquim durante 72 horas sendo, então, diafanizados, para medição linear da infiltração. Os resultados mostraram que a dissolução do Sealapex não foi estatisticamente maior que a do TubliSeal nos 2 períodos.

No ano seguinte, CHAN; JONES¹⁶, mediram a infiltração marginal associada a uma variedade de materiais restauradores colocados sobre cavidades em raízes de dentes extraídos, após a imersão dos dentes em quatro substâncias diferentes: gelatina acidificada, corante de eosina, nitrato de prata ou cálcio radioativo. O uso de escores para classificar o grau de penetração possibilitou a comparação entre os diferentes testes de infiltração. A ordenação dos resultados,

obtidos pelos diferentes métodos empregados, foi geralmente consistente. A eosina resultou na infiltração mais severa, seguida pelo nitrato de prata e cálcio radioativo, enquanto a gelatina foi o método menos sensível. Contudo, as diferenças estatísticas nos escores nem sempre foi significativa. Nenhum dos testes foi ideal, embora a eosina tenha sido considerada a mais apropriada para demonstrar infiltração marginal associada a restaurações dentárias.

PETERS; HARRISON⁸², em 1992, compararam a infiltração apical de materiais para obturação retrógrada sob o uso ou não de vácuo e verificaram o efeito da desmineralização nos preparos apicais, pela aplicação de ácido cítrico, na infiltração desses materiais. 148 canais obturados pela técnica da condensação lateral, associando guta-percha e cimento Roth 801, foram divididos em 8 grupos que receberam ou não os diferentes materiais retrógrados (amálgama, IRM, guta-percha com e sem cimento) com e sem aplicação de ácido cítrico. Metade foi levada ao azul de metileno com uso de vácuo e metade sem o seu uso. Após fratura longitudinal e medição linear da infiltração, a diferença mais evidente de infiltração ocorreu entre os grupos controle, ocorrendo penetração completa do corante sob vácuo nos canais não obturados, sendo essa infiltração parcial em imersão passiva. Observaram que a aplicação de ácido não afetou o selamento dos materiais. Diferenças significativas na penetração de corantes sob o uso ou não de vácuo foi observado apenas quando o IRM foi utilizado.

Ainda no ano de 1992, LIMKANGWALMONGKOL; ABBOTT; SANDLER⁶³, realizaram esse trabalho com o propósito de comparar o nível de penetração apical de corante em 50 dentes obturados pela técnica da condensação lateral sem cimento ou com os cimentos Apexit, Sealapex, TubliSeal ou AH26. A diferença entre esse e o trabalho realizado anteriormente⁶², foi a direção do seccionamento das raízes, sendo longitudinal nesse trabalho. Após 48 horas de presa, os dentes foram imersos em azul de metileno a 2% e centrifugados (30 x g / 3 min). Após secção longitudinal, os resultados médios de infiltração medidos foram: AH 26 - 0.48 mm, Apexit - 1.33 mm, Sealapex - 4.59 mm, TubliSeal - 5.58 mm; e guta-percha sem

cimento - 7.99 mm. Os resultados obtidos provaram que a guta-percha sempre deve ser usada com cimento e o cimento AH26 demonstrou infiltração significativamente menor que os outros três, enquanto o Apexit teve infiltração significativamente menor que o Sealapex e TubliSeal, não havendo diferença entre esses dois últimos.

Em 1993, WU; WESSELINK¹⁰⁴, apresentaram uma revisão sobre o grande número de estudos de infiltração endodôntica que haviam sido publicados até então. Relataram que em 1990 volumes do *Journal of Endodontics* e *International Endodontic Journal*, havia um estudo de infiltração para cada 4,3 artigos. Os autores discutiram, nesse artigo, as variadas metodologias existentes, destacando suas virtudes e desvantagens.

Ainda em 1993, AMDITIS; BRYANT; BLACKLER⁵, utilizaram a metodologia eletromecânica descrita por JACOBSEN e von FRAUNHOFER*, comparando 5 grupos de 15 dentes cada, sendo 4 obturados pela técnica da condensação lateral e um não obturado. Os grupos foram assim divididos:

Grupo I – testado continuamente por técnica eletromecânica durante 30 dias e depois imersão imediata em corante (azul de metileno a 2%);

Grupo II – testado continuamente por técnica eletromecânica durante 30 dias, depois deixado 30 dias em solução salina e, então, imersão em corante (azul de metileno a 2%);

Grupo III – testado continuamente por técnica eletromecânica durante 30 dias;

Grupo IV – testado por 24 horas por técnica eletromecânica no 30º dia;

Grupo V – não foi testado para infiltração eletromecânica (controle).

Somente o terço apical das raízes foi imerso na solução de azul de metileno e, posteriormente, verificou-se que a infiltração eletromecânica medida continuamente aumenta no período final, provavelmente devido à dissolução do

* JACOBSON, S.M.; von FRAUNHOFER, J.A. The investigation of microleakage in root canal therapy. An electromechanical technique. **Oral Surg.**, v.42, n.6, p.817-23, Dec. 1976.

cimento e à produção de espaços microscópicos, onde pode ocorrer a infiltração de íons. Na medição contínua, também pode ocorrer uma diminuição dos valores pela formação de produtos de corrosão ao redor dos anodos de cobre, causando uma barreira de difusão para a passagem dos íons. Os autores verificaram, ainda, que o teste eletromecânico contínuo apresentava o potencial de influenciar nos resultados obtidos nos testes de infiltração de corante. Os resultados sugerem, portanto, que o teste de infiltração eletromecânico não deveria preceder a medição de penetração linear de corante. Ainda, não foi realizada a padronização dos forames dos espécimes, observando uma grande variação dos resultados durante a análise dos dados, concluindo que o tamanho do forame apical pode influenciar na infiltração eletromecânica de canais obturados por condensação lateral.

Também em 1993, Wu et al.¹⁰³ determinaram uma metodologia para medir a quantidade de transporte de água, da porção coronária para apical, de canais obturados. O movimento de uma bolha de ar em um tubo capilar a uma pressão de 120 kPa (1,2 atm) conectado ao ápice dos espécimes, serviu para a medição do transporte de água por meio dos espaços existentes nesses canais obturados, sem destruí-los, possibilitando a reprodução dos testes. Para realizar essa pesquisa, utilizaram-se 60 canais obturados pela técnica da condensação lateral com AH26. Metade das amostras foi exposta a *Pseudomonas aeruginosa*, pequenas bactérias cultivadas em um reservatório na porção coronária. Após 50 dias, 2 espécimes permitiram a penetração de bactéria desse reservatório para um outro na porção apical. O transporte de água foi, então, medido quantitativamente em todos os espécimes. Os resultados foram divididos em 3 categorias: 39 canais obturados estavam na categoria “selado para bactérias”, 14 em “infiltração desprezível” e 7 em “grande infiltração”. Os 2 espécimes que mostraram crescimento bacteriano estavam nas categorias de infiltrações “grande” e “desprezível”. Os espécimes que usaram bactérias não mostraram influência estatística do padrão de transporte de fluido dessas raízes, que foi medido em seguida. Esses resultados indicaram que a maioria das obturações não permitiu a passagem de bactérias, mas permitiu a de fluido.

A influência da imersão mediata versus a imediata e a imersão passiva versus a associada à centrifugação nas medições de infiltração apical foi avaliada, em 1993, por KARAGOZ-KUCUKAY; KUCUKAY; BAYIRLI⁴⁸. Dividiu-se 84 dentes em 4 grupos de 20 dentes mais 2 controles positivos e 2 negativos, sendo todos obturados com o cimento CRCS associado ao sistema Ultrafil de guta-percha termoplastificada, e imersos imediatamente ou 72 horas após a obturação em nanquim, com o uso ou não de centrifugação. Após 72 horas os dentes foram diafanizados e mediu-se a infiltração linear, não havendo diferença estatística entre a imersão imediata ou mediata e entre o uso ou não de centrifugação. A centrifugação aumenta a pressão hidrostática da solução corante, comprimindo o ar de dentro das falhas e permitindo a penetração do corante mais profundamente. Contudo, os autores concluíram que um efeito similar pode ser obtido por imersão passiva dos espécimes, em uma maior profundidade na solução corante.

STARKEY; ANDERSON; PASHLEY⁹¹, em 1993, avaliaram o efeito da variação do pH do azul de metileno a 2% na infiltração apical, por meio de 80 dentes com preparos retrógrados obturados com amálgama ou material restaurador temporário, que foram imersos por 7 dias em soluções do corante com pH 1, 2, 3, 5 e 7 ou solução de azul de metileno em água deionizada não tamponada, sendo usado vácuo (100 mmHg por 15 minutos). Os resultados mostraram infiltração significativamente menor nos grupos de amálgama com pH 1 e 2. Todos os demais grupos dos 2 materiais não apresentaram diferenças significativas atribuídas ao pH, sendo que os grupos do material temporário sempre apresentaram valores menores que o amálgama. Além disso, mediu-se um efeito tampão significativo da estrutura dentária no corante.

Com o objetivo de determinar o tempo necessário para as bactérias naturais da saliva contaminarem toda a extensão dos canais obturados, KHAYAT; LEE; TORABINEJAD⁵⁴, em 1993, desenvolveram uma pesquisa com 40 dentes, cujos canais foram obturados com cimento de óxido de zinco e eugenol pela técnica da condensação lateral ou vertical. Depois de obturados, as porções coronárias

foram expostas à saliva humana coletada e as porções apicais ficaram em contato com um meio de crescimento bacteriano. Após a contaminação, utilizou-se nanquim e, posteriormente, realizou-se a diafanização dos dentes, buscando-se observar a trajetória das bactérias. Todos os canais foram recontaminados em menos de 30 dias, não havendo diferença estatística entre as técnicas.

HOLLAND et al.⁴⁰, em 1993, avaliaram a infiltração marginal após o emprego do hidróxido de cálcio como curativo de demora, analisando a persistência deste curativo após o uso de diferentes técnicas para sua remoção (ampliação da luz do canal, uso de EDTA, irrigação com hipoclorito de sódio). Obturaram 80 canais com guta-percha associada a cimento de óxido de zinco e eugenol, após o uso ou não de curativo de hidróxido de cálcio. A imersão em solução de azul de metileno a 2% e análise dos resultados obtidos, por seccionamento longitudinal das raízes, mostraram que o emprego do hidróxido de cálcio determinou significativamente uma melhora na qualidade do selamento marginal da obturação de canal e que esse efeito persistiu após o emprego de diferentes procedimentos para remoção do mesmo.

Ainda em 1993, HOLLAND; MURATA³⁹, compararam o selamento marginal apical obtido com o uso de 3 diferentes formulações de curativos à base de hidróxido de cálcio, seguidos de obturação com cones de guta-percha, associado ao cimento Sealapex ou cimento de óxido de zinco e eugenol. Avaliou-se infiltração apical, durante 12 horas, de solução de azul de metileno a 2%, com uso de vácuo. Observou-se que, com o uso de hidróxido de cálcio como curativo de demora, diminuiu-se a infiltração marginal das obturações onde se utilizou cimento de óxido de zinco e eugenol, não ocorrendo o mesmo com o Sealapex. Esses resultados deixaram claro que resíduos de hidróxido de cálcio permaneceram no canal, mesmo esforçando-se para sua remoção, diminuindo a infiltração marginal para alguns tipos de cimentos. Segundo os autores, isso pode ter ocorrido por incorporação do hidróxido de cálcio ao cimento obturador, causando, por si só, um decréscimo na permeabilidade, ou que o hidróxido de cálcio poderia ter penetrado nos túbulos

dentinários promovendo sua oclusão e diminuindo a habilidade de penetração do corante ou, ainda, que o hidróxido de cálcio formou carbonato de cálcio, o qual é reabsorvível, podendo, a longo prazo, serem criados espaços na interface obturação/parede do canal. Assim, acreditou-se que o hidróxido de cálcio promove não só uma aceleração da presa dos cimentos, mas também, uma expansão do material obturador, o que possibilitaria melhor selamento marginal. O Sealapex, por já conter hidróxido de cálcio na sua composição, não sofreria tantas alterações pelo uso de curativo de hidróxido de cálcio.

Em 1994, TORABINEJAD et al.⁹⁶ compararam a quantidade de infiltração na presença e ausência de contaminação por sangue em cavidades retrógradas preenchidas com amálgama, Super EBA, IRM e MTA. Para realizar essa pesquisa, utilizaram 20 dentes para cada material, sendo 10 obturados com as cavidades secas e 10 contaminadas por sangue. Após imersão imediata em azul de metileno a 1% por 72 horas, a medição linear não mostrou diferença significativa entre a presença ou não de sangue, sendo que o grupo do MTA foi o que apresentou menor infiltração.

Em julho de 1994, DALAT; SPANGBERG²⁰ avaliaram 5 técnicas de obturação diferentes (cone único, condensação lateral, condensação vertical, Thermafil e Ultrafil), todas utilizando o cimento AH26, por meio de imersão em corante azul de metileno a 2%. Utilizaram-se bomba de vácuo para remoção do ar. As médias das infiltrações lineares (medidas após seccionamento longitudinal e remoção da obturação) foram: cone único, 1.55 ± 0.95 mm, condensação lateral, 2.25 ± 1.46 mm, condensação vertical, 2.61 ± 2.61 mm, Thermafil, 1.41 ± 1.16 mm e Ultrafil, 3.51 ± 4.70 mm, não havendo diferença estatística entre os grupos. Um grande desvio padrão dos resultados refletiu o fato que a obturação dos canais quase sempre resulta na presença de falhas microscópica, até mesmo quando a técnica é excepcionalmente controlada e realizada sob condições ideais.

TORABINEJAD; LEE; HONG⁹⁷ (1994) examinaram a adaptação apical de 3 obturações convencionais e 4 obturações retrógradas de amálgamas em 4 dentes

extraídos, considerados radiograficamente como sucesso e 1 considerado fracasso (extraídos por finalidade protética de uma mesma paciente de 66 anos). Utilizaram-se infiltração de corante e microscopia eletrônica de varredura. Apesar da aparência radiográfica satisfatória desses tratamentos endodônticos, os testes realizados mostraram penetração de azul de metileno, por meio da foramina apical até o nível dos materiais obturadores, e a presença de pequenas falhas entre os materiais obturadores e as paredes dentinárias nos dentes tratados não cirurgicamente. O azul de metileno também penetrou entre o amálgama e as paredes das cavidades retrógradas, detectando espaços de diferentes tamanhos. Os mesmos testes, quando realizados na obturação retrógrada considerada insatisfatória radiograficamente, mostraram a presença de espaços entre o amálgama e o preparo retrógrado, por meio da completa penetração de azul de metileno.

WU; DE GEE; WESSELINK¹⁰⁵, em novembro de 1994, avaliaram a sensibilidade de um método de penetração de corante comparado a um modelo de transporte de fluido. Prepararam 60 segmentos de raízes que foram obturados por uma técnica modificada, para assegurar uma pequena quantidade de infiltração, levando o espaçador digital somente até 2 mm aquém do comprimento de trabalho, e divididos em 3 grupos: 20 foram montados no sistema de transporte de fluido sob pressão de 10 kPa (0,1 atm), outros 20 foram montados no mesmo sistema antes de serem submetidas a transporte de ar na mesma pressão e os últimos 20 não foram submetidos a nenhum dos sistemas. Então, as 60 raízes foram imersas em solução de azul de metileno a 2% (pH 7,0) e os resultados, após seccionamento longitudinal das raízes, mostraram que o sistema de transporte de fluido foi um método mais sensível para a detecção de espaços ao longo de obturações do que a infiltração de corante. Após o uso de transporte de fluido sob baixa pressão por 3 horas, para eliminar o ar aprisionado, o corante penetrou significativamente mais profundamente do que sem o seu uso prévio, o que sugere que o ar aprisionado ao longo das obturações preveniu a infiltração de corante. Esse trabalho utilizou a mesma metodologia descrita em 1993¹⁰³, eliminando-se, entretanto, o banho de água para evitar variações de acordo com a temperatura. Além disso, foi usada uma seringa

para controlar a posição da bolha de ar no capilar. Os autores concluíram que foram detectadas mais raízes contendo infiltração por toda a obturação com o transporte de fluido do que com a penetração de corante, e que o corante penetrou mais profundamente ao longo das obturações após a remoção do ar aprisionado, com o uso de transporte de fluido por 3 h sob pressão de 10 kPa (0,1 atm).

No mesmo mês, CALLIS; MANNAN¹³ desenvolveram um método para permitir monitoramento da microinfiltração, em tempo real, possibilitando várias leituras de um mesmo espécime em um período de tempo e também que essas informações fossem coletadas continuamente por longos períodos, em tempo real. Esse novo sistema, descrito pelos autores, foi usado nesse estudo para comparar a capacidade seladora de materiais retrógrados, principalmente uma combinação amálgama/cimento, e consistia de um reservatório com pressão constante (400 mm Hg), onde a porção apical com o material retrógrado era colocado, havendo um sensor de micropressão na porção coronária para registrar a diferença de pressão que ocorresse entre as duas extremidades (em $\mu\text{L}/\text{min}$).

Ainda em 1994, GALE; DARVELL; CHEUNG²⁹ discutiram, durante o teste de infiltração marginal com corantes, que bolhas de ar nas falhas marginais, diluição dos marcadores e sua solubilidade em água, e a falha da restauração em apenas alguns pontos, não permitiram a interpretação das restaurações como um todo, limitando esses testes a uma baixa reprodutibilidade e precisão. Os autores procuraram, nesse estudo, criar imagens tri-dimensionais de alta resolução dos padrões dos marcadores, utilizando restaurações classe V, que foram termocicladas e coradas com uso de nitrato de prata (250 μm), usando vácuo, sendo posteriormente desgastadas. Capturou-se cerca de 30 imagens de superfícies paralelas desde a restauração até a câmara pulpar e essas imagens espaciais capturadas foram agregadas, por um programa de análise de imagem, formando um modelo tri-dimensional do padrão do marcador. As projeções desses modelos puderam ser vistas em várias direções, com cortes em vários locais, permitindo

investigar toda área marcada. Esse método permitiu a criação de padrões do marcador tri-dimensional com alta resolução.

Em dezembro de 1994, ALIGHAMDI; WENNERBERG³ (1994), afirmaram que a incompleta obturação do sistema de canais radiculares era a maior causa do fracasso endodôntico. O uso de materiais obturadores com capacidade de selar os canais era, portanto, essencial para o sucesso da terapia. Entretanto, a verificação da capacidade de selamento não se apresenta incluída nos requisitos especificados na norma internacional vigente que trata dos cimentos endodônticos, sendo que uma variedade de métodos *in vitro* tem sido usada para avaliá-la. Os testes normalmente são de infiltração, baseados na verificação da penetração de marcador ao longo da obturação. Esses testes não são facilmente reproduzíveis e nem adequados para serem padronizados. A seleção de propriedades necessárias para a capacidade seladora e o teste das mesmas separadamente poderia ser uma maneira de encontrar uma variedade de testes que poderiam, individualmente, ser adequados para um programa padronização, os quais, em conjunto, dariam informações sobre a capacidade seladora dos materiais testados. Se um cimento é impermeável, insolúvel aos fluídos tissulares, tem estabilidade dimensional e se adere à dentina e gutta-percha, conceitualmente tal cimento tem a capacidade de selar o canal, se usado em combinação com uma técnica de obturação adequada. O teste de infiltração em endodontia poderia, então, ser substituído por testes de impermeabilidade, solubilidade, alterações dimensionais e adesão à dentina e gutta-percha.

No início de 1995, AHLBERG; ASSAVANOP; TAY² compararam o padrão de infiltração linear mostrado por solução aquosa de azul de metileno a 5% ao nanquim. Utilizaram-se 120 raízes divididas, em 4 grupos: 3 foram obturados pela técnica da condensação lateral com os cimentos Sealapex (40 amostras), TubliSeal (40 amostras) ou Ketac Endo (20 amostras) e as 20 demais amostras foram usadas como controle. Metade das amostras de cada grupo foi imersa por 7 dias em um dos corantes. Após seccionamento longitudinal, os resultados mostraram que todos os

grupos com azul de metileno apresentaram maior infiltração que o nanquim. Assim, pode-se concluir que o azul de metileno, com seu menor peso molecular (459,76), penetrou mais profundamente nas obturações que o nanquim, que tem partícula maior (cerca de 10 μm).

A confiabilidade de 2 métodos comumente usados para avaliar a capacidade seladora de obturações, a infiltração de corante sob pressão atmosférica e sob vácuo parcial, foi assunto de um tipo de estudo repetitivo desenvolvido por RODA; GUTMANN⁸⁶ (1995). Utilizaram-se 40 dentes obturados com Sealapex, imergindo imediatamente metade em nanquim de forma passiva e a outra metade passando antes por remoção do ar, com uso de pressão reduzida. Realizou-se a diafanização após 24 horas, para mensuração das infiltrações. Um estudo semelhante, com os mesmos parâmetros, foi realizado 1 mês depois. Não houve diferença entre todos os grupos, ou entre os grupos com e sem uso de vácuo, indicando que a metodologia é reproduzível e a aplicação de vácuo não aumentou a confiabilidade do teste.

Em julho de 1995, WU; WESSELINK; BOERSMA¹⁰⁶ determinaram a influência da espessura da camada de cimento sobre sua capacidade seladora, utilizando um modelo de transporte de fluido que permitiu a medição imediata da infiltração e também após um ano. Avaliou-se a infiltração de 4 cimentos em 3 diferentes espessuras, utilizando-se segmentos de raízes bovinas. Foram observadas mudanças no selamento ao longo do tempo para cada cimento. Os resultados da segunda medição mostraram que todos os cimentos testados produziram melhor selamento quando se utilizou camadas mais finas. Os cimentos AH 26, Ketac Endo e TubliSeal mostraram redução de infiltração ao longo do tempo, com médias de infiltração significativamente menores que o Sealapex, o qual mostrou infiltração significativamente maior após a estocagem em água por 1 ano. Portanto, a capacidade seladora dos cimentos pode, entre outros fatores que a influenciam, depender da espessura da camada de cimento e da solubilidade do material.

Ainda em 1995, HOLLAND et al.⁴² avaliaram a qualidade do selamento de um cimento endodôntico à base de ionômero de vidro, o Ketac Endo, após tratamento das paredes do canal. Foram utilizados 140 dentes tratados com EDTA por 5 minutos (30 dentes), ou com um curativo de hidróxido de cálcio por 24 horas (30 dentes) ou curativo de paramonoclorofenol canforado (PMCC) em cone de papel por 24 horas (30 dentes), sendo que 30 dentes não receberam nenhum tipo de tratamento. Os canais foram obturados pela técnica da condensação lateral com cimento Ketac Endo, óxido de zinco e eugenol ou Sealapex (10 dentes cada). O terço apical foi deixado 24 horas imerso em azul de metileno a 2% com uso de vácuo (0,002 mmHg / 15 min). A medição linear de infiltração mostrou que o Sealapex exibiu infiltração significativamente menor que o Ketac Endo e o cimento de óxido de zinco e eugenol. O uso de EDTA e curativos reduziram significativamente a infiltração observada com os cimentos cimento de óxido de zinco e eugenol e Ketac Endo. Os autores relataram que o mecanismo que explica esse fenômeno era desconhecido, sendo possível que essas drogas pudessem produzir uma expansão do material ou tornar-se uma camada entre o material e as paredes do canal, reduzindo a infiltração. Quando se utilizou hidróxido de cálcio antes do cimento de óxido de zinco e eugenol houve também uma melhora significativa do selamento. Para o Sealapex, não houve diferenças significantes com o tratamento com EDTA ou outro curativo.

HOLLAND et al.⁴¹, em dezembro de 1995, avaliaram a infiltração apical em dentes obturados pela técnica da condensação lateral após uso de medicação com hidróxido de cálcio. Para desenvolver essa pesquisa, utilizaram 120 dentes, sendo que metade recebeu curativo por 3 dias, que foi removido por irrigação com água destilada e instrumentação com instrumento memória (nº 40) ou até 5 calibres maiores (nº 70), sendo divididos em 6 grupos, de acordo com o instrumento utilizado. Após a obturação com condensação lateral e cimento de óxido de zinco e eugenol, os dentes foram imersos em azul de metileno a 2% (pH 7,0) em um frasco ligado a vácuo por 24 horas. A infiltração foi medida linearmente e os resultados mostraram

infiltração significativamente menor nos grupos que receberam curativo de hidróxido de cálcio, quando comparados ao grupo controle. Os resultados persistiram até mesmo após a remoção de 300 µm de dentina das paredes do canal (realizado com o uso da lima 70). Os autores acreditam que a possibilidade de restar hidróxido de cálcio residual, após a remoção de 300 µm de dentina, é mínima. Portanto, os resultados obtidos sugerem que a completa remoção do hidróxido de cálcio do canal não impediu seu efeito na infiltração apical, o que poderia ocorrer devido à penetração de hidróxido de cálcio nos túbulos dentinários. A difusão de íons hidroxila nos túbulos dentinários, segundo os autores, já foi demonstrada por vários estudos medindo a alcalinidade da dentina.

Em janeiro de 1996, SEN; PISKIN; BARAN⁸⁷ buscaram uma possível correlação entre a penetração nos túbulos dentinários e a microinfiltração de fluídos externos nos canais, usando-se a associação dos métodos de infiltração de corante e microscopia eletrônica de varredura (MEV). Utilizaram 45 dentes com canais obturados com os cimentos Diaket, Endomethasone, CRCS ou Ketac Endo (pela técnica do cone único) e imersão em nanquim (por 72 horas), após 72 horas de presa. Os dentes foram seccionados longitudinalmente sendo metade usada para medir infiltração (em escores) e metade, dos mesmos espécimes, levadas para MEV, avaliando a penetração tubular dos cimentos. Houve diferença estatística entre os grupos, sendo que o Diaket infiltrou menos, sendo que em relação aos escores para penetração dos cimentos nos túbulos dentinários, o Ketac Endo mostrou os menores valores. Parece haver uma relação inversa entre a penetração tubular e a infiltração do corante, isto é, quanto maior a penetração tubular, menor a infiltração de corante (embora essa relação não tenha sido estatisticamente significativa), sugerindo que a integração física da matriz do cimento pode ser importante para possibilitar resistência à infiltração.

HOLLAND et al.⁴³, em 1996, avaliaram, *in vitro*, o selamento apical de canais obturados com cones de guta-percha experimentais contendo hidróxido de cálcio. Utilizaram 110 raízes, sendo que 30 receberam curativo de hidróxido de

cálcio por 7 dias, removido com instrumentação e irrigação com água destilada. As raízes que não receberam hidróxido de cálcio foram obturadas pela técnica da condensação lateral com cones de guta-percha, convencional ou contendo hidróxido de cálcio e com os cimentos Endomethaseone, Grossman e óxido de zinco e eugenol. Os canais que receberam curativo foram obturados com os mesmos cimentos e guta-percha convencional. Após imersão em azul de metileno a 2% por 24 horas com uso de vácuo, foi feita a medição linear da infiltração. Os grupos que receberam curativo de hidróxido de cálcio e os grupos que foram obturados com guta-percha contendo hidróxido de cálcio exibiram médias de infiltrações significativamente menores que os grupos obturados com guta-percha convencional. Os resultados obtidos indicaram que os cones contendo hidróxido de cálcio produziram, segundo os autores, uma melhora na qualidade do selamento apical das obturações, sendo que os cimentos de Grossman e óxido de zinco e eugenol mostraram menores infiltrações após o uso de hidróxido de cálcio.

PATHOMVANICH; EDMUNDS⁸⁰, em maio de 1996, avaliaram a capacidade de determinar a infiltração apical em 40 canais simulados em blocos de resina e obturados pela técnica da condensação lateral associada a um cimento à base de óxido de zinco e eugenol (TubliSeal), utilizando-se de 4 diferentes métodos diferentes para produzir a penetração do corante azul de metileno a 2%: penetração passiva, centrifugação (1658 g/10 min), vácuo (15 min a 7,98Pa) associado à penetração passiva (48 horas) e pressão positiva (2 bar/5 min) associada à penetração passiva (48 horas). Grandes variações ocorreram nas infiltrações vistas em cada espécime e entre os espécimes de cada grupo. Houve diferenças estatisticamente significantes entre penetração passiva e cada uma das demais técnicas, não ocorrendo o mesmo entre o uso da centrifugação, vácuo e pressão positiva.

Em 1996, VASSILIADIS et al.¹⁰⁰ realizaram um trabalho com o objetivo de avaliar o efeito do *smear layer* na infiltração coronária. 52 canais foram obturados pela técnica da condensação lateral com cimento Roth 801, sendo que em metade

foi realizada a remoção prévia do *smear layer* com uso de EDTA e hipoclorito de sódio. Após infiltração em azul de metileno a 2% por 7 dias, foram feitas medições lineares e volumétricas, pela dissolução das raízes em ácido nítrico 35%, filtragem e leitura em espectrofotometria. Os resultados sugeriram que a remoção da *smear layer* melhorou significativamente a hermeticidade do selamento na porção coronária.

Ainda em 1996, PATHOMVANICH; EDMUNDS⁸¹, publicaram uma continuação da avaliação *in vitro* da extensão de infiltração apical de corante nanquim em obturações, agora utilizando dentes (128 divididos em 8 grupos) com Thermafil e condensação lateral sob condições de penetração passiva (48 horas), centrifugação (1658g/10 min), uso de vácuo (7,98 Pa/15 minutos e posterior 48 horas passiva) e de pressão aumentada (2 bar/5 min e posterior 48 horas passiva). Após diafanização e coleta dos resultados, a análise estatística não revelou diferença significativa entre as técnicas de microinfiltração nem entre as técnicas obturadoras. Esses resultados são conflitantes com o estudo anterior em blocos de resina onde, a infiltração passiva apresentou diferença significativa em relação às outras metodologias. Isso pode ter acontecido, segundo os autores, por esse estudo utilizar dentes, podendo ocorrer grande variação de anatomia e conseqüente dificuldade em instrumentá-los, podendo ter produzido grande variabilidade na profundidade de infiltração do corante. Outra possibilidade é que os estudos usaram corantes diferentes, sendo aqui utilizado o nanquim (cerca de 10 µm), e no outro azul de metileno. Ainda, os comportamentos diferentes da dentina e do plástico, que podem afetar a distribuição do cimento e a adaptação da guta-percha, podem ter interferido nos resultados.

No ano de 1997, KONTAKIOTIS; WU; WESSELINK⁵⁷ realizaram um trabalho onde 80 segmentos de raízes (com 10 mm de comprimento e canal cilíndrico de 1,7 mm de diâmetro) foram divididos em 2 grupos, recebendo ou não curativo de hidróxido de cálcio, sendo obturados com cilindros de guta-percha com 10 mm de comprimento e 1,5 mm de diâmetro associados ao cimento TubliSeal, à base óxido de zinco e eugenol. Após 48 horas de presa, a infiltração em 20 raízes

de cada grupo foi medida com um modelo de transporte de fluído nos períodos de 48h, 2, 4, 8 e 16 semanas após a obturação enquanto em outras 20 foi medida usando imersão em solução de azul de metileno a 1%. Com o modelo de transporte de fluído não foram encontradas diferenças significantes entre os 2 grupos em nenhum momento; usando o método de penetração de corante com azul de metileno, a infiltração no grupo que havia recebido curativo de hidróxido de cálcio foi significativamente menor (média de 1,9 mm) que no outro grupo (sem curativo de hidróxido de cálcio – média de 3,8 mm).

No ano seguinte, KATZ; ROSENWASSER; TAMSE⁵² avaliaram a influência do posicionamento do ápice na infiltração de corante (nanquim) sob pressão reduzida (560 mm Hg), em dentes obturados pela técnica da condensação lateral com guta-percha sem cimento. Foram utilizados 132 dentes divididos em 4 grupos, assim formados e obtendo as seguintes médias de infiltração, respectivamente: imerso em posição horizontal com uso de vácuo (0,21mm), imerso em posição horizontal sem uso de vácuo (0,19mm), ápice para cima com uso de vácuo (0,51mm) e para baixo com uso de vácuo (0,33mm). Não foi encontrada diferença significativa entre os dentes posicionados horizontalmente em imersão passiva ou sob pressão reduzida. No grupo onde os ápices foram colocados para cima, a infiltração média foi significativamente diferente do grupo posicionado horizontalmente com pressão reduzida, permitindo maior infiltração linear enquanto que os grupos nos quais as raízes foram posicionadas horizontalmente (com e sem uso de pressão) mostraram as menores infiltrações. Esses resultados mostraram que a posição do dente teve um efeito significativo na penetração linear de corante sob pressão reduzida e enfatizou, segundo os autores, a necessidade de se utilizar padronização dos fatores que podem influenciar na penetração do corante quando estudamos metodologia para determinação de infiltração. Talvez a pressão reduzida utilizada não tenha sido suficiente para remover o ar dos espécimes posicionados horizontalmente e com o ápice para baixo.

Em maio de 1998, ÇALISKAN; TURKUN; TURKUN¹² avaliaram *in vitro*, os efeitos de duas pastas à base de hidróxido de cálcio, usadas como curativo, tendo como veículo soro fisiológico ou glicerina, sobre raízes obturadas pela técnica da condensação lateral e 2 cimentos diferentes (CRCS e Diaket). Após curativo de uma semana, foram feitas suas remoções por meio da imagem e irrigação com hipoclorito de sódio a 5,25% e obturação dos espécimes. Após imersão em tinta nanquim por 7 dias, as infiltrações médias mostraram que a pasta de hidróxido de cálcio com água foi mais efetiva que a associação com glicerina na redução da infiltração apical quando o cimento Diaket, à base de óxido de zinco e eugenol, foi utilizado. Entretanto, nenhuma das pastas teve influência sobre a obturação com CRCS (contendo hidróxido de cálcio). O exame em microscopia eletrônica de varredura mostrou que havia resíduos de ambas as pastas após sua remoção, porém sem penetrarem nos túbulos dentinários.

TAMSE; KATZ; KABLAN⁹⁴ (1998) mediram e compararam a extensão da infiltração apical de 4 corantes, eosina, azul de metileno, nanquim e azul brilhante da Prússia com 2 métodos de avaliação comumente usados. Utilizaram-se 120 raízes com seus canais obturados pela técnica da condensação lateral com cimento Roth 801, divididas em 6 grupos e imersas, por 72 horas, nos diferentes corantes. Para leitura dos resultados, foram seccionadas transversalmente em fatias de 0,7 mm, sendo que os grupos imersos em nanquim e Azul da Prússia foram, também, diafanizados. Não foi encontrada diferença estatística entre os 4 corantes, havendo infiltração significativamente maior nos cortes transversais quando comparado aos mesmos corantes pela técnica da diafanização, mas não havendo diferença estatisticamente significativamente entre esses. Os resultados permitiram concluir que o método de avaliação, mais do que as propriedades do corante foi a principal diferença entre os resultados.

A estabilidade da cor do azul de metileno em contato com 6 materiais obturadores foi avaliada em um estudo desenvolvido por WU; KONTAKIOTIS; WESSELINK¹⁰⁷, em 1998. Tubos de silicone e segmentos de dentes humanos com

10 mm de comprimento e 1,5 mm de diâmetro interno foram preenchidos com os seguintes materiais: amálgama, hidróxido de cálcio, Cavit, Fuji II, agregado trióxido mineral (MTA) e cimento de óxido de zinco e eugenol (10 tubos ou segmentos de dentes para cada material). Grupos com 5 tubos ou segmentos de dentes contendo o mesmo material foram imersos em 0,8 mL de solução de azul de metileno a 1%. A densidade óptica da solução foi medida antes da imersão, 24, 48 e 72 horas após a imersão. Em cada período, se retirava 0,1 mL do corante de cada frasco, sendo diluído em 1,9 mL de água destilada e medida a densidade óptica em espectrofotômetro a 596 nm. Os resultados mostraram que a solução de azul de metileno foi descolorida ao longo do tempo por todos os materiais exceto o Fuji II, tanto em tubos como dentes. No período de 24 horas, a densidade óptica do azul de metileno diminuiu 73% para o grupo com hidróxido de cálcio em tubos de silicone e 84% para o MTA nos tubos. Assim, pode-se concluir que o azul de metileno pode ser descolorido por alguns materiais obturadores, o que pode resultar em resultados não confiáveis de estudos de infiltração para esses materiais.

Em outubro de 1998, ANTONOPOULOS; ATTIN; HELLWIG⁸ compararam métodos de penetração de corante conduzidos passivamente, sob pressão negativa ou sob alta pressão. Utilizaram-se 90 dentes com canais obturados pela técnica do cone único ou condensação lateral. O nanquim foi usado com o método passivo e com pressão negativa (60 Torr). Para a alta pressão (200MPa) foi usada uma resina epóxica colorida. Após medidas lineares, os resultados não mostraram diferença entre os métodos passivo e de pressão negativa. A quantidade de infiltração apical obtida quando se utilizou a penetração de corante sob alta pressão foi significativamente menor. As 2 técnicas obturadoras mostraram capacidade seladora semelhante, o que permitiu concluir que não há necessidade de se utilizar pressão negativa para avaliar a capacidade seladora de obturações *in vitro*.

GALE; DARVELL³⁰ revisaram, em um artigo de 1999, as evidências sobre permeabilidade dentinária, para esclarecer e enfatizar seus efeitos que possam confundir as medidas de teste de infiltração e, então, a necessidade de usar

modelos especiais de testes para evitar esses efeitos. É uma revisão da literatura sobre o assunto entre 1887 e 1997, incluindo 249 artigos. Discutiram que o pré-requisito para qualquer teste de penetração de corante é que os espécimes sejam, eles próprios, impermeáveis aos marcadores. A entrada do marcador poderia, então, ser usada para indicar corretamente a localização ou severidade das falhas. A relativa impermeabilidade de esmalte dental íntegro permite teste do selamento da interface esmalte/restauração, o mesmo não sendo verdade quando se analisa dentina, a qual é normalmente bastante permeável à maioria dos marcadores, através de seus túbulos, sendo resultados falso-positivos bastante comuns. Relataram que o intenso interesse em agentes adesivos dentinários aumentou a necessidade e frequência desses testes com dentina, sendo que esse importante fator de confusão, a permeabilidade a corantes, normalmente não é relatado, e poucas vezes é controlado adequadamente. Concluíram que se os teste de penetração de marcadores devem ter algum sentido, o controle adequado é necessário.

ÇALT; SERPER¹⁴, em 1999, avaliaram a eficiência de técnicas de remoção de curativo de hidróxido de cálcio, utilizando 36 raízes, que tiveram seus canais instrumentados e preenchidos com pasta de hidróxido de cálcio, sendo removidas com o uso somente de hipoclorito ou de EDTA associado ao hipoclorito de sódio. Foram obturadas pela técnica da condensação lateral com os cimentos CRCS, AH26 ou Ketac Endo. A análise dos espécimes, com uso de microscopia eletrônica de varredura, revelou que quando o hipoclorito de sódio foi usado isoladamente, para remoção do hidróxido de cálcio, este não foi completamente removido das paredes dos canais e os cimentos não penetraram nos túbulos dentinários. Por outro lado, o uso de EDTA associado ao hipoclorito de sódio resultou em completa remoção da pasta, possibilitando a penetração dos cimentos nos túbulos dentinários.

Ainda em 1999, BARTHEL et al.¹⁰ compararam os teste *in vitro* de infiltração com uso de corantes e com uso de bactérias, comumente utilizados para

verificar infiltração marginal de obturações de canais. 90 dentes com canais obturados por condensação lateral e os cimentos AH26, Ketac Endo ou Roth 801 tiveram suas porções coronárias expostas a caldo de cultura contendo a bactéria *Staphylococcus epidermidis*, por 38 dias, e depois ao corante fucsina básica, por 48 horas. A infiltração bacteriana foi medida pela coleta de bactérias na porção apical e a infiltração de corante por exame de secções transversais da porção apical. Não houve diferença estatística com a infiltração de bactérias, mas o teste com infiltração de corante mostrou resultado significativamente maior no grupo obturado com AH26 quando comparado ao Ketac Endo. Concluíram que uma exposição por tempo curto a corantes parece inadequada. Não houve concordância significativa entre os testes de penetração com bactérias e corante ao longo do canal. Os autores atentaram para o fato de que não se sabe se os resultados de testes de infiltração com bactérias *in vitro* podem ser extrapolados para condições *in vivo*, pois o número de bactérias ou LPS necessários para iniciar um processo inflamatório é indeterminado; alertaram que os fatores imunológicos *in vivo* são extremamente relevantes, mas são dificilmente reproduzíveis em estudos *in vitro*.

Em artigo publicado em 2000, MORAES et al.⁷³ avaliaram a influência do curativo de hidróxido de cálcio na marcação da infiltração marginal de corante azul de metileno a 2% em obturações de canais radiculares, realizadas com cimento de óxido de zinco e eugenol ou pasta de hidróxido de cálcio. Foram usados 188 dentes extraídos, sendo 8 para controle. Após biomecanizados, foram divididos em 3 grupos, utilizando-se o EDTA e hidróxido de cálcio em diferentes momentos e situações. Foram imersos em solução de azul de metileno a 2% por 72 horas, seccionados longitudinalmente e medidas as infiltrações. Após análises estatísticas, concluíram que o hidróxido de cálcio empregado, tanto na forma de curativo como de pasta obturadora, diminuiu a magnitude de infiltração. Em relação ao EDTA, observaram que, quando empregado previamente ao curativo de hidróxido de cálcio, melhorou o selamento das obturações com cimento de óxido de zinco e eugenol; o seu emprego antes e após o curativo promoveu um aumento da infiltração marginal em canais obturados com cimento de óxido de zinco e eugenol; em canais

obturados com pasta de hidróxido de cálcio, o seu emprego não promoveu interferências estatisticamente significantes nos resultados.

HAIKEL et al.³⁷, em 2000, propuseram uma metodologia para medição de infiltração com uso de radioatividade. Avaliaram dentes obturados com condensação lateral (80 amostras), Thermafil (40 amostras) e McSpadden (40) através de uma avaliação quantitativa da microinfiltração apical nos períodos de 1, 7, 14 e 28 dias. Após imersão em solução de lisozima marcado com tintura de iodo radioativo (com partículas com 40 nm), as medições foram realizadas através do preparo de secções horizontais dos dentes e mensuração do nível de radioatividade em cada secção, usando um contador gama (para determinação da concentração da solução usando o valor de absorbância de proteínas por espectrofotometria e radioatividade). Para todas as técnicas, a infiltração foi mais significativa nos 3 mm apicais, sendo muito pequena cervicalmente a esse nível. No 1º dia o Thermafil foi melhor que as demais técnicas, sendo a infiltração maior na condensação lateral. Nos 28 dias os valores da condensação lateral foram menores e significativamente diferente apenas do grupo Mc Spadden.

Em 2001, KONTAKIOTIS; GEORGOPOULOU; MORFIS⁵⁸ avaliaram a influência da presença de água à penetração do corante azul de metileno a 2%, nas lacunas ao longo das obturações dos canais de 80 dentes, realizadas com gutapercha associada à um cimento à base de óxido de zinco e eugenol (TubliSeal). A infiltração foi, primeiramente, medida por um modelo de transporte de fluido, classificando as infiltrações em 3 categorias: grande, pequena e nenhuma infiltração. Os dentes com nenhuma ou pequena infiltração foram, então, imersos em azul de metileno a 2% por 24 horas (Grupo I). Os espécimes com grande infiltração foram divididos em 2 grupos (II e III). Os do grupo III tiveram a umidade, que poderia estar presente nas lacunas da obturação, removida por transporte de ar. Os dentes dos grupos II e III também foram imersos em azul de metileno 2% por 24 horas. Foram, então, partidos longitudinalmente para medição linear da infiltração. O Grupo III, com as lacunas “secas”, mostrou infiltração significativamente maior que o grupo II (com

lacunas úmidas), não havendo diferença entre os grupos I (com nenhuma ou pequena infiltração medida pelo sistema de transporte de fluido) e II. Frente aos resultados, os autores concluíram que o azul de metileno penetra mais facilmente em lacunas secas ao longo de obturações do que naquelas preenchidas por água. Em um trabalho piloto, os autores colocaram capilares de vidro com 0,2 e 0,4 mm de diâmetro, secos e úmidos, com presença ou não de uma bolha de ar, imersos em azul de metileno 2% por 72 horas e notaram que nos capilares secos havia penetração muito mais fácil de corante, sendo maior nos capilares mais calibrosos. Nos capilares contendo água, a penetração ocorreu melhor onde não havia bolha de ar. Pareceu, portanto, que a penetração do azul de metileno depende de vários fatores, como: presença ou não de água, presença de ar aprisionado e a tensão superficial.

A fim de comparar a infiltração em obturações antes e após a desobturação parcial do conduto radicular para preparo para colocação de pino, ABRAMOVITZ et al.¹, em 2001, utilizaram o sistema de filtração de fluido, proposto por WU et al.¹⁰³ em 1993, modificado. Essa modificação foi realizada com o intuito de facilitar a conexão, desconexão, reconexão e medição dos espécimes ao sistema. Os dentes foram inclusos em resina epóxica, num molde formado pela porção final de uma seringa Luer descartável de 20 mL, deixando as porções apical e coronária das raízes livres. Um segundo cilindro oco, confeccionado pelo corte de um segmento de uma seringa Luer de 5 mL, foi adaptado à primeira, sendo selado com resina epóxica, formando uma câmara com 2 saídas padrão Luer. A porção coronária foi adaptada a um tubo de infusão intravenosa que permitiu a aplicação de ar comprimido (1,2 atm) à essa câmara. A porção apical foi conectada, através de uma válvula com 3 saídas, a uma pipeta de 200 µL, possibilitando a medição dos resultados.

POMMEL; JACQUOT; CAMPS⁸³, em 2001, para avaliar a falta de correlação entre 3 métodos de infiltração apical, utilizaram 36 dentes, cujos canais foram obturados por 3 diferentes técnicas (Thermafil, condensação vertical com calor

e cone único), todos com cimento de óxido de zinco e eugenol. Após 24 horas de presa, todos os espécimes passaram, seqüencialmente, por 3 métodos para verificar o selamento apical: método de filtração de fluído, método eletromecânico e corante (azul de metileno a 1% por 24 horas em pressão normal), sendo que os resultados dos diferentes métodos de avaliação não classificaram as técnicas de obturação na mesma ordem. O método de filtração de fluído mostrou que a condensação vertical foi superior ao Thermafil que por sua vez foi superior ao cone único. O corante mostrou que o Thermafil foi melhor que as outras duas. O método eletromecânico não mostrou diferença estatística entre as 3 técnicas, não havendo, portanto, correlação entre as 3 metodologias.

Em 2001, GILBERT; WITHERSPOON; BERRY³³ compararam a infiltração coronária por bactérias (*Proteus vulgaris*) e corante nanquim (através da técnica de diafanização e uso de escores) em 3 diferentes técnicas de obturação: condensação lateral, condensação vertical e Thermafil, sendo utilizados 20 espécimes para cada técnica e 10 para controle. Após serem mantidos 90 dias em 100% de umidade, os espécimes foram expostos coronariamente às bactérias, por 21 dias, para verificar sua infiltração. Após o desafio bacteriano, o nanquim foi colocado coronariamente, por mais 21 dias, e, então, foi medida a infiltração. A condensação vertical apresentou infiltração significativamente menor que a lateral, durante os testes com bactéria. Entretanto, não houve diferença significativa entre essas técnicas quando se utilizou corante. Os testes bacteriano e com corante mostraram variação considerável. Discutiram que o uso de corante após o teste bacteriano pode destacar a falha de dispositivos experimentais e fraturas radiculares verticais, evitando, portanto, resultados falso-positivos, encontrados em testes bacterianos isolados.

DEMARCO et al.²³, em 2001, avaliaram a microinfiltração em restaurações realizadas com uma resina durante e após tratamento clareador interno. Utilizaram 30 dentes que receberam tratamento endodôntico e foram , divididos em 3 grupos:

Grupo A – Grupo controle: a cavidade coronária dos dentes foi restaurada com um agente adesivo para dentina de 4ª geração e restaurado de forma incremental com resina composta;

Grupo B – colocação de uma pasta composta de perborato de sódio e peróxido de hidrogênio na câmara pulpar por 7 dias, selada com ionômero de vidro. Após esse período foram restaurados da mesma maneira que o grupo A;

Grupo C – colocação de uma pasta composta de perborato de sódio e peróxido de hidrogênio na câmara pulpar por 7 dias e, após esse período, foi colocado pasta de hidróxido de cálcio e selado com ionômero de vidro por 7 dias para então serem restaurados como os grupos anteriores. Os dentes foram termociclados e imersos em solução de azul de metileno a 0,5% por 8 horas. Após secção longitudinal e leitura dos dados, concluiu-se que os grupos A e C mostraram padrões de infiltração similares, mostrando menores valores que o grupo B. O clareamento usando perborato de sódio e peróxido de hidrogênio aumentou a microinfiltração e o uso de curativo de hidróxido de cálcio por pouco tempo não, quando comparado ao grupo controle.

Em 2001, OZTAN et al.⁷⁷ avaliaram o efeito de diferentes cimentos sobre soluções de azul de metileno a 1 e 2% e tinta nanquim, utilizando análise por espectrofotometria. 105 tubos plásticos foram preenchidos com os cimentos Sealapex, Endomethasone, Sultan, AH Plus ou Ketac Endo (21 tubos plásticos para cada grupo), sendo o grupo controle constituído de 7 tubos plásticos não preenchidos. Após 48 horas de presa dos cimentos, 7 espécimes de cada grupo foram tirados aleatoriamente e imersos em 0,8 mL de Azul de Metileno a 1 e 2% ou nanquim. A densidade óptica das soluções foi medida após 0, 24, 48 e 72 horas de imersão em espectrofotometria (416 nm), retirando-se amostra de 0,1 mL em cada período, que foram diluídas em 1,9 mL de água destilada. A densidade óptica (DO) foi estável para o grupo controle. Os valores de densidade óptica para o azul de metileno a 1% foram aumentados nos grupos do Sealapex e Sultan; para as soluções de azul de metileno a 2% foi aumentada para Sealapex e AH Plus, diminuindo para todos os grupos de nanquim. As mudanças nos valores de DO,

relacionadas a cada intervalo de tempo, foram estatisticamente analisadas. Nesse estudo de infiltração de corante, o nanquim, quando comparado ao azul de metileno, foi um marcador mais confiável, já que não ocorreu dissolução dos cimentos quando em contato com a tinta nanquim. Explicaram que um aumento na densidade óptica indica uma interação química na estrutura da solução, devido à solubilidade de partículas dos materiais testados e sua transferência para a solução. Ainda, foi visto nesse trabalho que a concentração do azul de metileno pode alterar o grau de desintegração e interação com os cimentos o que, segundo os autores, justificaria a infiltração maior do azul de metileno.

Ainda em 2001, OLIVER; ABBOTT⁷⁶ avaliaram a correlação entre infiltração apical de corante e a performance clínica da obturação. Selecionaram 116 dentes humanos extraídos por motivos diversos, que tinham sido obturados pelo menos 6 meses antes da extração. Foram imersos em corante azul de metileno a 2% (pH 7,0), para avaliação da infiltração apical usando vácuo, medindo-se, então, a profundidade de penetração do corante. O tratamento endodôntico foi classificado como sucesso ou fracasso e os resultados mostraram penetração maior de corante em casos de fracasso embora o resultado bruto sugira pequena diferença. Ao todo, o corante penetrou 99,5% dos espécimes, indicando que a presença de corante nos canais é um indicador fraco do sucesso de uma técnica ou material. Entretanto, a extensão de penetração de corante pode ser relacionada ao resultado clínico. Sabe-se, portanto, que as obturações não propiciam clinicamente um selamento que previna totalmente a penetração de fluídos. Então, o resultado de um tratamento não pode ser prognosticado simplesmente a partir dos resultados de um estudo com infiltração apical.

MARTELL; CHANDLER⁶⁷, em 2002, compararam os testes de infiltração com uso de corante e elétrico, utilizando 33 dentes com canais obturados e com hastes de aço inoxidável inseridas nos canais, funcionando como anodos. Os 3 mm apicais foram seccionados, realizando-se preparos retrógrados de 3 mm com uso de ultra-som, os quais foram obturados com agregado trióxido mineral (MTA), Super

EBA ou o material restaurador provisório IRM. Após 24 horas de presa imersos em sangue, os espécimes foram colocados em um eletrólito de cloreto de potássio a 1% e a infiltração foi medida eletricamente por 70 dias. Os dentes foram, então, imersos em azul de metileno a 1% por 72 horas, sendo as medidas das infiltrações feitas por escores. As obturações com MTA apresentaram menores infiltrações nos 2 testes. No teste elétrico, as obturações com Super EBA infiltraram menos que as com IRM, não ocorrendo o mesmo no teste com corante. Houve falta de correlação entre as metodologias, contrariando DELIVANIS; CHAPMAN²² (1982).

Em 2002, GOLDBERG; ARTAZA; DE³⁵ estudaram a influência do hidróxido de cálcio na obturação de canais laterais simulados, utilizando 20 dentes nos quais foram confeccionados 3 canais laterais com uso de lima nº 15, nos terços cervical, médio e apical das faces mesial e distal. Os dentes foram divididos em 2 grupos, sendo o primeiro obturado imediatamente com AH26 e Ultrafil. O segundo grupo recebeu curativo de hidróxido de cálcio por 7 dias, sendo reinstrumentado e irrigado com hipoclorito de sódio a 2,5% antes da obturação. Os dentes do 1º grupo (sem uso de curativo) mostraram um maior número de canais laterais obturados (verificados por radiografias), havendo diferença estatística quando comparados os diferentes terços nos 2 grupos. Apenas 13 dos 60 canais laterais simulados foram obturados após o uso de hidróxido de cálcio e 57 sem o seu uso.

GIMBEL; CORREA; LIN³⁴, em 2002, utilizaram 80 dentes (metade unirradiculados e metade multirradiculados) obturados com cimento de cimento de óxido de zinco e eugenol, sendo, então, desobturados parcialmente, realizando-se preparo para colocação de pino. Foram divididos experimentalmente em quatro grupos: A – espaço do preparo preenchido com pasta de hidróxido de cálcio (30 dentes); B – espaço do preparo não preenchido com pasta de hidróxido de cálcio (30 dentes); C – grupo controle negativo (10 dentes) e D – grupo controle positivo (10 dentes). Após 30 dias, a infiltração coronária com azul de metileno a 2% com uso de vácuo não mostrou diferença estatística da obturação nos grupos com e sem utilização de hidróxido de cálcio. Os autores relataram a possibilidade de ficarem

resquícios de hidróxido de cálcio após a remoção do curativo, que foi feita com hipoclorito de sódio a 1%, já que alguns espécimes mostraram infiltração bem menor que no grupo sem uso do hidróxido de cálcio.

Também em 2002, KIM; KIM⁵⁵ avaliaram a influência do hidróxido de cálcio, usado como curativo, e as duas diferentes técnicas para sua remoção na capacidade seladora de obturações com guta-percha associada a um cimento à base de óxido de zinco e eugenol (TubliSeal). 80 molares foram divididos em 3 grupos, sendo que 2 grupos receberam curativo de hidróxido de cálcio e o outro, controle, não. Após uma semana, o curativo foi removido utilizando-se duas técnicas diferentes: uso de uma lima um número maior que o instrumento memória associado à irrigação com hipoclorito de sódio a 2,5% e EDTA 15% ou lima de mesmo número do instrumento memória associado à irrigação com hipoclorito de sódio a 2,5%. Após a obturação, o corante nanquim foi utilizado para medir a infiltração, sendo que os grupos com uso de hidróxido de cálcio mostraram infiltração significativamente maior que o grupo sem hidróxido de cálcio (controle), não havendo diferença entre os grupos onde o hidróxido de cálcio foi utilizado.

ÇOBANKARA et al.¹⁷, em 2002, avaliaram quantitativamente a microinfiltração apical de 40 dentes, divididos em 4 grupos obturados por condensação lateral com os cimentos: AH Plus, RoekoSeal, Ketac Endo e Sultan. Usaram um método de filtração de fluído, sendo a infiltração medida pelo movimento de uma bolha de ar dentro de uma micropipeta de 25 µL (Microcaps) conectado à porção coronária das raízes, a qual, juntamente com um seringa e tubos plásticos conectados ao lado apical dos espécimes, ficavam preenchidos com água destilada. Uma bolha de ar foi criada e posicionada adequadamente no capilar, por meio de pressão forçada da água de volta para a micropipeta. Finalmente, um tanque com O₂ proporcionou pressão de 3 psi (0,2 atm), forçando a água através dos espaços ao longo das obturações, deslocando, conseqüentemente, a bolha de ar no capilar, pelo transporte da água. O volume do transporte de fluído foi medido observando-se o movimento da bolha de ar em intervalos de 2 minutos, durante 8 minutos, sendo

calculado, então, uma média. O transporte de água através dos espaços existentes nos canais obturados foi utilizado da mesma forma para avaliar a qualidade do selamento de cada espécime após 7, 14 e 21 dias. A análise estatística mostrou que todas as infiltrações foram menores no período de 21 dias, sendo que as obturações com Sultan mostraram infiltrações significativamente maiores que os outros cimentos. Concluíram que as obturações pela técnica da condensação lateral com Roeko Seal, mostraram melhor selamento que os outros cimentos após 21 dias. A filtração de fluído, usada nesse estudo, forneceu resultados quantitativos e permitiu avaliação por longo período sem destruição dos espécimes. Os autores relataram que esse método tem se mostrado mais sensível que a penetração de corante para a detecção de falhas ao longo de toda a obturação, além de ser facilmente reproduzível. Esse tipo de sistema evita algumas desvantagens de outras metodologias, sendo que suas maiores vantagens são a capacidade de medir microinfiltração sem destruir os espécimes e permitir observações repetitivas da capacidade seladora do mesmo espécime ao longo do tempo. O uso de pressão positiva, como a usada nesse método, ajuda a evitar alguns problemas causados pelo ar ou fluído aprisionados na obturação, que podem distorcer os resultados de estudos com infiltração de corantes. A sensibilidade do sistema pode ser ajustada, alterando-se a pressão usada e o diâmetro da micropipeta.

MICHAILESCO; BOUDEVILLE⁷¹, em 2003, compararam a microinfiltração por percolação de microesferas de látex, calibradas com diâmetro equivalente a uma bactéria (0,4 – 9,5 μm), e 3 espécies bacterianas (*Actinomyces odontolyticus*, *Lactobacillus acidophilus* e *Pseudomonas fluorescens*), em dentes obturados usando técnicas com e sem compressão. A profundidade à qual as microesferas e bactérias penetraram variou de acordo com o tempo de contaminação. A análise estatística mostrou que *A. odontolyticus* e *L. acidophilus* comportam-se como partículas de 4,8 μm e *P. fluorescens* como partículas de 2,2 μm (correspondendo aproximadamente ao seu comprimento). Ainda, as técnicas sem compressão apresentaram-se menos herméticas que as com compressão. Observou-se que o

deslocamento das partículas calibradas ao longo do tempo é causado por fenômeno de difusão.

Também em 2003, ALMEIDA et al.⁴ compararam 3 diferentes métodos *in vitro* usados para avaliar microinfiltração em restaurações classe II, restauradas com 5 diferentes marcas comerciais de resina. Após restauração e termociclagem, os espécimes foram armazenados e imersos, seqüencialmente, em 3 soluções: a primeira contendo ⁴⁵Ca (por 2 horas), em seguida azul de metileno a 0,5% (pH 3,6 – 10 horas) e, finalmente, Rodamina B a 0,5% (pH 2,5 - 10 horas). Após seccionamento longitudinal mesiodistal, os dentes foram autorradiografados para medição do ⁴⁵Ca. Para o azul de metileno foram realizadas imagens digitais e análise em aumento de 36X. Para a técnica fluorescente da Rodamina B, as imagens foram obtidas com microscopia de varredura de laser confocal de argônio. A infiltração foi marcada com escores de 1 a 4. Os resultados mostraram que a Rodamina B detectou mais microinfiltração que o ⁴⁵Ca, o qual detectou mais microinfiltração que o azul de metileno. Concluíram que os resultados de estudos de microinfiltração que usam corantes/marcadores diferentes não devem ter seus resultados comparados.

CAMPS; PASHLEY¹⁵, em setembro de 2003, desenvolveram um estudo com o objetivo de comparar o método clássico de penetração de corante (com azul de metileno tamponado a 2% por 24 horas) com um método de extração de corante*. Um método de filtração de fluido (FLODEC – 15 cm H₂O de pressão) foi usado como controle. Utilizaram-se 40 dentes obturados pela técnica da condensação lateral com 4 cimentos diferentes (Pulp Canal Sealer, Sealapex, AH Plus, e Ketac Endo). O selamento foi avaliado nos mesmos dentes pelos 3 métodos, sucessivamente: filtração de fluido, penetração com azul de metileno a 2% e um novo método, no

* Metodologia primeiramente descrita por:

ZAKARIASEN, K.L.; DOUGLAS, W.H.; STADEM, P. Comparison of volumetric and linear measurements of root canal leakage. **J. dent. Res.**, v.60, p.627, 1981, Special Issue /abstract 1273/.

qual as raízes foram dissolvidas por imersão dos dentes em 600 µL de ácido nítrico a 65% por 3 dias, sendo, então, centrifugados a 1400rpm, por 5 minutos, para separar os restos de guta-percha do corante extraído. 200 µL do sobrenadante foram removidos de cada amostra e tiveram sua absorbância medida em espectrofotometria. O resultado da clássica penetração de corante não mostrou diferença entre os cimentos, nem correlação com as outras 2 técnicas de avaliação. A filtração de fluído e a extração de corante mostraram que o Sealapex apresentou o maior grau de infiltração apical, havendo correlação significativa entre os resultados desses 2 métodos. Esse estudo mostrou a limitação dos clássicos estudos de penetração de corantes, sendo que o método de extração de corante, por dissolução das raízes, além de apresentar os mesmos resultados que a filtração de fluído, economizou tempo de laboratório.

A infiltração coronária foi analisada por KOPPER et al.⁵⁹, em 2003, em obturações realizadas com 3 diferentes cimentos: AH Plus, Sealer 26 e Endofill. Para esse estudo, utilizaram-se 80 pré-molares de 8 cães, que foram desobturados parcialmente e deixados por 45 dias abertos na cavidade oral. Após o sacrifício dos cães, os canais foram preenchidos com nanquim por 96 horas e depois se procedeu à extração dos dentes, que foram diafanizados para medição da extensão da infiltração. Nenhum cimento foi capaz de prevenir infiltração e penetração coronária de corante. As médias para o AH Plus, Endofill e Sealer 26 foram, respectivamente, 0,13, 2,27 e 3,08 mm.

Em 2004, HOLLAND et al.⁴⁴ avaliaram a capacidade de cones de guta-percha contendo hidróxido de cálcio na melhora do selamento apical após a obturação do canal e, ainda, a possibilidade de somente o cone principal promover essa melhora. Utilizaram canais obturados pela técnica da condensação lateral com cimento de óxido de zinco e eugenol, divididos em 3 grupos experimentais: cones de guta-percha principal e secundário convencionais, principal e secundários contendo hidróxido de cálcio ou principal contendo hidróxido de cálcio e secundários convencionais. Os dentes obturados foram imersos em azul de metileno a 2% com

uso de vácuo por 24 horas, sendo que as menores infiltrações foram observadas nos dentes obturados com as pontas de guta-percha contendo hidróxido de cálcio. Pode-se concluir que essas pontas proporcionam um melhor selamento apical e que esses resultados também podem ser obtidos utilizando-se somente o cone principal contendo hidróxido de cálcio associado a cones secundários convencionais. Ainda, os autores acreditam que o hidróxido de cálcio de dentro do cone possa ser liberado durante a obturação, sendo convertido em carbonato de cálcio.

Recentemente, RAJPUT; JAIN; PATHAK⁸⁵ (2004) realizaram um estudo de infiltração *in vitro* para comparar a microinfiltração apical, por meio da utilização do Vitapex (pasta de hidróxido de cálcio) como material obturador, em obturações realizadas com a técnica do cone único, um cimento à base de óxido de zinco e eugenol contendo hidróxido de cálcio (Dentalis KEZ) e cimento de óxido de zinco e eugenol puro, usados com a técnica da condensação lateral. Após 7 dias de presa, imersão em azul de metileno a 2% e diafanização, a medição linear das infiltrações apresentou as seguintes médias: no grupo de dentes obturados com cone único e Vitapex, média de 0,566 mm; no grupo de condensação lateral e Dentalis KEZ como cimento, média de 0,786 mm e no grupo onde utilizou-se condensação lateral e cimento de óxido de zinco e eugenol, 1,26 mm. Os resultados mostraram que o material à base de hidróxido de cálcio infiltrou relativamente menos quando comparado ao cimento de óxido de zinco e eugenol, propiciando um adequado selamento apical contra a infiltração de corante.

3 Proposição

3 PROPOSIÇÃO

A revisão de literatura deixa claro a complexidade de metodologias para avaliar a capacidade seladora dos diversos materiais e técnicas obturadoras devido, principalmente, à grande variabilidade de fatores que podem influenciá-las. Ainda, a influência do curativo de hidróxido de cálcio sobre os resultados dos testes de avaliação da capacidade seladora das obturações é claramente demonstrada e questionada.

Portanto, a proposta do nosso trabalho é avaliar a influência do curativo de hidróxido de cálcio sobre o grau de infiltração marginal apical das obturações de canais pela técnica da condensação lateral com cimento de óxido de zinco e eugenol, utilizando-se de duas metodologias:

1 - Sistema de Transporte de Fluido;

2 - Infiltração de corantes:

2.1 - azul de metileno a 0,5%;

2.2 - Rodamina B a 0,2%.

4 Material e Métodos

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material

4.1.1. Hidróxido de cálcio P.A. (Biodinâmica – Paraná/Brasil).

4.1.2. Cimento de óxido de zinco e eugenol (SS White).

A proporção empregada nos experimentos foi de 1,8 g de óxido de zinco para cada 1 mL de eugenol. O cimento foi espatulado em placa de vidro lisa, plana e limpa, por 60 segundos, com uma espátula de metal nº 24 flexível.

4.1.3. Cones de Guta-percha – principal nº 60 e acessórios R8, da Tanari (Tanariman Industrial Ltda. – Ind. Bras.).

4.1.4. Teste com Infiltração de Corantes

4.1.4.1. Azul de metileno – Solução aquosa de azul de metileno a 0,5% tamponada com fosfato dissódico 0,5 M, pH 7,0.

4.1.4.2. Rodamina B – Solução aquosa de Rodamina B a 0,2% tamponada com fosfato dissódico 0,5 M, pH 7,0.

4.1.5. Estufa de Cultura Orion com controlador microprocessado modelo 502C (FANEM – São Paulo – Brasil).

4.1.6. Câmera Digital Sony DSC-S85, com 4.1 Megapixels.

4.1.7. Anel adaptador Nikon VAD-S70 para adaptação de lentes **close-up** Tiffen com aumentos de 2X e 4X.

4.1.8. Software UTHSCSA ImageTool para Windows versão 3.0¹.

¹ The University of Texas Health Science Center in San Antonio - 2002

4.1.9. Sistema de transporte de fluido

O sistema de transporte de fluido é um sistema de tubos preenchidos com água destilada sob pressão constante. Constitui-se de (**Figura 1**):

- a) compressor** com registro de saída de ar, com controle de pressão e manômetro;
- b) mangueira plástica** para levar o ar do compressor ao cilindro;
- c) cilindro metálico**² com capacidade para 20 L e manômetro com registros de entrada (b1) e saída (b2). Na saída de ar foi feita uma adaptação para a conexão de uma mangueira plástica de diâmetro interno de 25 μ L;
- d) mangueira plástica** com volume interno de 25 μ L;
- e) capilar de vidro**³ com volume interno de 25 μ L e 65 mm de comprimento;
- f) régua plástica** transparente;
- g) adaptador com 3 saídas** para conexão das mangueiras;
- h) seringa de vidro** de 10 cc com êmbolo rosqueável⁴;
- i) agulha metálica veterinária tipo Luer 25X18** adaptada, encurtando-se o comprimento da agulha para 10 mm;
- j) bequer** de 200 mL.

O compressor proporciona uma pressão que é regulada para 10 psi e mantida constante por ajuste do registro e aferição no manômetro, a qual pressuriza o cilindro, que é preenchido parcialmente com água destilada. A pressurização faz com que a água seja impulsionada pela saída do cilindro e preencha todo o sistema de mangueiras, capilar de vidro e seringa, mantendo todo o sistema sob pressão constante, até a agulha metálica adaptada, onde será conectado o espécime a ser testado.

² Millipore Corporation – Massachusetts/EUA

³ MICROCAPS (Drummond Scientific Co. – EUA)

⁴ Manostat Corp. - EUA

Figura 1 –
Sistema de transporte de fluídos

4.2. Métodos

4.2.1. Preparo dos espécimes

Selecionou-se radiograficamente dentes unirradiculados extraídos e armazenados em solução de formol a 10% com apenas um canal radicular, através de tomadas radiográficas nos sentidos mesiodistal e vestibulolingual. Esses dentes tiveram suas coroas seccionadas na altura da junção amelocementária, com discos de carborundum, obtendo-se uma padronização do comprimento dos espécimes entre 12 e 15 mm. Foram escolhidas 70 raízes cujos forames apicais tivessem diâmetros menores ou iguais ao da ponta de uma lima tipo K nº 45⁵.

O diâmetro dos forames apicais das raízes foi padronizado, pela ampliação seqüencial dos mesmos, até que uma lima do tipo K nº 45 tivesse a extremidade de sua guia de penetração ultrapassando cerca de 1 mm além do forame. Realizou-se, então, o preparo biomecânico dos canais para a confecção de um degrau apical a 1 mm aquém do forame apical pela técnica escalonada regressiva, tendo como instrumento memória a lima tipo K nº 60 e recuo progressivo até lima tipo K nº 80, para escalonamento do preparo. Durante toda a instrumentação realizou-se irrigações com solução de hipoclorito de sódio a 1%, utilizando-se cerca de 1 mL da solução a cada troca de instrumento. Realizou-se a limpeza final do forame com a lima tipo Kerr nº 45, certificando-se da desobstrução do mesmo; seguiu-se irrigação final com soro fisiológico, sempre observando se havia fluxo pelo forame apical e refluxo pela embocadura do canal.

A seguir, os canais foram secos por aspiração e inundados com solução de EDTA⁶ a 17% , por três minutos; a irrigação final foi realizada com soro fisiológico.

⁵ DENTSPLY – Maillefer - Suíça

⁶ ODAHCAM – HERPO Produtos Dentários Ltda., Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Após secagem dos canais, por aspiração e com pontas de papel absorvente, formou-se dois grupos compostos por 32 raízes cada, separando-se os dentes por características morfológicas e comprimento das raízes, buscando a maior homogeneização possível dos grupos e suas amostras. Em um dos grupos todos os canais foram preenchidos com pasta preparada com 0,4 mL de propilenoglicol (veículo hidrossolúvel que proporciona uma pasta de consistência cremosa) e 0,560 g de hidróxido de cálcio P.A., que eram espatulados até obter-se uma consistência cremosa e uniforme e, então, levada ao interior dos canais utilizando-se um espiral de Lentulo acionada em motor de baixa-rotação. A pasta foi levada até que seu extravasamento ocorresse via ápice. As porções coronárias foram seladas com uma bolinha de algodão, para condensação da pasta, e cimento restaurador provisório Cimpat⁷. Os espécimes foram fixados verticalmente em uma placa de cera utilidade com suas porções coronárias direcionadas para baixo. A porção apical foi coberta com um capuz da mesma pasta de hidróxido de cálcio, assegurando-se do preenchimento total da porção apical com a mesma. Os espécimes foram, então, mantidos pelo período de 15 dias em estufa a 37°C. Nesse mesmo período, a outra metade dos espécimes foi mantida em ambiente com umidade 100%.

Após esse período, foram removidas as restaurações provisórias, bolinhas de algodão e curativos de hidróxido de cálcio, com irrigação abundante de soro fisiológico e imagem discreta com o instrumento memória.

Após secagem dos canais, todos os espécimes, tanto os que receberam o curativo como os que não o receberam, tiveram suas superfícies externas impermeabilizadas com a aplicação de duas camadas de esmalte para unhas, preservando-se uma área desnuda de 1 mm ao redor do forame apical.

Realizou-se a seleção dos cones de guta-percha principais feita pela medição dos mesmos com régua milimetrada e pelo teste de travamento para comprovação da adaptação do cone ao batente apical, com posterior comprovação

⁷ Cimpat blanc cimento provisório – SEPTODONT, Saint-Maur, France.

radiográfica da distância de 1 mm da extremidade do cone ao forame apical. Os canais foram obturados com cimento de óxido de zinco e eugenol, proporcionados e manipulados conforme descrito anteriormente, pela técnica da condensação lateral ativa. O cimento foi levado ao interior dos canais com o próprio cone principal. O completo preenchimento dos mesmos foi observado via apical, mostrando uniformidade no seu preenchimento. Os cones principais foram, então, introduzidos até sua adaptação ao batente apical e os excessos de cimento extravasados pelo forame foram removidos com o auxílio de gaze. A condensação lateral ativa foi realizada utilizando-se um espaçador digital B⁸, que era pressionado apicalmente para assentamento do cone e abertura de espaço para os cones acessórios R8, colocando-se a quantidade necessária de cones acessórios para que o espaçador digital só penetrasse no terço coronário dos segmentos radiculares. O excedente coronário dos cones de guta-percha foi cortado com um condensador tipo Paiva aquecido e a condensação vertical realizada, deixando-se uma margem de cerca de 2 mm do canal radicular livre de material obturador, para receber, no momento oportuno, o selamento coronário. A limpeza da porção cervical do canal radicular foi realizada com bolinhas de algodão embebidas em álcool.

As seis raízes restantes formaram os grupos controle e não tiveram os canais obturados. Usou-se 3 para o controle negativo, com impermeabilização total, inclusive do forame apical, para comprovar a qualidade da impermeabilização das superfícies externas das raízes e 3 como controle positivo, sem obturação do canal, com os forames abertos, para comprovação da eficácia dos métodos utilizados para a determinação da infiltração pelas duas metodologias.

Assim, os espécimes foram divididos formando 4 grupos, sendo 2 experimentais e 2 grupos controle (**Tabela 1**):

⁸ Maillefer/Dentsply

Tabela 1 – Distribuição dos espécimes e identificação dos grupos

Grupos	Cimentos	nº de espécimes
I	SEM curativo de Ca(OH)_2	32
II	COM curativo de Ca(OH)_2	32
controle positivo	-	3
controle negativo	-	3
TOTAL		70

Todas as raízes foram identificadas, possibilitando a análise do desempenho individual de cada espécime desde o início até o fim dos experimentos. Os espécimes foram mantidos em ambiente úmido a 37°C por uma semana.

4.2.2. Teste de Infiltração Marginal Apical com Sistema de Transporte de Fluido

Para esse teste, os espécimes receberam uma adaptação para serem ligados ao sistema de transporte de fluido. Tubos de látex⁹ com diâmetro total de 5 mm e diâmetro interno de 3 mm, foram cortados em segmentos de 1,5 cm de comprimento. Dentro de cada um desses segmentos de tubos de látex foi colocada uma raiz, introduzindo sua porção apical sob pressão, deixando cerca de 1 a 2 mm da porção coronária para fora do mesmo. Para fixação, evitando que a expulsividade das raízes possibilitasse o deslocamento do tubo de látex, foram utilizadas abraçadeiras de plástico¹⁰ com 10 mm de comprimento por 2,5 mm de largura, as quais travam após serem apertadas sob os tubos de látex, mantendo-os em posição ao redor das raízes. Ainda, para certificarmos do selamento na interface tubo de látex/raiz, utilizamos Adesivo Instantâneo¹¹ no colar cervical que ficou desnudo, criando uma impermeabilização dessa interface (**Figura 2**).

⁹ Auriflex Ind. E Com. Ltda.- São Roque – SP - Brasil

¹⁰ SapiSelco - Itália

Figura 2 – Raízes preparadas para o teste de infiltração apical com o Sistema de Transporte de Fluido

Os espécimes foram levados individualmente ao sistema de transporte de fluido, conectando a porção livre dos tubos de látex à extremidade livre da agulha metálica tipo Luer adaptada, correspondente àquele encaixe que conectaria essa agulha a uma seringa. Essa conexão foi feita estirando-se o tubo de látex que, após o ajuste, mantinha a conexão totalmente selada pela pressão de sua parede interna contra a superfície metálica da agulha. Esse aparato raiz/tubo de látex/agulha metálica adaptada foi imerso no béquer com água destilada, mantendo a porção coronária sempre imersa em água, evitando-se a ação de capilaridade durante toda a medição (**Figura 3**).

¹¹ Super-Bonder de Precisão - Loctite

Figura 3 – Conexão Espécime/Sistema de Transporte de Fluido

- a)** mangueira com água pressurizada
- b)** agulha metálica Luer adaptada
- c)** segmento de tubo de látex
- d)** abraçadeira de plástico
- e)** raiz com o canal obturado

Após a realização da conexão, uma bolha de ar era criada e posicionada no tubo capilar de vidro (fixado sobre a régua) com o auxílio da seringa de vidro com êmbolo rosqueável. Essa bolha era colocada na posição correspondente a 0 mm. O movimento da bolha foi medido durante 2 minutos, realizando-se 4 medições, totalizando 8 minutos para cada espécime. O movimento da bolha é proporcionado pelo volume da água que foi forçada, sob pressão de 10 psi, através dos espécimes e conseguiu penetrar nos espaços da obstrução dos canais. Todas as medições foram feitas em milímetros inteiros ou metade de milímetros, sendo tabuladas, para posterior cálculo do deslocamento total da bolha e médias.

A medição em milímetros pode ser convertida em fluxo (F) utilizando-se a fórmula:

$$F = \frac{25 \mu\text{L} \times x \text{ mm}}{65 \text{ mm} \times y \text{ min}}$$

Onde 25 μL e 65 mm correspondem, respectivamente, ao volume e comprimento do tubo capilar e:

x mm = deslocamento da bolha de ar, em milímetros;

y min = período da medição, em minutos.

O único parâmetro não constante nesse trabalho é a distância percorrida pela bolha de ar. A unidade da medição de fluxo é, portanto, $\mu\text{L}/\text{min}$.

Entre a troca dos espécimes, ou seja, quando não havia espécime conectado à agulha metálica, o sistema de transporte de fluído foi mantido pressurizado ocluindo-se a mangueira logo antes da agulha, com uma pinça hemostática com sua ponta revestida por borracha, evitando o seccionamento da mangueira.

Os espécimes foram mantidos em ambiente com 100% de umidade a 37°C até serem submetidos ao teste de infiltração apical com corantes.

4.2.3. Teste de Infiltração Marginal Apical com uso de corantes

Após o teste de infiltração marginal apical com o sistema de transporte de fluído, os tubos de látex foram removidos, realizando-se o selamento coronário, com cimento temporário Cimpat¹² e uma camada de cera rosa nº 7 derretida. Uma nova camada de esmalte para unhas foi aplicada para impermeabilizar alguma área

¹² Cimpat blanc cimento provisório – SEPTODONT, Saint-Maur, France.

possivelmente danificada durante a remoção do tubo de látex, devido à ação do adesivo instantâneo.

Os 64 espécimes com os canais obturados foram, então, subdivididos em 4 subgrupos de 16 espécimes cada. Dos 32 que não receberam curativo de hidróxido de cálcio previamente à obturação, 16 espécimes foram levados à imersão em solução de azul de metileno a 0,5% e 16 em Rodamina B 0,2%. O mesmo foi feito com o grupo que recebeu curativo previamente à obturação. Desse modo, os espécimes ficaram assim divididos (**Tabela 2**):

Tabela 2 – Distribuição dos espécimes e identificação dos grupos, de acordo com os corantes utilizados

Grupos	Subgrupos	nº de espécimes
SEM curativo de Ca(OH)_2 (32 raízes)	Azul de metileno	16
	Rodamina B	16
COM curativo de Ca(OH)_2 (32 raízes)	Azul de metileno	16
	Rodamina B	16
controle positivo	-	3
controle negativo	-	3
TOTAL		70

As raízes foram, de acordo com seu subgrupo, imersas em solução aquosa de azul de metileno a 0,5% ou solução de Rodamina B a 0,2%. Essas soluções foram preparadas com solução tampão, em pH 7,0. Os espécimes de cada grupo foram colocados em recipientes plásticos distintos e identificados contendo os corantes, ficando submersos no mesmo. Os frascos contendo as raízes foram fechados e levados à estufa a 37 °C pelo período de 72 horas.

Após esse período, removeu-se as raízes das soluções corantes, removendo o excesso do mesmo, e deixando-as em água corrente durante 12 horas.

As impermeabilizações externas de cera e esmalte para unhas foram removidas com auxílio de uma espátula LeCron e as raízes lavadas e escovadas sob água corrente.

Realizou-se sulcos longitudinais com discos de carborundum nas superfícies vestibular e lingual das raízes até as proximidades da obturação. As raízes foram, então, fraturadas com auxílio de uma espátula, em alavanca, obtendo-se duas hemisecções. As obturações foram inteiramente removidas, possibilitando a visualização de todas as paredes do canal radicular.

A captura de imagem de ambas as hemisecções de todos os espécimes, foi realizada com uma câmera digital Nikon DSC-S85, fixada em um tripé, com zoom óptico de 3X e função macro selecionada, para diminuir a distância lente-objeto, com lentes close-up de 2X e 4X. As imagens foram capturadas sob as mesmas condições de luminosidade, utilizando-se uma lâmpada para esse controle, e mesmas definições de imagem (dimensão de 2272x1704, no formato .jpg com aproximadamente 1,7 megabytes cada), sempre com uma régua milimetrada próxima da porção apical das raízes (**Figura 4 e 5**).

Figura 4 – Ilustração da captura de imagem

a) espécime seccionado	c) câmera fotográfica
b) régua	d) fonte de luz

Figura 5 – Imagens digitalizadas dos espécimes seccionados

a) espécime do grupo imerso em azul de metileno

b) espécime do grupo imerso em Rodamina B

Essas imagens foram, então, transferidas para um computador e as infiltrações foram medidas com o auxílio do programa ImageTool. Esse programa possibilita o aumento de 2X, 4X ou até 8X da imagem. Após o aumento de 4X, os pixels (unidades ou pontos de formação da imagem digital) começavam a ficar muito evidentes, comprometendo a qualidade da imagem. Portanto, o aumento de 8X só foi utilizado em casos de dúvida da marcação do corante e no momento de calibração do programa. Essa calibração consiste em estabelecer uma equivalência entre uma quantidade de pixels e uma distância conhecida, possibilitando a conversão de um traço visto na tela do monitor em uma unidade métrica conhecida. Para isso, aumentamos ao máximo as imagens e traçamos, com o programa, uma linha equivalente ao espaço entre 2 riscos da régua, ou seja, 1 milímetro. O programa então mostra a quantidade de pixels e solicita que seja informada a equivalência daquele traço, onde colocamos, então, 1 mm. A partir daí, todas as

medidas traçadas são fornecidas em milímetros. Aqui se justifica a importância de que todas as imagens sejam capturadas na mesma distância lente-objeto, para que não se necessite estar calibrando o programa entre uma medição e outra (**Figura 6**).

Figura 6 – Programa ImageTool

- a) região apical aumentada
- b) linha de medição da infiltração linear
- c) régua
- d) medida (em mm)

Ambas hemisecções foram avaliadas, considerando o valor mais profundo desde a porção mais coronária da marcação do corante até a porção mais apical em linha reta. É interessante lembrar que o cimento utilizado foi o mesmo para todos os espécimes e em todos eles ocorreu o completo preenchimento do canal cementário, possibilitando, portanto, uma padronização de medição.

As medições foram realizadas por 2 examinadores (devidamente calibrados), havendo comparações e discussão até a concordância das medições conflitantes encontradas, o que raramente ocorreu.

Os valores foram tabulados e as médias de infiltração calculadas para cada grupo.

4.3. Análise Estatística

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do **Software SigmaStat para Windows versão 1.0¹³**, comparando-se os 2 grupos submetidos ao teste de infiltração com o sistema de transporte de fluído entre si, o mesmo sendo realizado entre os grupos que foram levados ao corante azul de metileno entre si e os da Rodamina B, também entre si. Foram aplicados os testes estatísticos não paramétricos Mann-Whitney, para comparação entre 2 grupos, e Kruskal-Wallis, de análise de variância a um critério, para comparações múltiplas, nos grupos que não passaram pelo teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov e teste-T para os grupos dentro da normalidade.

Em todos os testes foi adotado nível de significância de 5%.

¹³ Jandel Scientific

5 Resultados

5 RESULTADOS

Os resultados estão apresentados na forma de tabelas, e foram divididos nos seguintes tópicos:

5.1. Infiltração Marginal Apical com Sistema de Transporte de Fluido

Os resultados encontrados após as medições realizadas com o sistema de transporte de fluido constam na **Tabela 3**, para os 32 espécimes que não receberam curativo de demora de hidróxido de cálcio previamente à obturação:

Tabela 3 – Distância (em mm) percorrida pela bolha de ar a cada 2 minutos, o total percorrido no período de 8 minutos e a média aritmética dos espécimes do grupo que não recebeu hidróxido de cálcio previamente à obturação

amostra	2 min	4 min	soma	6 min	soma	8 min	Total
1.	1,5	2,0	3,5	2,5	6,0	1,0	7,00
2.	4,0	1,5	5,5	2,0	7,5	2,0	9,50
3.	4,5	1,5	6,0	3,0	9,0	0,5	9,50
4.	6,0	1,5	7,5	3,5	11,0	1,0	12,00
5.	7,0	5,5	12,5	5,5	18,0	3,5	21,50
6.	3,0	1,5	4,5	2,0	6,5	1,5	8,00
7.	5,0	2,5	7,5	3,0	10,5	1,0	11,50
8.	4,5	5,5	10,0	3,5	13,5	5,0	18,50
9.	7,0	4,0	11,0	5,5	16,5	3,0	19,50
10.	5,0	2,5	7,5	4,0	11,5	2,0	13,50
11.	1,5	4,0	5,5	2,0	7,5	3,5	11,00
12.	3,5	2,5	6,0	3,5	9,5	1,5	11,00
13.	3,5	3,0	6,5	2,0	8,5	2,0	10,50
14.	3,5	2,0	5,5	2,0	7,5	1,5	9,00
15.	2,5	3,5	6,0	1,5	7,5	2,5	10,00
16.	3,0	2,0	5,0	2,0	7,0	2,0	9,00
17.	1,5	3,0	4,5	1,0	5,5	1,5	7,00
18.	2,5	2,5	5,0	1,0	6,0	2,0	8,00
19.	4,5	3,0	7,5	2,5	10,0	1,5	11,50
20.	4,5	4,0	8,5	2,5	11,0	2,5	13,50
21.	5,5	4,5	10,0	1,5	11,5	3,5	15,00
22.	2,5	2,0	4,5	1,0	5,5	1,5	7,00
23.	1,0	2,0	3,0	0,5	3,5	1,5	5,00
24.	6,5	2,0	8,5	1,5	10,0	1,0	11,00
25.	5,0	5,5	10,5	3,0	13,5	5,0	18,50
26.	4,5	2,5	7,0	3,0	10,0	2,5	12,50
27.	3,5	2,5	6,0	2,5	8,5	2,0	10,50
28.	3,0	2,5	5,5	2,5	8,0	2,0	10,00
29.	4,0	3,0	7,0	2,5	9,5	2,0	11,50
30.	3,5	2,0	5,5	2,0	7,5	1,5	9,00
31.	3,5	2,5	6,0	2,0	8,0	2,0	10,00
32.	5,0	2,0	7,0	2,5	9,5	1,0	10,50
total geral							361,50
média geral							11,30

Os resultados encontrados para os espécimes que receberam curativo de demora de hidróxido de cálcio antes da obturação, após as medições realizadas com o sistema de transporte de fluido, constam na **Tabela 4**:

[illegible]

A **Tabela 5** mostra um resumo da estatística descritiva dos dados obtidos com o sistema de transporte de fluído nos grupos sem (SEM HC) e com (COM HC) uso de curativo de demora de hidróxido de cálcio previamente à obturação, bem como o fluxo médio permitido por cada grupo, obtido usando-se a tabela de conversão da distância percorrida pela bolha de ar no capilar em fluxo (vide material e métodos).

Tabela 5 – Tabela mostrando os dados dos grupos sem e com curativo de hidróxido de cálcio, previamente à obturação, submetidos ao teste de infiltração marginal apical com o sistema de transporte de fluído.

grupo	n° de espécimes	$\bar{x} \pm dp$ (mm)	Mediana (mm)	Fluxo Médio ($\mu\text{L}/\text{min}$)
SEM HC	32	$2,83 \pm 0,95$	2,63	0,544
COM HC	32	$2,71 \pm 0,96$	2,50	0,521

Foi realizado o teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov, o qual falhou, indicando que os dados variaram significativamente do padrão esperado para uma distribuição normal ($p=0,0002$). A análise estatística foi, então, realizada com o teste não paramétrico Mann-Whitney, mostrando que os valores da mediana entre os dois grupos não foi grande o suficiente para excluir a possibilidade de que essas diferenças se devam à variabilidade dos espécimes. Portanto, não há diferença estatisticamente significativa entre os 2 grupos ($p=0,6005$).

Os **anexos 1 a 4** acolhem os espécimes dos 2 grupos, subdivididos de acordo com a destinação de cada um deles para o corante azul de metileno ou Rodamina B. Um resumo da estatística descritiva desses grupos está na **Tabela 6**:

Tabela 6 – Tabela mostrando os dados dos grupos sem e com curativo de hidróxido de cálcio, previamente à obturação, submetidos ao teste de infiltração marginal apical com o sistema de transporte de fluído, subdivididos em função do corante em que foram, posteriormente, imersos

grupo	corante a ser imerso	nº de espécimes	$\bar{x} \pm dp$ (mm)	Mediana (mm)	Fluxo Médio ($\mu\text{L}/\text{min}$)
SEM HC	Azul de metileno*	16	$2,96 \pm 1,15$	2,69	0,517
	Rodamina B	16	$2,69 \pm 0,71$	2,57	0,494
COM HC	Azul de metileno	16	$2,67 \pm 0,79$	2,50	0,481
	Rodamina B*	16	$2,75 \pm 1,13$	2,50	0,481

*grupos que passaram no teste de normalidade

O teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov mostrou que os subgrupos sem hidróxido de cálcio/azul de metileno ($p=0,4080$) e com hidróxido de cálcio/Rodamina B ($p=0,3761$) passaram no teste de normalidade, isto é, os dados estão de acordo com o esperado em uma população de distribuição normal, enquanto os outros 2 subgrupos não (sem hidróxido de cálcio/Rodamina B, $p=0,0487$ e com hidróxido de cálcio/azul de metileno, $p=0,0017$). Para compará-los entre si, foi aplicado o teste Kruskal-Wallis, teste não paramétrico de análise de variância a um critério, mostrando não haver diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p=0,8709$).

Nenhum espécime do grupo controle negativo apresentou movimento da bolha dentro do capilar, ou seja, não houve passagem de água em seu conduto radicular, comprovando a qualidade da impermeabilização externa, enquanto o grupo controle positivo apresentou movimentação rápida da bolha de ar, mostrando o correto funcionamento da metodologia utilizada.

5.2. Infiltração Marginal Apical marcada pelo corante azul de metileno

Os resultados médios da infiltração marginal apical, em milímetros, de azul de metileno a 0,5% constatados nos dentes que receberam ou não curativo de demora de pasta de hidróxido de cálcio, e que já passaram pelo teste do sistema de transporte de fluido, estão apresentados na **Tabela 7**. O **anexo 5** contem todas as medições obtidas nesse teste.

Tabela 7 – Valores, em milímetros, das infiltrações marginais apicais, médias e medianas, de azul de metileno, nos espécimes que receberam ou não curativo de demora com hidróxido de cálcio.

Grupo	Infiltração Apical ($\bar{x} \pm dp$)	Mediana
SEM HC	3,50 $\pm$ 1,31	3,42
COM HC	2,14 $\pm$ 0,86	1,75

O teste estatístico Kolmogorov-Smirnov, indicou normalidade no grupo que não recebeu hidróxido de cálcio ($p=0,3718$), o mesmo não ocorrendo com o grupo que recebeu o curativo ($p=0,0394$). O teste-t foi aplicado, já que a comparação das amostras passou no teste de igualdade de variância ($p=0,0687$), mostrando que houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p=0,0015$).

5.3. Infiltração Marginal Apical marcada pelo corante Rodamina B

Os resultados médios da infiltração marginal apical, em milímetros, de Rodamina B a 0,2% constatados nos dentes que receberam ou não curativo de demora de pasta de hidróxido de cálcio, e que já passaram pelo teste do sistema de transporte de fluido, estão apresentados na **Tabela 8**. O **anexo 6** contem todas as medições obtidas nesse teste.

Tabela 8 – Valores, em milímetros, das infiltrações marginais apicais, médias e medianas de Rodamina B, nos dentes que receberam ou não curativo de demora com hidróxido de cálcio.

Grupo	Infiltração Apical ($\bar{x} \pm dp$)	Mediana
SEM HC	2,96 $\pm$ 1,09	2,76
COM HC	2,68 $\pm$ 1,27	2,38

O teste estatístico Kolmogorov-Smirnov indicou normalidade tanto no grupo sem ($p=0,5313$) quanto no com hidróxido de cálcio ($p=0,1954$). O teste-t foi aplicado, já que a comparação das amostras passou no teste de igualdade de variância ($p=0,5642$), mostrando que não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($p=0,5116$).

6 Discussão

6 DISCUSSÃO

6.1 Relevância dos testes de infiltração

As obturações deficientes têm sido responsabilizadas como a principal causa dos fracassos endodônticos^{3,20}. Em busca da obturação, o mais hermética possível, variadas técnicas e materiais foram desenvolvidos, buscando-se a proximidade com a perfeição do selamento do sistema de canais radiculares. Paralelamente ao aparecimento dessas inúmeras técnicas e variados materiais, seguiu-se a necessidade de avaliá-los, surgindo uma infinidade de trabalhos analisando tanto as propriedades biológicas como as propriedades físicas das obturações. Entre as propriedades físicas, a mais estudada é a capacidade de selamento dessas obturações, já que o vedamento o mais hermético possível do sistema de canais radiculares é o objetivo principal da fase de obturação da terapia endodôntica.

Segundo KIDD (1976) (em TAYLOR; LYNCH⁹⁵ - 1992), a microinfiltração pode ser definida como a passagem de bactérias, fluídos, moléculas e íons entre a parede da cavidade e o material restaurador aplicado a ela.

A capacidade de selamento, normalmente é avaliada por meio de testes de infiltração marginal, via apical ou coronária. Não existe uma padronização ou norma para esse tipo de teste, existindo, portanto, uma variabilidade muito grande desses testes.

Segundo TAYLOR e LYNCH⁹⁵ (1992), vários métodos são utilizados para avaliar a infiltração: uso de bactérias, ar comprimido, marcadores químicos e radioativos, estudos eletroquímicos, microscopia eletrônica de varredura e, o mais comum, uso de penetração de corantes. Esses métodos também têm sido utilizados em graus variáveis de sucesso no estudo dos materiais endodônticos atuais. Os estudos são feitos *in vitro* e *in vivo*, sendo o primeiro mais comum. Os estudos *in*

vitro podem ser divididos em 2 categorias: aqueles que usam um modelo clinicamente relevante que tenta reproduzir a situação da cavidade oral e aquele em que os modelos não representam isso e são puramente um teste do comportamento dos materiais.

Algumas metodologias tentam avaliar quantitativamente a qualidade das obturações utilizando-se de corantes, como o método de recuperação do corante, que mede o volume de corante que penetrou na “falha da obturação”, através da dissolução da raiz em ácido nítrico, após período de imersão no corante, medindo a densidade óptica da solução em espectrofotometria, como descrito por CAMPS; PASHLEY^{15,100} (2003).

Ainda, a técnica eletromecânica foi utilizada algumas vezes para a medição volumétrica da infiltração marginal, como utilizaram AMDITIS; BRYANT; BLACKLER⁵ (1993). Essa metodologia parece ser um meio bastante objetivo para medir infiltração no canal, possibilitando a medição contínua da infiltração em diversos períodos sem destruição do espécime, obtendo-se medições quantitativas que podem ser facilmente comparadas e analisadas, com a vantagem de ser capaz de gravar o tempo em que a maior infiltração ocorreu, o que não é possível com corantes. No entanto, possui algumas características que podem pôr em dúvidas sua confiabilidade, como a dissolução exagerada do cimento e a formação de produtos de oxidação ao redor dos anodos, o que tende a afetar a leitura dos resultados²². Outra desvantagem é que o eletrólito deve penetrar totalmente para que se possa registrar uma fenda e a infiltração parcial não pode ser medida⁶⁷.

A infiltração marginal *in vitro* com bactérias também tem sido muito utilizada⁶⁸, como por BARTHEL et al.¹⁰ (1999). Contudo, esses autores atentam para o fato de que os resultados de testes de infiltração com bactérias *in vitro* não podem ser extrapolados para condições *in vivo*, pois, o número de bactérias ou LPS necessários para iniciar um processo inflamatório é indeterminado, alertando que os

fatores imunológicos *in vivo* são extremamente relevantes, mas são dificilmente reproduzíveis em estudos *in vitro*.

O uso de outro elemento, que não um marcador, vem sendo bastante utilizado, principalmente a penetração de ar e água dentro das falhas da obturação, medindo-se o volume por eles penetrado.

Essas metodologias têm as principais vantagens de serem facilmente reproduzíveis e de não destruírem o espécime estudado, possibilitando medições seqüenciais por períodos variáveis de tempo, ou seja, estudos longitudinais de comportamento tanto de materiais como de técnicas obturadoras^{13,17}.

O uso de digitalização e manipulação de imagens computadorizadas também já foi proposto, como por GALE; DARVELL²⁹ (1994), que alertaram sobre os fatores que podem interferir nos testes de penetração de corantes, como bolhas de ar nas falhas marginais, diluição dos marcadores, sua solubilidade em água e a capacidade de permitir a análise pontual das falhas das restaurações, não possibilitando a interpretação das restaurações como um todo. Portanto, esses testes teriam uma limitação, que seria sua uma baixa reprodutibilidade e precisão. Propuseram a criação de imagens tri-dimensionais de alta resolução, capturando-se cerca de 30 imagens de superfícies paralelas desde a superfície da restauração a ser avaliada até próximo da câmara pulpar. Essas imagens foram agregadas em um computador para formar um modelo tri-dimensional do padrão do marcador, que puderam ser vistas em várias direções, com cortes em vários locais, permitindo investigar toda a área marcada.

Também buscando a reconstrução tri-dimensional, LYROUDIA et al.⁶⁵ (2000) usaram método de reconstrução tri-dimensional de dentes obturados com 2 materiais diferentes, imersos passivamente em nanquim. Realizaram cortes seriados de 0,75 mm de espessura de cada espécime usando um micrótomo especial. Cada sessão foi fotografada em microscópio, digitalizando-se e processando-se as

imagens para a obtenção de uma reconstrução 3D da superfície externa dos dentes, seus canais preparados correspondentes e sua microinfiltração apical. O método de reconstrução 3D provou ser útil no estudo da microinfiltração apical. Os mesmos autores, em outro trabalho do mesmo ano⁶⁴, relataram que utilizando-se dos recursos de cores, textura, brilho e sombreado apropriados, é possível estudar as 3 estruturas tri-dimensionalmente por diferentes ângulos: a superfície externa do dente, a superfície interna da câmara pulpar e a infiltração radicular,. Ainda, esse método possibilita imagens microscópicas de cortes transversais com grande aumento e permite estudo histológico da microinfiltração. As reconstruções tri-dimensionais parecem ser, portanto, uma opção válida, já que os recursos da informática são praticamente infindáveis e podem vir a dar informações importantes nos estudos. A desvantagem ficaria por conta da destruição dos espécimes e da necessidade do uso de corantes.

Outra metodologia para avaliação quantitativa da infiltração foi proposta, em 2000, por HAIKEL et al.³⁷ que usaram imersão das amostras em solução de iodo radioativo, preparando secções horizontais dos dentes e mensuração do nível de radioatividade em cada secção usando um contador gama (para determinação da concentração da solução usando o valor de absorbância de proteínas por espectrofotometria e radioatividade).

A falta de padronização das amostras para medir essa microinfiltração é um fator importante, ditado principalmente pela impossibilidade de padronização anatômica, já que a anatomia dental é extremamente diversificada⁵, o que se tenta minimizar utilizando-se amostras de anatomia semelhante como, por exemplo, mesmo grupo dental, características semelhantes, ou confecção de segmentos de raízes com mesmo comprimento. Ainda, a variabilidade da anatomia dos condutos radiculares pode ser diminuída por meio do preparo biomecânico, padronizando-se os forames, batentes apicais e seqüência de instrumentos utilizados.

6.2 – Sobre os testes de avaliação de selamento marginal *in vitro*

Segundo DÉJOU; SINDRES; CAMPS²¹ (1996), “a natureza do critério de avaliação (quantitativa, ordinária, qualitativa) determina o poder estatístico do teste aplicado e, conseqüentemente, possibilita-nos chegar a uma conclusão positiva. Também determina as condições de validade desses testes (distribuição normal dos dados, igualdade das variâncias), especialmente no caso de um pequeno número de amostras”.

Segundo PATHOMVANICH; EDMUNDS⁸¹, embora a penetração de corante seja uma técnica popular e conveniente para determinar infiltração, os resultados obtidos desses estudos ainda são qualitativos. Seria interessante aplicar técnicas que aumentam a penetração de corante e usar a técnica de espectrofotometria com recuperação de corante para analisar os resultados e comparar as infiltrações linear e volumétrica. Se existir uma grande correlação entre as duas, seria muito mais prático usar medidas lineares em estudos futuros.

POMMEL; JACQUOT; CAMPS⁸³, em 2001, demonstraram a falta de correlação entre 3 métodos de infiltração apical: método de filtração de fluído, método eletromecânico e infiltração de corante (azul de metileno a 1%). Os resultados dos diferentes métodos de avaliação não classificaram as técnicas de obturação na mesma ordem, não havendo, portanto, correlação entre os resultados obtidos pelas 3 metodologias. Todos os métodos classificaram a técnica do cone único como último colocado, existindo diferença apenas entre Thermafil e condensação vertical. Talvez a diferença da capacidade de selamento entre essas 2 técnicas seja tão pequena que elas não podem ser corretamente avaliadas por diferentes métodos de avaliação. Ainda, a falta de correlação entre esses testes e uma situação clínica podem fazer essa pequena diferença clinicamente irrelevante. Portanto, antes de qualificar uma nova técnica obturadora entre outras é proposto incluir controles negativo (técnica sabidamente fraca em selamento) e positivo. Ainda, é proposto que vários métodos de avaliação sejam usados para termos vários

conjuntos de dados antes de chegarmos a alguma conclusão. Afinal, podemos confiar em um estudo quando o resultado do teste depende do seu método? Quando se diz que os resultados de um trabalho permitem a comparação entre as amostras sob aquelas condições experimentais específicas, isso não valeria para esse trabalho, haja vista a variação dos resultados dentro dele.

Também, a utilização de metodologias diferentes usadas sequencialmente nas mesmas amostras pode afetar o resultado quando comparado à realização dos testes isoladamente. Isso já foi comprovado por AMDITIS; BRYANT; BLACKLER⁵ e KING et al.⁵⁶, que demonstraram essa interação entre o teste eletromecânico realizado anteriormente ao teste de infiltração, utilizando corante azul de metileno a 5%. Sugeriram, inclusive, que o teste de infiltração eletromecânico não deve preceder a medição de penetração linear de corante.

MARTELL; CHANDLER⁶⁷, em 2002, também realizaram o teste de infiltração com corante azul de metileno a 1% após o elétrico, observando concordância de resultados para o grupo do MTA, que infiltrou menos nos 2 testes, mas o grupo obturado com Super infiltrou menos que o obturado com IRM EBA no teste elétrico, não ocorrendo o mesmo no teste com corante. Houve falta de correlação entre as metodologias, contrariando DELIVANIS; CHAPMAN²², mas estando de acordo com AMDITIS; BRYANT; BLACKLER⁵ (1993).

Há trabalhos que mostram não haver diferença entre algumas metodologias e a ordenação dos resultados dos grupos avaliados, como por exemplo, ANTONOPOULOS; ATTIN; HELLWIG⁸ (1998), que não encontraram diferença entre os resultados dos métodos passivo e de pressão negativa, mas a quantidade de infiltração apical obtida foi significativamente menor quando usou-se a penetração de corante sob alta pressão.

A falta de correlação entre os resultados de testes diferentes com as mesmas amostras também foi demonstrada em trabalho de BARTHEL et al.¹⁰

(1999), quando compararam os teste *in vitro* de infiltração com uso de corante (fucsina básica) e de bactérias (*Staphylococcus epidermidis*) ao longo do canal, não havendo concordância significativa entre esses testes.

Ainda, CAMPS; PASHLEY¹⁵ (2003), também mostraram falta de correlação entre o método clássico de penetração de corante (utilizando-se de azul de metileno a 2%) e os métodos de extração de corante e um outro de filtração de fluido computadorizado (FLODEC), sendo que os resultados da penetração clássica de corante não mostrou diferença entre os cimentos testados (Pulp Canal Sealer, Sealapex, AH Plus, e Ketac Endo) nem correlação com as outras 2 técnicas de avaliação, havendo correlação significativa entre os resultados desses 2 últimos métodos, sendo que o método de extração de corante por dissolução das raízes, além de apresentar os mesmos resultados que a filtração de fluido, economizou muito tempo de laboratório.

CHAN; JONES¹⁶ (1992) apesar de utilizarem diferentes substâncias (gelatina acidificada, corante de eosina, nitrato de prata ou cálcio radioativo) para medir a infiltração marginal associada a uma variedade de materiais restauradores, utilizaram escores para classificar o grau de penetração, possibilitando a comparação entre os diferentes testes de infiltração. A ordenação dos resultados pelos diferentes métodos empregados foi geralmente consistente. Contudo, as diferenças estatísticas nos escores nem sempre foi significativa.

KHAYAT; LEE; TORABINEJAD⁵⁴ (1993) observaram que dentes obturados com cimento de óxido de zinco e eugenol pela técnica da condensação lateral ou vertical, tiveram todos os canais recontaminados em menos de 30 dias por bactérias de saliva humana, não havendo diferença estatística entre as técnicas. Após a contaminação, a infiltração com nanquim e posterior diafanização dos dentes serviram para observar a trajetória das bactérias. Concluíram que os métodos de avaliação são fatores importantes nos estudos de infiltração. Corantes e isótopos são substâncias boas para comparar infiltração relativa mas devido às suas

pequenas moléculas, elas não podem nos dar uma idéia verdadeira da infiltração de bactérias ou de seus sub-produtos.

GILBERT; WITHERSPOON; BERRY³³, em 2001, também compararam a infiltração coronária por bactérias (*Proteus vulgaris*) com o uso de corante nanquim (por meio da técnica de diafanização e uso de escores), usados seqüencialmente. Verificaram que a condensação vertical permitiu infiltração significativamente menor que a lateral durante os testes com bactéria, não havendo, entretanto, diferença significativa entre essas 2 técnicas e o Thermafil quando se utilizou o corante. A comparação dos dados do corante e do uso de bactérias não foi estatisticamente significativa. Os autores acreditam, a exemplo de KHAYAT; LEE; TORABINEJAD⁵⁴, que o uso de corante, após o teste bacteriano, possa servir para destacar a falha de dispositivos experimentais e fraturas radiculares verticais das amostras, evitando a leitura de resultados falso positivos que poderiam ser encontrados nos testes bacterianos isolados. Observaram, entretanto, que todos os espécimes que apresentaram infiltração de bactérias, também o fizeram com o corante. Portanto, diferentes metodologias estariam complementando-se, aumentando a confiabilidade e facilitando a leitura e análise dos resultados. Ainda, após rever esses dados e vários estudos, os autores alertaram que todos os testes de infiltração devem ser vistos com desconfiança, pois até mesmo quando os pesquisadores conduzem seus trabalhos com o maior cuidado, podem ocorrer variabilidade nos resultados, sendo, portanto, muito difícil comparar os resultados de um estudo com outros ou determinar como as variáveis de cada um podem influenciar nos resultados.

KING et al.⁵⁶ (1990) utilizaram corante no sistema de transporte de fluído, possibilitando a visualização da trajetória do fluído por dentro do espécime. Essa união das metodologias de infiltração de corante com sistema de transporte de fluído parece ser uma opção bastante interessante para estudos futuros!

LEONARD; GUTMANN; GUO⁶¹ (1996), associaram as metodologias de infiltração com nanquim e diafanização à microscopia eletrônica de varredura (MEV)

para definir a qualidade da interface material (resina) e dentina e explicar os resultados. Essa associação com MEV também parece ser interessante e possível de ser realizada após as medições dos espécimes em trabalhos com o sistema de transporte de fluído, podendo analisar a superfície do material obturador, interface material/parede dentinária, etc... SEN; PISKIN; BARAN⁸⁷ (1996), também usaram essa associação da diafanização com MEV, buscando uma possível correlação entre a penetração dos túbulos dentinários e a microinfiltração nos canais e observaram que, embora não tenha ocorrido correlação estatisticamente significativa, parece haver uma relação inversa entre a penetração tubular do cimento e a infiltração do corante, isto é, quanto maior a penetração tubular, menor a infiltração de corante.

Outro destino interessante para os espécimes testados em sistema de transporte de fluído pode ser a reconstrução tri-dimensional da estrutura, possibilitando a análise da superfície externa do dente, da superfície interna da câmara pulpar e a infiltração radicular tri-dimensionalmente por diferentes ângulos^{29,64,65}.

WU; KAST'AKOVA; WESSELINK¹¹¹ (2001), após o uso do sistema de transporte de fluído, usou um programa de análise de imagens para medir a área de guta-percha em cada obturação, capturando imagens de secções das raízes obturadas. Também usaram, portanto, 2 metodologias diferentes que se complementam.

É preciso cuidado ao analisar os resultados de um teste, identificando, compreendendo e respeitando suas limitações, como descrito em trabalho de MUENINGHOFF; DUNN; LEINFELDER⁷⁴ (1990), que compararam a infiltração do corante fucsina básica 0,5% com o uso de indicadores de pH na superfície de restaurações de amálgama forradas com cimentos à base de hidróxido de cálcio. Os mesmos dentes passaram primeiro pela medição de pH e depois pelo corante. Os dados indicaram que em dentes com restauração de amálgama recém-realizada,

o teste de pH é sensível o suficiente para determinar microinfiltração mas depois de 2 semanas o método começa a tornar-se não confiável, pois a detecção de íons hidroxila é um processo subtrativo por natureza, ou seja, com o passar do tempo os íons hidroxila são lavados, enquanto a penetração de corante é aditiva, cumulativa. Concluíram que cada método para determinação de microinfiltração tem sua utilidade e os mesmos devem ser utilizados com cautela para determinar a presença de microinfiltração.

É muito importante observar que os resultados de testes *in vitro* não pode ser extrapolados diretamente para a realidade *in vivo*^{10,20,31,100}.

Em trabalho de DALAT; SPANGBERG²⁰ (1994), por exemplo, muitas das falhas detectadas pelos testes de infiltração não puderam ser detectadas radiograficamente e os resultados demonstraram que, apenas aleatoriamente e sob raras condições, uma obturação será completamente hermética. Esse estudo focou a marcação de falhas sob o ponto de vista apical. A técnica usada buscou traçar todas as falhas que estivessem em continuidade com o forame apical. Deve ser compreendido, entretanto, que uma falha sem essa conexão apical não pode ser visualizada, assim com uma que tenha origem coronária e termine antes do forame apical. Já foi demonstrado em outros trabalhos que mesmo utilizando-se a maioria dos métodos de obturação respeitados e cimentos com excelentes propriedades físicas, sempre ocorre detecção de falhas nas obturações^{20,24}.

Esses dados corroboram com um aspecto muito importante as pesquisas endodônticas, ou seja, os resultados de estudos *in vivo* são freqüentemente menos negativos que os estudos *in vitro*. Por deduções, o sucesso clínico de um tratamento endodôntico ocorre regularmente apesar da presença de pequenos espaços dentro de sua massa obturadora, principalmente na porção apical das raízes obturadas. Sabemos de estudos anteriores que a detecção radiográfica de falhas está associada com um aumento do índice de insucesso. Devemos considerar,

entretanto, que uma falha deve ser consideravelmente grande para ser detectada radiograficamente^{20,21}.

KERSTEN; MOORER⁵³ (1989), mostraram em teste *in vitro* que, a infiltração de ácido butírico, que é um produto metabólico dos microrganismos com propriedades tóxicas aos tecidos, provou ser comparável com a infiltração de azul de metileno e não pôde ser prevenida nesse estudo, nem mesmo nas raízes consideradas bem obturadas. Os achados desses autores sugerem que testes de infiltração qualitativos e quantitativos com materiais de baixo peso molecular, como os corantes, podem ter importância duvidosa na prática endodôntica, já que a microinfiltração de substâncias com baixo peso molecular, isoladamente, teria ação decisiva improvável na doença periapical⁹⁹, ao contrário da microinfiltração de substâncias antigênicas tóxicas ou bactérias de alto peso molecular para o tecido periapical que, provavelmente, têm maior importância.

TORABINEJAD et al.⁹⁶ (1994), em trabalho onde não encontraram diferença significativa entre a presença ou não da contaminação de sangue antes da obturação de cavidades retrógradas, concluíram que a extrapolação direta e relevância dos estudos de infiltração de corantes para a clínica é discutível. Consideraram, contudo, que quando um material não permite a penetração de pequenas moléculas, como partículas de corante, ele tem potencial para prevenir infiltração de bactérias, que apresentam maiores tamanhos de moléculas.

Os resultados do trabalho de WU et al.¹⁰³ (1993) mostraram que a metodologia de transporte de fluídos também detectou infiltrações em obturações onde bactérias não conseguiram penetrar, sendo, portanto, extremamente sensível.

Seguindo essa mesma linha de comparação, MICHAILESCO; BOUDEVILLE⁷¹ (2003) consideraram o uso de bactérias como um teste de microinfiltração com grande relevância clínica. Testando a percolação de microesferas de látex calibradas com diâmetro equivalente a uma bactéria (0.4-9.5

µm) e 3 espécies bacterianas (*Actinomyces odontolyticus*, *Lactobacillus acidophilus* e *Pseudomonas fluorescens*), puderam comparar o comportamento desses microrganismos com partículas de dimensão semelhante, sendo que *A. odontolyticus* e *L. acidophilus* comportam-se como partículas de 4,8 µm e *P. fluorescens* como partículas de 2,2 e verificaram, ainda, que essas partículas calibradas têm seu deslocamento de penetração ao longo do tempo causado pelo fenômeno de difusão, sendo que o tamanho do marcador é um fator determinante na sua penetração. Partículas inertes imitam a percolação bacteriana nos espaços marginais e podem, portanto, serem usadas como modelo de percolação e estabelecerem uma escala relativa do comportamento de diferentes bactérias durante essa percolação.

GOLDMAN; SIMMONDS; RUSH³⁶ (1989) alertaram que a relação direta das medidas da infiltração *in vitro* e da situação *in vivo* não é estabelecida. É aceito que nenhum material ou técnica endodôntica que resulta em uma quantidade considerável de infiltração *in vitro* será o material ou técnica preferidos *in vivo*, não havendo uma evidência sólida para embasar isso, já que a situação *in vivo* é totalmente diferente. Não há metodologia sólida para determinar infiltração *in vivo*. Portanto, em qualquer estudo *in vitro*, as extrapolações dos resultados para uma situação *in vivo* deve ser feita com muito cuidado^{31,63}.

Ainda sobre a correlação entre sucesso clínico e estudos *in vitro*, TORABINEJAD; LEE; HONG⁹⁷ (1994), disseram que, “embora os teste *in vitro* não possam simular completamente as condições *in vivo*, estudos da correlação entre esses estudos têm produzido resultados equivocados. A exata importância da infiltração é desconhecida, e nem mesmo é sabido quanto de infiltração é significativa, sendo prudente usar materiais e técnicas que promovam o selamento mais efetivo. A presença de um completo selamento apical pode não ter um papel importante em canais que foram completamente debridados e selados. Entretanto, a obtenção de selamento apical com materiais biocompatíveis, em canais mal descontaminados, pode prevenir a saída de irritantes desses canais infectados para

os tecidos periapicais, e conseqüente desenvolvimento de lesões periapicais. Ainda, outros fatores devem ser considerados: a limpeza da porção apical do canal, a remoção das porções apicais não limpas e não obturadas dos canais principais e a remoção dos fatores etiológicos das lesões periapicais.”

KOPPER et al.⁵⁹ (2003), talvez com a intenção de diminuir a distância entre os testes *in vitro* e *in vivo*, realizaram parte do trabalho de infiltração coronária em dentes de cães, deixados abertos na cavidade oral dos animais para posterior sacrifício dos mesmos e extração dos dentes para infiltração coronária de nanquim e medição dos resultados. Talvez essa não seja a melhor maneira para a simulação da situação *in vivo* em um experimento, pois a fase de infiltração foi realizada *in vitro*, parecendo não justificar o sacrifício dos animais para esse fim.

Todas as evidência científicas apontam para os microorganismos como a causa principal ou única da doença periapical de origem endodôntica. Portanto, é importante concentrarmo-nos num melhor entendimento da importância da qualidade e quantidade de microrganismos e/ou seus metabólitos na patogenia da doença periapical⁵³. Isso nos levará à compreensão uma compatibilidade do alto índice de modalidades de tratamento com resultados satisfatório e a óbvia presença de microespaços nas obturações²⁰.

TROWBRIDGE⁹⁸ (1987), em um trabalho onde discutiu os modelos de estudo para determinar os efeitos biológicos da microinfiltração, diz ser “óbvio que as causas e conseqüências da microinfiltração requerem futuros esclarecimentos, como o papel da microinfiltração como um fator etiológico da doença pulpar, o qual necessita de maiores informações sobre a natureza, concentração e toxicidade das substâncias que chegam à polpa através dos túbulos dentinários. Muitas evidências alicerçam a teoria de que ao menos que a microinfiltração permita que a bactéria torne-se bem estabelecida nas paredes da cavidade, a maioria dos materiais restauradores são bem tolerados pela polpa”. Portanto, concorda com a maioria dos trabalhos que dizem que os resultados *in vitro* são mais exagerados que a realidade.

DELIVANIS; CHAPMAN²² (1982) disseram que “é difícil de afirmar quanto de percolação apical resultaria em insucesso clínico de um determinado tratamento de canal. Na maioria dos casos, essa quantidade de solução seria insignificante em vista do alto índice de sucesso da terapia endodôntica”.

Essa falta de correlação de estudo *in vitro* de infiltração e sucesso clínico talvez tenha sido demonstrada da melhor forma em trabalho de OLIVER; ABBOTT⁷⁶, em 2001, que avaliaram a infiltração apical de 116 dentes humanos com uso de corante azul de metileno 2%, obturados pelo menos 6 meses antes da extração por motivos diversos, sendo que os resultados mostraram penetração maior de corante em casos de fracasso mas, ao todo, o corante penetrou 99,5% dos espécimes, indicando que a presença de corante nos canais é um indicador fraco do sucesso clínico de uma técnica ou material. Ainda, verificaram que as radiografias são incapazes de indicar o quão bem os canais estejam selados apicalmente. Alertaram que “devemos reconhecer que falhar em conseguir o completo selamento do canal apenas representa um potencial para futura contaminação, sobrevivência e proliferação bacteriana. Há muitas possíveis interações entre a cavidade oral e o dente, os tecidos periapicais, os fluídos tissulares e o conteúdo dos canais que não podem ser reproduzidas em estudos *in vitro* de penetração de corantes. O sucesso do tratamento endodôntico dependerá da resposta do hospedeiro e sua adaptação à infiltração apical e coronária que ocorre após o tratamento do canal. Portanto, a validade e utilidade de estudos de infiltração apical de corantes deveria ser reavaliada”.

De qualquer maneira, os testes *in vitro* são essenciais para propósitos de desenvolvimento^{21,31}. Como disseram CHAN; JONES¹⁶, “Apesar das limitações do estudo *in vitro*, tais trabalhos em modelos de simulações clínicas são considerados importantes formas de avaliação. Eles fornecem um meio relativamente rápido de discriminar entre os comportamentos clinicamente importante dos diferentes materiais.”

6.3 – Da metodologia

Os espécimes deste nosso trabalho tiveram os forames apicais padronizados com o diâmetro equivalente ao de uma lima nº 45 e o batente foi confeccionado com uma lima nº 60¹⁷.

A remoção da *smear layer*, após o preparo biomecânico, foi realizado com o uso de EDTA, já que é comprovado que sua remoção melhora o contato dos materiais obturadores com as paredes do canal, melhorando o selamento, como demonstrado por VASSILIADIS et al.¹⁰⁰ (1996).

A pasta de hidróxido de cálcio, utilizada como curativo intra-canal neste trabalho, foi proporcionada de acordo com MORAES et al.⁷³ (2000), ou seja, 0,4 mL de propilenoglicol e 0,560 g de hidróxido de cálcio P.A.

A condensação lateral da guta-percha foi utilizada por ser, ainda, o método de obturação mais utilizado, havendo numerosos estudos de penetração de corantes com essa técnica, que freqüentemente é utilizada como controle em avaliação de outras técnicas obturadoras. Suas principais vantagens são sua facilidade de execução e colocação controlada dos materiais obturadores. As desvantagens incluem uma falta de homogeneidade da massa de guta-percha, um número aumentado de espaços e “amontoados” de cimento, menor adaptação às paredes do canal e em suas irregularidades²⁰ e, ainda, a dificuldade de padronização na inserção do material.

O cimento de óxido de zinco e eugenol foi empregado na proporção de 1,8 g de óxido de zinco para cada 1 mL de eugenol^{32,41,42}.

Anteriormente à obturação realizou-se a impermeabilização das superfícies radiculares externas. Segundo LIMKANGWALMONGKOL et al.⁶² (1991), “a infiltração no sistema de canais radiculares pode ocorrer por 4 possíveis rotas:

através do forame apical, entre o material obturador e as paredes do canal; através do forame apical, por penetração na massa do material; pela lateral da raiz, através do cimento exposto, canais acessórios ou defeitos na impermeabilização, ou através da abertura coronária.” Portanto, a impermeabilização externa das raízes é muito importante⁴⁷, pois, segundo GALE; DARVELL³⁰ (1999), o pré-requisito para qualquer teste de penetração de corante é que os espécimes sejam impermeáveis aos marcadores para que a entrada do marcador possa ser usada para indicar corretamente a localização ou severidade das falhas. Embora o esmalte dental seja relativamente impermeável, o mesmo não acontece com a dentina que normalmente é bastante permeável à maioria dos marcadores através de seus túbulos, podendo ocasionar resultados falso-positivos, sendo necessário um controle adequado. Para esse controle, foi realizado, neste trabalho, a impermeabilização externa das raízes com duas camadas de esmalte para unhas para o teste de infiltração com o uso do sistema de fluido, sendo passada mais uma camada antes da imersão das amostras nos corantes, além do selamento coronário com material restaurador provisório e cera derretida. Durante a magnificação e exame das imagens obtidas, foi verificada a eficácia dessa impermeabilização, sendo que a infiltração de fluido foi nula com o controle negativo no sistema de transporte de fluido, assim como a infiltração de corante também foi nula para esses espécimes. Só foi observada a presença de corante na linha de interface material obturador/parede de dentina nas demais amostras experimentais, aí sim penetrando em direção à massa dentinária.

A remoção da obturação para medir linearmente o máximo de infiltração obtida pela marcação do corante, possibilitou o exame de todas as paredes do canal²⁰, o que não acontece quando se faz a medição sem removê-la.

6.3.1 - Infiltração marginal apical com uso de corantes

Uma grande variedade de métodos tem sido descrita para avaliar a capacidade seladora mas, os teste de penetração de corante são, indubitavelmente,

os mais utilizados e descritos na literatura por serem geralmente simples e rápidos^{21,22}. Segundo WU; WESSELINK¹⁰⁴ (1993), esse método baseia-se na suposição de que a penetração linear do marcador pode indicar o comprimento da falha que aparece entre as paredes do canal e o material obturador. Entretanto, na opinião desses autores, essa suposição não está correta. Na maioria das vezes, as medidas são realizadas após diferentes métodos de preparo das amostras, não nos fornecendo qualquer informação sobre o volume de corante que penetrou. Portanto, esses dados poderiam ser considerados apenas como semi-quantitativos e apresentariam um grande número de variações.

TAYLOR; LYNCH⁹⁵ (1992), ainda sobre o uso de infiltração de corantes convencionais, diz que essa metodologia possibilita a produção de cortes mostrando a infiltração de contrastantes cores tanto ao dente como ao material testado, sem a necessidade de reações químicas ou exposição à radiação com potencial deletério. Contudo, é uma técnica altamente sensível e a obtenção dos resultados requer padronização. A principal desvantagem é que usualmente a medição é associada a um sistema numérico de escores de graus crescentes de infiltração e essa medição, embora normalmente realizada por mais de um examinador, é de alguma maneira subjetiva. Também a avaliação da restauração (ou obturação, em nosso caso) como um todo é difícil, quando vemos apenas pequenas porções do dente. Os corantes normalmente utilizados em pesquisas dentais são fornecidos em soluções ou suspensões de partículas de diferentes tamanhos, dependendo do fabricante e do comportamento especial de cada corante. Portanto, é impossível continuar a usar uma variedade de corantes com a expectativa de que, mesmo quando se utiliza uma técnica padrão, eles possam fornecer resultados consistentes. Outra potencial causa de erro é a capacidade de um corante se ligar à substância dental ou ao material restaurador. Ainda, dizem ser impossível se utilizar uma partícula de corante que tenha dimensão maior que o diâmetro interno dos túbulos dentinários (1-4µm), já que é grande a probabilidade da penetração de bactérias nessa estrutura dentária que está sendo pesquisada. Portanto, corantes que mostrem uma tendência de unir-se à estrutura dentária ou material restaurador que está sendo pesquisado devem

ser evitados (por exemplo, a tendência das soluções de fucsina básica que se unem, preferencialmente, à dentina cariada). Os corantes também devem ter estabilidade colorimétrica sob qualquer condição que se possa encontrar durante a pesquisa.

Muitos elementos diferentes já foram utilizados como material marcador nesses testes de infiltração marginal, principalmente corantes e radioisótopos. Para a leitura dos resultados, pode-se utilizar o seccionamento longitudinal das raízes^{4,23,40,63}, seccionamento transversal^{10,62} ou diafanização^{9,48,54}. Esses testes, invariavelmente, fornecem dados semi-quantitativos, pois apenas uma linha de infiltração do corante é medida, não se considerando o volume do espaço ou a interface por ele penetrada.

Outra desvantagem é que com os corantes ou radioisótopos não é possível a medição contínua de infiltração em um mesmo espécime, pois, possibilitam medir apenas a infiltração até o momento em que os dentes são removidos das soluções²².

Como afirmaram DELIVANIS; CHAPMAN²² (1982), “apesar do grande uso e aceitação dos corantes e radioisótopos como meios de avaliação, eles têm limitações significativas. A margem de erro é grande e, se não forem controladas rigorosamente, algumas variáveis podem alterar significativamente os resultados.”

Já que não existe uma norma de padronização para essas metodologias, elas são discutíveis por não serem totalmente reproduzíveis. Existem inúmeras variáveis, como o período de imersão do espécime obturado no marcador, que pode direta (antes da presa do cimento) ou indireta, tempo de imersão, uso ou não de pressão negativa (vácuo) para remoção do ar aprisionado nas falhas da obturação, imersão total ou parcial^{5,80} dos espécimes no corante, tipo de impermeabilização, número de espécimes, volume de marcador, posição dos espécimes durante a imersão e, principalmente, o tipo de marcador utilizado¹⁰⁴.

Sabe-se que os resultados de estudos de microinfiltração que usam corantes/marcadores diferentes não devem ser comparados, não apenas pela diferença do tamanho de suas partículas mas também por suas possíveis interações com a estrutura dental e seus diferentes coeficientes de penetração⁴.

Neste trabalho, os espécimes foram imersos no corante após 1 semana¹⁷, permitindo a presa do cimento de óxido de zinco e eugenol. Em teste de tempo de presa, GIAMPIETRO BRANDÃO³² (1999), demonstrou que o cimento de óxido de zinco e eugenol, em presença de umidade, teve tempo médio de presa inicial de 7:20 horas e final de 24:00 horas.

Embora muitos trabalhos utilizem o vácuo durante a imersão em corantes^{20,33,34,39,41}, há trabalhos, como o de ANTONOPOULOS et al.⁸ (1998), que demonstram não ser necessário o seu uso.

GOLDMAN et al.³⁶, em 1989, defenderam a utilização do vácuo, pois demonstraram a influência que o ar aprisionado pode ter na infiltração de corante, até mesmo em raízes vazias imersas no mesmo, o que foi equacionado com o uso de vácuo. SPANGBERG; ACIERNO; YONGBUM⁹⁰ (1989), com seus achados, corroboram dessa opinião, pois acreditam que o ar aprisionado possa impedir a infiltração por imersão passiva.

PATHOMVANICH; EDMUNDS⁸⁰ (1996), utilizando canais simulados em blocos de resina, avaliaram 4 diferentes métodos diferentes para produzir a penetração do corante azul de metileno a 2%: penetração passiva, centrifugação, vácuo associado à penetração passiva e pressão positiva associada à penetração passiva. Observaram grandes variações nas infiltrações vistas em cada espécime e entre os espécimes de cada grupo, inclusive com diferenças estatisticamente significantes entre a penetração passiva e cada uma das demais técnicas. Contudo, não houve diferença estatisticamente significativa entre o uso da centrifugação, vácuo e pressão positiva. Essas últimas parecem encurtar o tempo de experimento

por promoverem a entrada mais rápida de corante nas obturações. Entretanto, o uso de pressão deve ser cauteloso, pois, uma pressão muito grande pode atrapalhar a adaptação da obturação às paredes do canal e dar resultados maiores e ilusórios.

A produção de artefatos de técnica também foi uma preocupação de PETERS; HARRISON⁸² (1992) que compararam a infiltração apical de materiais usados para obturação retrógrada sob o uso ou não de vácuo. Verificaram diferença evidente de infiltração entre os grupos controle, ocorrendo penetração completa do corante sob vácuo nos canais não obturados, sendo essa infiltração parcial em imersão passiva. Portanto, o uso do vácuo parece ter ajudado na penetração do corante. Entretanto, diferenças significativas na penetração de corantes sob o uso ou não de vácuo foram observadas apenas quando o IRM foi utilizado como material retrobturador, mostrando, inclusive, os maiores valores de todos os grupos com o uso do mesmo. Isso pode ter acontecido pela não remoção do ar aprisionado sem o uso de vácuo ou, ainda, o uso do mesmo pode ter interferido no selamento do material.

A não necessidade do uso de vácuo e a possibilidade da criação de artefatos de técnica com seu uso também foi demonstrada em trabalho de RODA; GUTMANN⁸⁶ (1995) que compararam os métodos de infiltração de corante sob pressão atmosférica e com o uso de vácuo e não observaram diferença entre os grupos, indicando que a sua aplicação não aumenta a confiabilidade e, ainda, uma grande parte dos dentes colocados em vácuo mostrou evidência de artefatos induzidos por essa pressão reduzida (bolhas na camada de impermeabilização). Isto pode levar a se questionar o valor do vácuo como ferramenta de pesquisa. Para esses autores, a relevância clínica de se colocar os dentes em vácuo pode ser questionada já que o vácuo não existe no corpo humano e os resultados de qualquer teste devem ser relacionados à performance clínica do material ou técnica avaliada. Desse modo, todos os métodos para determinar a capacidade seladora devem produzir resultados confiáveis quando repetidos sob as mesmas condições e deveriam ser uma medida válida da performance clínica para ser útil aos

profissionais em suas decisões racionais do que utilizar durante o tratamento de seus pacientes.

A infiltração passiva foi tão efetiva quanto o uso de centrifugação, pressão negativa (vácuo) e pressão positiva quando o nanquim foi utilizado em dentes naturais, em trabalho de PATHOMVANICH; EDMUNDS⁸¹ (1996).

LIMKANGWALMONGKOL et al.⁶² (1991) e LIMKANGWALMONGKOL; ABBOTT; SANDLER⁶³ (1992) demonstraram que o uso da centrifugação elimina alguns dos efeitos do ar aprisionado que possa existir nas lacunas da obturação do canal. OLIVER; ABBOTT⁷⁶ mostraram que o método da centrifugação foi mais confiável que os métodos passivos de penetração de corante em demonstrar a verdadeira extensão de uma falha. A centrifugação foi utilizada para forçar a solução corante em direção aos defeitos da obturação, ao invés de se esperar que a ação capilar possibilitasse o movimento do fluido por penetração passiva.

Entretanto, KARAGOZ-KUCUKAY et al.⁴⁸ (1993), comparando a influência da imersão passiva versus a associada à centrifugação nas medições de infiltração apical, utilizando nanquim e diafanização, não encontraram diferença estatística entre a imersão imediata ou mediata e entre o uso ou não de centrifugação. Explicaram que a centrifugação aumentaria a pressão hidrostática da solução corante, comprimindo o ar aprisionado nas falhas e permitindo a penetração do corante mais profundamente, mas concluíram que um efeito similar pode ser obtido em uma técnica passiva pela imersão dos espécimes em uma maior profundidade na solução corante.

A sutileza dos detalhes que podem influenciar nos resultados de testes de infiltração com corantes, também ficou bem demonstrada por KONTAKIOTIS et al.⁵⁸ (2001) que imergiram raízes obturadas e avaliadas em um sistema de transporte de fluido previamente à imersão em corante. Ainda, os grupos que tinham as “falhas” classificadas como grandes, passaram ou não por um sistema de ar para eliminação

da umidade presente nas mesmas. O grupo com as lacunas “secas”, mostrou infiltração significativamente maior que o grupo com lacunas úmidas, não havendo diferença entre este e o grupo onde nenhuma ou apenas pequena infiltração foi detectada pelo sistema de transporte de fluído. Concluiu-se que o azul de metileno penetra mais facilmente em lacunas secas ao longo de obturações do que naquelas preenchidas por água. Os autores realizaram, ainda, um estudo piloto imergindo capilares de vidro com 0,2 e 0,4 mm de diâmetro, secos e úmidos, com presença ou não de uma bolha de ar em seus interiores, em azul de metileno a 2%, por 72 horas, e notaram que nos capilares secos havia penetração muito mais fácil de corante, sendo maior nos capilares mais calibrosos. Nos capilares contendo água, a penetração ocorria melhor onde não havia bolha de ar, parecendo que a penetração do azul de metileno depende de vários fatores, como presença ou não de água, presença de ar aprisionado e a tensão superficial. Definiram difusão como sendo o grau de velocidade do transporte de um material através de um líquido e capilaridade como sendo o mesmo princípio físico que explica a penetração de líquidos em pequenos tubos e explicaram como um líquido pode penetrar em locais estreitos sob certas circunstâncias. Esse fenômeno ocorre devido à tensão superficial que é a tensão das moléculas de um fluído elevar-se sobre uma superfície se o contato entre o fluído e algum outro material acontecer. Essa tensão superficial influencia a força motriz, ou seja, quanto maior a tensão superficial, menor a força motriz, menor a capacidade do líquido penetrar em pequenas lacunas. Concluindo, o azul de metileno passou por lacunas preenchidas com ar por ação capilar e em lacunas preenchidas por água por difusão. Os resultados desse trabalho não estão de acordo com WU; DE GEE; WESSELINK¹⁰⁵ (1994), provavelmente porque esses autores utilizaram 0,1 atm e nesse trabalho anteriormente citado foram usados 0,6 atm, talvez secando melhor as lacunas, já que o objetivo era realmente esse e não apenas retirar o ar aprisionado.

Ainda, de acordo com KONTAKIOTIS et al.⁵⁸ (2001), a ação capilar tem uma relação inversa com o raio do mesmo, isto é, de acordo com esse princípio, quando o azul de metileno penetra mais, a lacuna é bem estreita e considera-se que

o material tenha boa capacidade seladora. Isso é uma contradição óbvia com as conclusões obtidas nos testes usando técnicas de penetração de corantes, onde se considera que quanto maior a penetração, pior é o material ou técnica. Na prática, isso resulta que quando a técnica de penetração de azul de metileno é usada, não se sabe se as lacunas estão preenchidas ou não com água durante a estocagem ou o preparo dos espécimes. Isso contribui para a confusão dos resultados das técnicas de penetração de corantes relatados por WU; WESSELINK¹⁰⁴ (1993).

Também já foram utilizados muitos marcadores radioisótopos e corantes fluorescentes, que necessitam de metodologia especial para leitura dos resultados, ou corantes convencionais. Entre os fluorescentes estão a Rodamina B^{7,72}, fluoresceína⁶ e entre os radioisótopos, o cálcio radioativo¹⁶, timidina⁷⁰.

Entre os convencionais estão eosina¹⁶, fucsina básica^{10,19,74,78}, cristal de violeta³⁶, nitrato de prata¹⁶, nanquim^{9,48,52,54,81} e azul de metileno.

TAMSE; KATZ; KABLAN⁹⁴ (1998) compararam a extensão da infiltração apical utilizando 4 corantes diferentes (eosina, azul de metileno, nanquim e azul brilhante da Prússia) e as metodologias de cortes transversais e diafanização para leitura dos resultados. Não encontraram diferença estatística entre os corantes, porém houve infiltração significativamente maior nos cortes transversais, quando comparado aos mesmos corantes pela técnica da diafanização. Portanto, o método de avaliação e não o corante foi a principal diferença entre os resultados. Concluíram que uma padronização dos procedimentos para os experimentos com infiltração de corante é necessária. Sob condições idênticas, corantes e técnicas de avaliação diferentes podem produzir diferentes padrões de infiltração. Os resultados desse estudo mostraram que, apesar das diferentes características dos diversos corantes e das 2 metodologias, os níveis de infiltração de corante foram similares. A combinação do azul de metileno com cortes transversais pareceu ser o meio mais fácil de visualização.

Entre as variáveis existe ainda as diferentes concentrações de um mesmo corante, sendo que na literatura há trabalhos que utilizam as mais variadas concentrações do azul de metileno: desde 0,1%^{51,101}, 0,5%^{23,57,67}, 1%³², 2%^{15,20,34,40,41,58,62,63,80}, a até, 5%^{31,89}. Em nosso trabalho foi utilizado o azul de metileno a 0,5%.

O pH das soluções corantes é outra possível variável. STARKEY et al.⁹¹ (1993) avaliaram o efeito da variação do pH do Azul de Metileno a 2% na infiltração apical e não encontraram diferenças significativas entre os diferentes pH testados (que variaram de 1 a 7). Contudo, a observação mais impressionante foi a dissolução dos ápices nos grupos com pH 5 e menores que esse. Ainda, um significativo aumento do pH em uma solução não tamponada do mesmo corante foi observada, mostrando que o azul de metileno não tem a mesma capacidade tampão de produtos-tampão comerciais, não mostrando, portanto, uma mudança grande de pH mas uma tendência das soluções sempre tornarem-se mais básicas.

Portanto, parece interessante utilizar-se solução de corante com pH neutro tamponado, como foi a opção nesse estudo, para se evitar variáveis inerentes à metodologia, ou seja, artefatos de técnica.

Pela infinidade de variáveis discutidas, esses testes com infiltração de corantes não são facilmente reproduzíveis e, portanto, não são adequados para programas de testes padronizados. Como proposto por ALIGHAMDI; WENNBORG³ (1994), selecionar as propriedades necessárias para a capacidade seladora e testá-las separadamente pode ser uma maneira possível de encontrar uma variedade de testes que podem ser padronizados individualmente, os quais em conjunto dariam informações sobre a capacidade seladora dos materiais testados. Por exemplo, se um cimento é impermeável, insolúvel aos fluídos tissulares, tem estabilidade dimensional e se adere à dentina e guta-percha, conceitualmente, tal cimento terá a capacidade de selar o canal se usado em combinação com uma técnica de obturação adequada. O teste de infiltração em endodontia poderia, então, ser

substituído por testes de impermeabilidade, solubilidade, alterações dimensionais e adesão à dentina e guta-percha.

Para medir a estabilidade dimensional, NIELSEN⁷⁵ (1980), por exemplo, descreveu um dispositivo simples pelo qual pode-se medir expansão ou contração de cimentos durante e após a presa, onde os espécimes para teste são confeccionados em forma de barra e fixados em uma extremidade e com a outra livre. Mudanças lineares de alterações do cimento alteram a distância entre as pontas e a mensuração microscópica dessa distância em intervalos conhecidos de tempo tornam possível confeccionar uma curva, mostrando a expansão ou contração do cimento em um determinado tempo.

É importante lembrar que algumas propriedades físicas já possuem uma norma específica da International Standard Association, a ISO 6876⁴⁶, como a estabilidade dimensional (embora a metodologia descrita por NIELSEN⁷⁵ (1980) seja muito mais minuciosa), além de escoamento, radiopacidade e tempo de presa, mas não estabelecem normas padronizadas para testes importantes como, por exemplo, adesão.

WU; WESSELINK¹⁰⁴ (1993) sugeriram as seguintes recomendações em relação aos estudos de infiltração de obturações de canais:

“1 – o comprimento e anatomia das raízes estudadas dentro do mesmo estudo devem ser similares, assim como a patência e diâmetro do forame devem ser controlados, a fim de se tentar reduzir as variações;

2 – devem ser obtidos dados preferencialmente quantitativos do volume, tomando-se cuidados para evitar possíveis problemas causados pelo ar aprisionado. Isso pode ser conseguido, segundo os autores, trabalhando sob vácuo ou usando pressão positiva que force as bolhas de ar ou fluídos para fora do canal;

3 – o pH do corante usado no estudo deve ser conhecido;

4 – deve-se determinar a relação quantitativa entre a saída de produtos bacterianos do canal e a inflamação periapical”.

6.3.2 - Sistema de transporte de fluído

O sistema de transporte de fluído pode ser utilizado para medir infiltração de diversos materiais e não só obturadores, como ANDERSON; POWELL; PASHLEY⁶ (1989), que mediram a microinfiltração de materiais restauradores temporários (CAVIT, IRM e TERM) por uma técnica de filtração de fluído em vários intervalos de tempo e após stress térmico. Pode, ainda ser utilizado para avaliar infiltração em obturações após preparo para pino^{25,26} ou em selamento de perfurações^{28,38}.

Utilizamos uma metodologia muito semelhante à primeiramente descrita por DERKSON; PASHLEY; DERKSON²⁴ (1986), que descreveram essa metodologia mas utilizaram-na para a detecção de microinfiltração ao redor dos materiais restauradores. Esse sistema de medição permite a medição sequencial quantitativa da permeabilidade dentinária e microinfiltração²⁸.

Essa metodologia foi usada para avaliar as propriedades seladoras de materiais temporários por PASHLEY et al.⁷⁹ em 1987 e foi modificada por WU et al.¹⁰³, em 1993, para estudos de infiltração endodôntica.

KING et al.⁵⁶, em 1990, realizaram uma avaliação longitudinal em obturações retrógradas usando um sistema de filtração de fluído, semelhante ao descrito por DERKSON; PASHLEY; DERKSON²⁴ (1986), usando esse sistema com o líquido contendo 0,2% de fluoresceína, a fim de ajudar na visualização da microinfiltração na interface material retrobturador/dente. Ao contrário do trabalho pioneiro, a infiltração dessa vez foi feita via coronária. Portanto, reuniu características de 2 metodologias (filtração de fluído e corante) para complementarem suas informações. Concluíram que o método de filtração de fluído para medição de microinfiltração é um método confiável, permitindo medidas quantitativas de microinfiltração por vários períodos sem destruição dos espécimes¹⁰³.

Essa metodologia, portanto, foi e ainda está sendo muito utilizada³⁸.

O modelo para o sistema de transporte de fluido proposto por WU et al.¹⁰³ (1993) consiste em se manter uma pressão constante de 120 kPa (1,2 atm) sobre um sistema de tubos contendo água destilada que será forçada através de tubos de plásticos conectados à porção coronária de uma raiz obturada. A porção apical deve estar conectada a um outro tubo plástico que, por sua vez, estará conectado a um tubo capilar de vidro com 20 μ L, diâmetro interno uniforme e 170 mm de comprimento. Uma bolha de ar de aproximadamente 3 mm de comprimento deve ser introduzida através da porção aberta do capilar e ajustada a uma posição adequada no tubo. Todas as conexões são, então, bem seladas com pedaços de fio de aço inoxidável com diâmetro de 0,2 mm ao redor de todos os tubos. Todo o aparato foi condicionado em um banho de água a 20°C para padronização, já que os resultados das medições obtidos entre 20 e 37°C foram similares. A pressão força a passagem da água através das falhas da obturação, caso elas existam em toda a extensão dessa obturação, deslocando a bolha de ar dentro do capilar, pelo transporte da água. O volume de cada espécime deve ser medido pela observação desse movimento da bolha de ar. Os resultados indicaram que o fluido atravessa pelas obturações, mesmo que elas não permitam a passagem de bactérias.

As variáveis importantes que influenciam o transporte de fluido, segundo os autores, são mostradas na seguinte fórmula:

$$V = \frac{\pi \cdot P \cdot r^4}{8 \cdot L \cdot \eta}$$

Onde V (m³/s) é o movimento do fluido, P (Pa) é a diferença de pressão entre as extremidades, L (m) é o comprimento e r é o raio (m) da falha e η (Pa . s) é a viscosidade do fluido. A pressão usada nesse trabalho foi de 1,2 atm (=1,2 x 10⁵ Pa), similar a usada por DERKSON; PASHLEY; DERKSON²⁴ (1986) e a viscosidade da água é 10⁻³ Pa.s a 20°C. Se o diâmetro da menor falha que queremos detectar é

aquele largo o suficiente para passar uma bactéria, por exemplo 2 μm ($r = 10^{-6}$ m), e se o comprimento da falha em uma raiz de 10 mm de comprimento será, obviamente, de 10 mm ($=10^{-2}$ m), então, o movimento do fluído será:

$$V = \frac{\pi \times 1,2 \times 10^5 \times (10^{-6})^4}{8 \times 10^{-2} \times 10^{-3}} \text{ m}^3/\text{s} = 0,4 \text{ }\mu\text{L}/24\text{h}$$

Para esses autores, portanto, a uma pressão de 1,2 atm, uma infiltração menor que 0,4 $\mu\text{L}/\text{dia}$ seria determinada como o critério “estrito para bactéria”.

Pressões variadas foram utilizadas nesses tipos de trabalho: 20 psi⁶, 200MPa⁸, 400mmHg¹³, 15 cm de H₂O¹⁵, 30kPa (0,3 atm)^{25,26,50,103,109,110}, 1,2 atm²⁸, 16 psi (1125 cm H₂O).⁴⁹

WU; KONTAKIOTIS; WESSELINK¹⁰⁸ (1998), relataram que a aplicação de pressões muito altas pode não simular condições reais. Clinicamente, uma obturação retrógrada poderia estar sob certa pressão, resultante de sangramento local e edema causados pela cirurgia e sabe-se que a pressão das arteríolas pulpaes é de 43,35 mmHg, indicando, portanto, que a pressão na menor arteríola periapical será maior que esse valor. Mas a pressão periapical aplicada sobre uma obturação retrógrada pode ser aumentada quando o dente está em mastigação. Embora esse valor exato de pressão seja desconhecido, parece que a pressão de 0,1 atm ($=76$ mmHg) usada neste estudo, não seria muito maior e poderia ter relevância clínica. Entretanto, não existe a determinação de um pressão ideal para esses testes.

Neste trabalho foi utilizada a pressão positiva de 10 psi⁵⁶. Assim, para facilitar comparações com outras unidades de medida, 10 psi é o equivalente a: 68945 Pa ($=0,069$ MPa, $=68,95$ KPa), 0,689 bar ($=689,48$ mbar), 0,68 atm, 0,703 kgf/cm², 1440 lb/pe², 277,08 polH₂O, 20,36 polHg, 693,40 cmH₂O, 51,00 cmHg ou

510,04 torr. No **anexo 7** está uma tabela de conversão das diversas unidades de pressão.

Sendo o sistema de transporte de fluído um sistema fechado contendo água pressurizada, qualquer movimento de fluído no seu interior afeta todo o sistema. Portanto, a colocação do espécime testado no meio do sistema, como proposto por WU et al.¹⁰³ (1993), ou no final, como realizado neste trabalho, não parece fazer diferença. A sua colocação no final, entretanto, facilitou bastante a troca dos espécimes.

ABRAMOVITZ et al.¹ (2001) também propuseram um esquema modificado para adaptação dos espécimes, confeccionando uma câmara fechada com duas extremidades de seringas Luers de diâmetros diferentes mas obtendo um aparato com 2 saídas padrão Luer, facilitando a adaptação dos espécimes no sistema.

Nesse trabalho, idealizamos uma conexão diferente dos espécimes ao sistema. Essa conexão objetiva a simplicidade, sendo de fácil confecção, não afetar a integridade dos espécimes e a facilidade de conexão e desconexão ao sistema. Utilizamos para isso segmentos de 1,5 mm de comprimento e 5 mm de diâmetro total de mangueira de látex, material facilmente encontrado, cujo diâmetro interno é de 3 mm, o que exigia um estiramento desse tubo para a entrada das raízes em sua luz, proporcionando, portanto, uma vedação física ao vazamento de água do sistema. A expulsividade, característica das raízes, exigiu o uso da abraçadeira de plástico, evitando que as raízes fossem expulsas da mangueira de látex. Outro material que poderia ser utilizado para essa fixação seriam fios de aço, mas optou-se pelas abraçadeiras de plástico pela sua facilidade de uso.

CALLIS; MANNAN¹³ (1994) utilizaram um sensor de micropressão na porção coronária para registrar a diferença de pressão que ocorresse entre ela e a porção apical, onde havia uma câmara com pressão constante (400 mm Hg).

O trabalho de WU; DE GEE; WESSELINK¹⁰⁵, em 1994, avaliou a sensibilidade de um método de penetração de corante comparado a um modelo de transporte de fluído, sendo que os espécimes de um grupo passaram pelo sistema de fluído antes da imersão em corante, exatamente como foi feito neste presente trabalho. Os resultados, deste trabalho de WU DE GEE; WESSELINK¹⁰⁵, mostraram que após o uso de transporte de fluído sob baixa pressão, para eliminar o ar aprisionado, o corante penetrou significativamente mais profundamente do que sem o transporte de fluído prévio, o que sugere que o ar aprisionado ao longo das obturações preveniu a infiltração de corante. Ainda, o teste de transporte de fluído detectou mais raízes que permitiram infiltração por toda sua extensão. Portanto, se a penetração de corante for a metodologia escolhida, o transporte de fluído parece ser o método preferível para aplicar pressão reduzida com o objetivo de eliminar o ar aprisionado, já que uma pressão bem menor é necessária, com menor risco, portanto, de danificar a obturação.

ÇOBANKARA et al.¹⁷ (2002) usaram metodologia muito semelhante a utilizada neste trabalho para avaliar quantitativamente a microinfiltração de dentes obturados por condensação lateral com os cimentos: AH Plus, Roeko Seal, Ketac Endo e Sultan, utilizando pressão de 3 psi (0,2 atm) e um cilindro de O₂ para criar a pressão positiva. Destacaram que o uso de pressão positiva, usada nesse método, ajuda a evitar alguns problemas causados pelo ar ou fluído aprisionados na obturação, que podem distorcer os resultados de estudos com infiltração de corantes (GOLDMAN - 1989³⁶), e que a sensibilidade do sistema pode ser ajustada alterando-se a pressão usada e o diâmetro da micropipeta. Os autores relatam que esse método tem se mostrado mais sensível que a penetração de corante para a detecção de falhas ao longo de toda a obturação, além de ser facilmente reproduzível^{103,105}. Sua maior vantagem é a capacidade de medir microinfiltração sem destruir os espécimes e permitir observações repetitivas da capacidade seladora do mesmo espécime ao longo do tempo¹⁰⁶.

6.4 - Dos Resultados

O azul de metileno é um corante orgânico muito utilizado pela facilidade de seu preparo e pela sua característica de forte marcador, possibilitando sua fácil identificação e, portanto, fácil leitura dos resultados. Seu baixo peso molecular, 373,90, possibilita sua penetração em espaços menores até que uma bactéria. Sua fórmula química é $C_{16}H_{18}ClN_3S \cdot 3H_2O$:

Sua grande capacidade de penetração já foi mostrada em inúmeros trabalhos, alguns comparando-o a outros corantes, como AHLBERG; ASSAVANOP; TAY² (1995), que obtiveram resultados mostrando sua maior capacidade de penetração quando comparado ao nanquim. MATLOFF et al.⁶⁹ (1982) compararam-no ao cálcio, carbono e iodo radioativos e verificaram que o azul de metileno mostrou maior infiltração que qualquer marcador isótopo radioativo. Esses autores explicam que o azul de metileno é muito solúvel em água, penetrando facilmente em locais úmidos e não se adsorve à matriz dental ou cristais de apatita.

ANJOS⁷ (1985), observou maior magnitude de infiltração e menor coeficiente de variabilidade da Rodamina B do que o azul de metileno, em obturações realizadas pela técnica da condensação lateral e cimento de cimento de óxido de zinco e eugenol .

Um dos primeiros trabalhos demonstrando que o hidróxido de cálcio teria influência sobre a infiltração apical em testes utilizando azul de metileno foi de WEISENSEEL; HICKS; PELLEU¹⁰² (1987). Esses autores, utilizando-se azul de

metileno a 2% como marcador para medição de infiltração apical, observaram que raízes com ápices amplos, que receberam tampões de hidróxido de cálcio previamente à obturação, demonstraram infiltrações significativamente menores do que nas raízes sem esses tampões. Explicaram que o efeito positivo que esse tampão teria sobre o selamento apical parecia ser maior que os efeitos negativos que algum resíduo nas paredes do canal poderia causar.

MORAES et al.⁷³, em 2000, avaliando a influência do curativo de hidróxido de cálcio na marcação da infiltração marginal do azul de metileno a 2%, em obturações de canais radiculares realizadas com cimento de óxido de zinco e eugenol ou pasta de hidróxido de cálcio, concluíram que o hidróxido de cálcio, empregado tanto na forma de curativo como de pasta obturadora, diminuiu a magnitude de infiltração. O emprego do EDTA previamente ao curativo de hidróxido de cálcio, melhorou o selamento das obturações com cimento de óxido de zinco e eugenol e o seu emprego antes e após o curativo promoveu um aumento da infiltração marginal em canais obturados pelo mesmo cimento, não promovendo interferências estatisticamente significantes nos resultados de canais obturados com pasta de hidróxido de cálcio. Os resultados mostraram, portanto, bons resultados nos dentes obturados com pasta de hidróxido de cálcio juntamente com cones de guta-percha e, certamente, essa pasta não possui as propriedades físicas exigidas de um material obturador para propiciar selamento eficiente, daí a suspeita de um resultado falso-negativo.

PORKAEW et al.⁸⁴ (1990) avaliando, tanto a penetração linear do corante azul de metileno quanto a medição volumétrica (com descalcificação e medição em espectrofotometria do corante recuperado), verificaram uma correlação significativamente grande entre as infiltrações linear e volumétrica, mostrando que a infiltração entre grupos que receberam curativo de hidróxido de cálcio foi significativamente menor que o grupo controle, sem curativo antes da obturação. Explicaram essa situação considerando que o hidróxido de cálcio residual pode ter sido incorporado no cimento durante a obturação, causando uma diminuição na

permeabilidade do próprio cimento. Outra possibilidade pode ser que o hidróxido de cálcio tenha sido transportado ou forçado mecanicamente contra os túbulos dentinários, ocluindo suas entradas e diminuindo a permeabilidade dentinária, o que poderia diminuir a capacidade do corante penetrar nas paredes do canal circundantes. Outra consideração importante é que o hidróxido de cálcio pode reagir formando carbonato de cálcio, o qual é reabsorvível e poderia, com o passar do tempo, criar espaços na interface raiz/obturação.

Tais resultados não estão de acordo com os nossos em relação à rodamina B e ao transporte de fluído; já os resultados relativos ao azul de metileno estão semelhantes.

Um trabalho recente, de 2004, realizado por RAJPUT; JAIN; PATHAK⁸⁵, fez uma avaliação muito semelhante a de MORAES et al.⁷³ (2000), comparando a capacidade seladora de dentes obturados por uma pasta de hidróxido de cálcio (Vitapex) com cone único, comparando-a a obturações pela técnica da condensação lateral com um cimento à base de óxido de zinco e eugenol contendo hidróxido de cálcio (dentalis KEZ) ou cimento de óxido de zinco e eugenol puro. Verificaram que quando utilizou-se o cimento contendo hidróxido de cálcio, o corante azul de metileno infiltrou relativamente menos quando comparado ao cimento de óxido de zinco e eugenol mas a observação mais interessante foi que a pasta de hidróxido de cálcio com cone único propiciou um adequado selamento apical contra a infiltração de corante, sendo que 13 espécimes desse grupo, de um total de 30, não mostraram nenhuma infiltração, assim como 11 do grupo do cimento contendo hidróxido de cálcio e 4 do grupo obturado com cimento de óxido de zinco e eugenol puro. Apesar da metodologia de diafanização com o uso de azul de metileno parecer pouco sensível (já que esse não seria melhor o corante para essa técnica⁹³), considerando que obteve obturações com cimento de óxido de zinco e eugenol sem infiltração, o que parece ir contra a literatura e a realidade sobre a capacidade seladora desse material, é de se admirar que uma pasta com cone único apresente selamento total de quase metade das amostras. Justificam que a menor infiltração dos 2 materiais

contendo hidróxido de cálcio pode ser devido à melhor capacidade seladora do hidróxido de cálcio, utilizando as mesmas explicações dadas por PORKAEW et al.⁸⁴. Tal explicação foi, posteriormente utilizada, também, nos trabalhos de HOLLAND et al.⁴⁰⁻⁴⁴ e HOLLAND; MURATA³⁹, discutidos a seguir.

HOLLAND et al.⁴⁰, em 1993, avaliaram a persistência de resíduos de hidróxido de cálcio após o uso de diferentes técnicas para sua remoção (ampliação da luz do canal, uso de EDTA, irrigação com hipoclorito de sódio) e sua influência na qualidade do selamento marginal de obturações, utilizando o corante azul de metileno a 2%. Os resultados mostraram que o emprego do hidróxido de cálcio determina significativa melhora na qualidade do selamento marginal da obturação de canal e que esse efeito persiste após o emprego dos diferentes procedimentos para remoção do mesmo.

Essa melhora do selamento após o uso de hidróxido de cálcio, tentou ser explicada em trabalho do mesmo ano por HOLLAND; MURATA³⁹, que compararam o selamento marginal obtido após o uso de curativos à base de hidróxido de cálcio seguido de obturação com cones de guta-percha associado ao cimento Sealapex ou óxido de zinco e eugenol. A infiltração foi avaliada usando-se solução de azul de metileno a 2%. Observou-se diminuição da infiltração marginal das obturações após o uso de hidróxido de cálcio como curativo de demora onde se utilizou cimento de óxido de zinco e eugenol, não ocorrendo o mesmo com o Sealapex, provavelmente por esse já conter hidróxido de cálcio em sua composição, não sofrendo, portanto, tanta influência do uso do curativo. Os autores acreditam que resíduos de hidróxido de cálcio permanecem no canal, mesmo após as tentativas para sua remoção, podendo ser incorporado ao cimento obturador, causando uma diminuição da permeabilidade. Explicam, que o hidróxido de cálcio poderia penetrar nos túbulos dentinários promovendo sua oclusão e diminuindo a penetração do corante ou, ainda, o hidróxido de cálcio poderia formar carbonato de cálcio, que por ser reabsorvível, poderia criar espaços na interface obturação/parede do canal a longo prazo. Ainda, o hidróxido de cálcio pode promover não só uma

aceleração da presa dos cimentos mas também uma expansão, possibilitando melhor selamento marginal. Salientam, portanto, a ação física do hidróxido de cálcio barrando a infiltração do corante, que poderia melhorar a qualidade do material obturador.

HOLLAND et al.⁴¹, em 1995, explicaram da mesma forma os resultados obtidos na avaliação da infiltração apical em dentes obturados pela técnica da condensação lateral após uso de medicação com hidróxido de cálcio, com uso de azul de metileno a 2%, sendo significativamente menor em grupos que receberam esse curativo. Esses resultados persistiram até mesmo após a remoção de 300 µm de dentina das paredes do canal, sendo que os autores acreditam, que a possibilidade de restar hidróxido de cálcio residual após a remoção dessa dentina é mínima, podendo estar também ocorrendo, portanto, a penetração de hidróxido de cálcio nos túbulos dentinários.

Os resultados obtidos por ÇALISKAN; TURKUN; TURKUN¹² (1998) contrariam essa teoria de condensação do hidróxido de cálcio nos túbulos dentinários. Os autores avaliaram *in vitro* os efeitos de pastas à base de hidróxido de cálcio usadas como curativo sobre obturações de canal. Seus achados indicaram que realmente há a presença de resíduos de hidróxido de cálcio após a remoção do curativo, porém, sem penetrar nos túbulos dentinários e, ainda, que a presença desse resíduo não é o único fator responsável pela redução da infiltração apical, sendo mais importante o tipo de cimento utilizado. LAMBRIANIDIS; MARGELOS; BELTES⁶⁰ (1999) demonstraram que realmente há uma grande dificuldade em se remover esses resíduos, até mesmo com associação de instrumentação e irrigação com hipoclorito de sódio e EDTA.

Entretanto, ÇALT; SERPER¹⁴ (1999) demonstraram que o uso de EDTA associado ao hipoclorito de sódio resultou em completa remoção da pasta de hidróxido de cálcio, possibilitando a penetração dos cimentos CRCS, AH26 ou Ketac

Endo nos túbulos dentinários, quando utilizados associados à técnica da condensação lateral.

Um trabalho de HOLLAND et al.⁴² (1995), mostrou o efeito de diversos tratamentos das paredes do canal, previamente à obturação com um cimento à base de ionômero de vidro, Sealapex ou cimento de óxido de zinco e eugenol, utilizando, também, metodologia de infiltração com azul de metileno a 2%. A medição linear de infiltração mostrou que o Sealapex, que contém hidróxido de cálcio na sua composição, exibiu infiltração significativamente menor que os outros dois cimentos e o uso de EDTA e curativos reduziu significativamente a infiltração observada com os cimentos de óxido de zinco e eugenol e Ketac Endo, supondo-se ser possível que essas drogas possam produzir uma expansão do material ou tornar-se uma camada entre o material e as paredes do canal, reduzindo a infiltração. A propriedade seladora do cimento de óxido de zinco e eugenol também foi melhorada quando se utilizou hidróxido de cálcio antes da obturação. É importante observar que somente para o Sealapex não houve diferenças significantes com o tratamento com EDTA ou outro curativo. Cabe lembrar, novamente, que esse cimento possui hidróxido de cálcio na sua composição, podendo o efeito desse hidróxido de cálcio incorporado ao cimento ter sido superior até mesmo pelo seu volume, do que os resíduos dos curativos utilizados.

Os achados de SONAT⁸⁹ (1991) mostraram que o Sealapex e o CRCS, ambos contendo compostos de cálcio, falharam em produzir um selamento apical efetivo, mostrando um aumento do grau de infiltração do azul de metileno com o tempo, sendo esse fato atribuído à alta solubilidade desse cimento. Mas será que realmente houve dissolução dos cimentos pelo azul de metileno, aumentando a interface entre a obturação e as paredes do canal? É importante observar que o autor não cita o pH da solução. Contrariando esses achados sobre o Sealapex, SLEDER et al.⁸⁸, simulando *in vitro* um teste de solubilidade desse cimento, comparando-o a outro à base de óxido de zinco e eugenol, não encontraram dissolução estatisticamente significativa entre os cimentos, e sugeriram que,

portanto, os 2 cimentos teriam capacidade seladora comparáveis sem infiltração significativa, mesmo após longa exposição a fluídos. Isso poderia, inclusive, permitir tempo suficiente para ação bioquímica do hidróxido de cálcio em estimular calcificação e selamento biológico do forame apical.

WU; WESSELINK; BOERSMA¹⁰⁶, em 1995, mostraram com o uso de um sistema de transporte de fluído que o Sealapex obteve médias de infiltração significativamente maiores que os demais cimentos testados (AH 26, Ketac Endo e TubliSeal), sendo, inclusive, significativamente maior após a estocagem em água por 1 ano. Concluíram que a capacidade seladora dos cimentos pode, entre outros fatores que a influenciam, depender da espessura da camada de cimento e da solubilidade do material.

Até mesmo cones de guta-percha contendo hidróxido de cálcio em sua massa foram considerados capazes de melhorar o selamento apical de obturações *in vitro*, como em trabalho de HOLLAND et al.⁴³ (1996). Compararam esses espécimes, que não receberam curativo de hidróxido de cálcio, com aqueles que receberam e foram obturados, após remoção do curativo com instrumentação e água destilada, com guta-percha convencional ou também contendo hidróxido de cálcio. Foram usados os cimentos Endomethaseone, de Grossman e óxido de zinco e eugenol puro. Após imersão em azul de metileno a 2%, os resultados mostraram que os grupos que receberam curativo de hidróxido de cálcio e os grupos que foram obturados com guta-percha contendo hidróxido de cálcio exibiram médias de infiltração significativamente menores que os grupos obturados com guta-percha convencional. Os resultados obtidos indicam que os cones contendo hidróxido de cálcio produziram uma melhora na qualidade do selamento apical das obturações, sendo que os cimentos de Grossman e de óxido de zinco e eugenol mostraram menor infiltração após o uso de hidróxido de cálcio. Os autores explicam que o hidróxido de cálcio de dentro do cone possa ser liberado durante a obturação, já que o da superfície estaria convertido em carbonato de cálcio por reação com CO₂.

Os mesmos resultados foram mostrados por HOLLAND et al.⁴⁴ (2004), que também utilizaram metodologia com azul de metileno a 2% para verificar que melhores resultados foram obtidos em dentes obturados com pontas de guta-percha contendo hidróxido de cálcio quando comparada à guta-percha convencional, tanto quando se utiliza cones principais e secundários contendo hidróxido de cálcio como quando se utiliza apenas cones principais contendo hidróxido de cálcio. As mesmas explicações do trabalho anterior são dadas.

GIMBEL; CORREA; LIN³⁴ (2002) não verificaram diferença estatística entre grupos experimentais de dentes obturados e preparados para pino que receberam ou não curativo de hidróxido de cálcio na porção desobturada do canal, o qual foi removido após 30 dias com hipoclorito de sódio a 1% antes da imersão de todos os espécimes em solução de azul de metileno a 2%. Os autores falam da possibilidade de ficarem resquícios de hidróxido de cálcio, já que alguns espécimes mostraram infiltração bem menor que no grupo sem uso do hidróxido de cálcio. Discutem que isso deve ocorrer devido um preenchimento, pelos resíduos de hidróxido de cálcio, dos micro-espacos existentes entre o cimento, os cones de guta-percha e as paredes do canal, considerando, portanto, uma ação física do hidróxido de cálcio.

Todos esses achados são concordes com os nossos em relação ao azul de metileno, mas com o sistema de transporte de fluído e com a infiltração com Rodamina B não encontramos diferenças estatisticamente significantes entre os grupos com e sem uso de hidróxido de cálcio previamente à obturação, levando-nos à deduzir que essas explicações até aqui sugeridas não são suficientes para elucidar esses achados.

Considerando os resultados desses trabalhos com azul de metileno que mostraram infiltração apical diminuída ao longo de obturações após a aplicação de hidróxido de cálcio, e a demonstração na literatura de que o azul de metileno é descolorido pela alcalinidade do hidróxido de cálcio, indicando que essa pouca

penetração de azul de metileno pode não ser devido apenas ao bom selamento, KONTAKIOTIS; WU; WESSELINK⁵⁷ (1997) compararam a infiltração em segmentos de raízes obturados com guta-percha e cimento à base de óxido de zinco e eugenol, após o uso ou não de curativo de hidróxido de cálcio. Verificaram, com a metodologia do sistema de transporte de fluido, não haver diferença significativa entre os 2 grupos em nenhum momento, contradizendo com os resultados obtidos com penetração do corante azul de metileno, onde a infiltração no grupo que havia recebido curativo de hidróxido de cálcio foi significativamente menor que no grupo sem curativo, concordando totalmente com nossos resultados. Provavelmente o hidróxido de cálcio residual ou os íons hidroxila que restaram na dentina foram responsáveis por esse fenômeno. Nesse estudo, o azul de metileno penetrou em todo o comprimento de 2 raízes controle negativo não obturadas que receberam curativo de hidróxido de cálcio. O volume de azul de metileno nessas raízes era muito maior que aquele nas falhas ao longo das obturações, não sendo, então, descolorido. Também, notou-se que das 200 medições obtidas com o sistema de transporte de fluido, 161 (81%) mostraram alguma passagem de fluido, representando detecção de uma falha ao longo de toda a obturação. Dos 20 dentes do grupo que não receberam hidróxido de cálcio, apenas 3 (15%) mostraram penetração total de azul de metileno. Isso indica a baixa sensibilidade da penetração passiva de corante que não é devido apenas à descoloração do corante mas também a outros fatores, como o ar aprisionado.

Portanto, uma característica muito importante a ser considerada desse corante é a sua incompatibilidade com alcalinidade e agentes redutores⁹².

Talvez o trabalho de LIMKANGWALMONGKOL et al.⁶² (1991) e LIMKANGWALMONGKOL; ABBOTT; SANDLER⁶³ (1992) possam oferecer subsídios para mostrar que uma maior quantidade de azul de metileno sendo forçada para o interior das falhas de uma obturação possa não ser neutralizada, permitindo a marcação do corante. Esses autores encontraram maior infiltração marginal para o Sealapex em relação a outros cimentos, inclusive com um à base de óxido de zinco

e eugenol, quando utilizaram a centrifugação, forçando a solução corante em direção da massa obturadora, ao invés de esperar que a ação capilar possibilitasse o movimento do fluido por penetração passiva, evitando, talvez a ação da alcalinidade na descoloração do azul de metileno.

WU; KONTAKIOTIS; WESSELINK¹⁰⁷, em 1998, avaliaram a estabilidade da cor do azul de metileno em contato com 6 materiais obturadores e demonstraram que o azul de metileno é descolorido por alguns materiais obturadores, principalmente pelo hidróxido de cálcio e agregado trióxido mineral, testados nesse trabalho, o que pode resultar em marcações e resultados não confiáveis para esses materiais em estudos de infiltração.

Discutiram que dependendo da quantidade de descoloração desse azul de metileno nas falhas, o corante que penetrou ao longo da junção obturação/dente poderá ou não ser visto e medido. Isso será determinado pela área de superfície de contato entre o material e o corante e o volume da solução de corante que infiltrou, entre outros fatores. Quanto maior a área penetrada, ou quanto menor o volume de corante penetrado, maior a proporção área/volume e maior a descoloração. Infelizmente, é muito difícil, se não impossível, conseguir coletar pequenas amostras de corante em uma falha e checar a descoloração do mesmo.

Em estudos de penetração de corantes, muitos espécimes são imersos na solução corante em um frasco grande. O corante do frasco pode estar sendo descolorido também pelos materiais testados nesses casos, mas devido ao grande volume de corante, a proporção área/volume no frasco é muito baixa, sendo a descoloração do corante muito menos significativa no frasco do que nas falhas da obturação. A proporção área/volume no frasco pode ser aumentada, aumentando a área de superfície do material imerso e reduzindo o volume do frasco e do corante.

Nesse estudo¹⁰⁷, a descoloração do azul de metileno nos frascos foi observada numa simulação de experimento de infiltração de corante. Procedimentos

foram feitos para aumentar tanto quanto possível a proporção área/volume no frasco, sendo que a mudança da densidade óptica do corante azul de metileno no frasco foi medida durante a imersão de diferentes materiais obturadores.

Os autores explicaram que o azul de metileno é instável com pH alcalino e hidrolisado para uma forma transparente de tional:

Azul de metileno + água → violeta de metileno → tional

Isso explica porque nesse estudo o azul de metileno foi descolorido pelo hidróxido de cálcio e pelo MTA que contém óxido de cálcio que, com adição de água, forma hidróxido de cálcio, o qual descolore o azul de metileno.

Em muitos estudos de penetração com azul de metileno, pequena infiltração foi observada ao longo de obturações de materiais contendo hidróxido de cálcio ou MTA, levando à conclusão que eles promoveriam um bom selamento^{41,42,63,84}. Essas conclusões podem ser questionadas considerando os achados desse estudo em que o azul de metileno foi fortemente descolorido após 24 horas de imersão em MTA ou hidróxido de cálcio.

Por outro lado, o azul de metileno é azul em sua forma oxidada; todavia, pode ser reduzido, tornando-se incolor:

Portanto, o amálgama (contendo prata e zinco), Cavit (contendo óxido de zinco) e cimento de óxido de zinco e eugenol podem, também, descolorir o azul de metileno por conter agentes redutores, como o Zn, Cu, Ag, etc...

Ainda nesse trabalho¹⁰⁷, o azul de metileno dos frascos, onde a proporção área/volume é de pelo menos 15000 vezes menor que nas falhas, foi descolorido significativamente pelo MTA e hidróxido de cálcio, indicando que o azul de metileno nas falhas pode ser realmente descolorido por esses materiais ou até mesmo tornar-se quase incolor. Assim, a intensidade de descoloração nas falhas deve ser maior que nos frascos.

Portanto, a medição de penetração do azul de metileno, na maioria das vezes, não revela o comprimento total das falhas, sendo que isso é determinado por alguns fatores incluindo a taxa de descoloração da solução de azul de metileno dentro das falhas e a proporção de difusão da solução fresca de azul de metileno, do frasco, nessas falhas. Isso pode, em parte, explicar porque bactérias penetram em toda a extensão de canais obturados⁸⁰, enquanto a penetração de azul de metileno tem sido relatada em menos de 4,5 mm ao longo da obturação em 80% de 23 trabalhos publicados entre 1980 -1990¹⁰⁴.

A confiabilidade dos resultados de testes de infiltração depende, portanto, das propriedades químicas dos materiais testados e do corante utilizado. Outros corantes, como a tinta nanquim, eosina, Rodamina B, etc... têm sido também usados em estudos de infiltração. Os autores¹⁰⁷ sugerem que a influência dos materiais testados sobre a densidade óptica dos corantes a serem utilizados seja avaliada antes do experimento com infiltração ser realizado.

Mesmo sabendo que o azul de metileno sofre essa descoloração pela alcalinidade do hidróxido de cálcio, é preciso muito critério ao se analisar os resultados de um trabalho. Por exemplo, AHLBERG; ASSAVANOP; TAY² (1995) compararam a infiltração em obturações pela técnica da condensação lateral com os cimentos Sealapex, TubliSeal e Ketac Endo e obtiveram maiores medidas de infiltração linear do azul de metileno a 5% do que a tinta nanquim, mesmo no grupo do Sealapex, que possui óxido de cálcio na sua composição e alta solubilidade, o que deve promover a descoloração do azul de metileno. Mas, mesmo com esse

efeito, a penetração do azul de metileno, devido à seu peso molecular menor, proporcionou maiores médias de infiltração do que a tinta nanquim, que tem partícula maior.

DEMARCO et al.²³, em 2001 avaliaram a microinfiltração em uma resina durante um tratamento clareador interno e concluíram que o grupo que recebeu o agente clareador perborato de sódio apresentou médias de infiltração de azul de metileno a 0,5% significativamente maior que o grupo controle, que não recebeu material clareador, e o outro grupo que recebeu curativo de hidróxido de cálcio após o uso do perborato de sódio. Concluíram que o clareamento usando perborato de sódio e peróxido de hidrogênio aumentou a microinfiltração e o uso de curativo de hidróxido de cálcio por pouco tempo não, quando comparado ao grupo controle. Será que o hidróxido de cálcio realmente proporciona melhor selamento até mesmo em material restaurador resinoso ou os resultados podem ter sido interpretados incorretamente, pela impossibilidade de leitura da profundidade real de penetração do azul de metileno por descoloração do mesmo frente à alcalinidade do hidróxido de cálcio?

Ainda, BARKHORDAR; BUI; WATANABE⁹, em 1989, com o uso de infiltração do corante nanquim e diafanização, não encontraram diferença estatística entre o Sealapex os outros quatro cimentos testados, inclusive o AH 26.

Também KIM; KIM⁵⁵ (2002), utilizando nanquim como marcador, observaram que dentes que receberam curativo de hidróxido de cálcio previamente à obturação, pela técnica da condensação lateral e cimento à base de óxido de zinco e eugenol, mostraram infiltração significativamente maior que o grupo sem curativo de hidróxido de cálcio (controle), não havendo diferença entre os grupos com uso de hidróxido de cálcio, removido com o uso de uma lima um número maior que o instrumento memória associado à irrigação com NaOCl 2,5% e EDTA 15% ou com lima de mesmo número do instrumento memória associado à irrigação com NaOCl 2,5%. Algumas explicações devem ser consideradas para a diferença dos

resultados desse trabalho e os trabalhos de HOLLAND et al.⁴² (1995). Primeiro, não é provável que a diminuição da permeabilidade dentinária vá levar a uma diminuição na infiltração apical, a qual ocorre entre a parede do canal e o cimento, entre o cimento e a guta-percha ou dentro do próprio cimento. Segundo, quando o hidróxido de cálcio foi misturado ao cimento de óxido de zinco e eugenol, é relatado a formação de um composto hidróxido de cálcio-eugenol por ligação iônica (eugenolato de cálcio), o qual é mais solúvel, podendo ser quebrada quando há presença de água, portanto, selando menos por ter uma camada mais grossa e com maior capacidade de absorção de água que o cimento original, podendo até piorar os resultados em longos períodos. Essa interação talvez tenha produzido algumas alterações visíveis clinicamente, pois, os autores relataram que nos grupos que receberam curativo de hidróxido de cálcio, os cimentos tinham aparência de espessura irregular e não-homogênea, mostrando algumas fendas e lacunas ao redor da obturação.

CAMPS; PASHLEY¹⁵, em 2003, com o método clássico de penetração de corante (azul de metileno a 2% tamponado por 24 horas) não encontraram diferença significativa entre o Sealapex e os cimentos Pulp Canal Sealer, AH Plus, e Ketac Endo. No mesmo trabalho, os autores verificaram que o Sealapex apresentou o maior grau de infiltração apical utilizando as metodologias de filtração de fluido e extração de corante por dissolução em ácido nítrico a 65%. Parece, portanto, que o resultado da infiltração do azul de metileno no Sealapex ficou prejudicado no teste de infiltração convencional.

A Rodamina B é outro corante que possui baixo peso molecular, 479,00, cuja fórmula química é $C_{28}H_{31}ClN_2O_3$:

ALMEIDA et al.⁴, em 2003 compararam 3 diferentes métodos *in vitro* usados para avaliar níveis detectáveis de microinfiltração em restaurações de resina composta, imergindo os dentes seqüencialmente em: soluções contendo ⁴⁵Ca, azul de metileno a 0,5% (pH 3,6) e Rodamina B 0,5% (pH 2,5). A Rodamina B tem sido descrita como possuidora de uma molécula relativamente grande com uma área de 1,75 nm². A do azul de metileno foi calculada em cerca de 0,52 nm², portanto muito menor. Para efeito de comparação, o diâmetro do túbulo dentinário varia de 0,5 a 4,0 µm³⁰. O ⁴⁵Ca tem aproximadamente 0,031 nm². Se fosse esperado infiltração seguindo o tamanho das moléculas, o ⁴⁵Ca deveria apresentar as maiores médias de infiltração. Os resultados mostraram que a Rodamina B detectou mais microinfiltração que o ⁴⁵Ca ou azul de metileno, e o ⁴⁵Ca geralmente detectou mais microinfiltração que o azul de metileno, estando de acordo com CHAN; JONES¹⁶ (1992) que sugeriu que o tamanho das partículas do corante não é o único fator importante a influenciar a microinfiltração. Uma possível explicação para esse fenômeno é que pode ocorrer troca iônica entre os íons cálcio dos tecidos dentais e aqueles da solução de isótopos. Esses autores disseram que: “A interação entre a estrutura dental e um marcador pode interferir na performance de um outro marcador. A capacidade de um marcador demonstrar microinfiltração é mais dependente de seu coeficiente de penetração, uma propriedade que está relacionada ao ângulo de contato do marcador com a superfície em contato”. Ainda, esse trabalho teve 2 examinadores, sendo que a correlação entre suas observações

em relação ao azul de metileno foi quase perfeita, provavelmente pelo aumento de 36X e o contraste excelente do mesmo com os tecidos adjacentes. As observações com o ^{45}Ca tiveram concordância moderada, sendo que esse método poderia ser considerado menos confiável para a distinção de pequenas diferenças. As observações com Rodamina B variaram de fraco para desprezível, parecendo que ela interage com o esmalte, apesar de possibilitar fácil observação das áreas onde está presente nas imagens obtidas por técnica fluorescente com Microscopia de Varredura de Laser Confocal.

A medição da penetração da Rodamina B pode ser realizada através da excitação apropriada e fluorescência com filtros de barreira⁶⁶, por tratar-se de um corante fluorescente.

Os resultados deste presente trabalho estão em acorde com a literatura. Os resultados obtidos com a Rodamina B não tiveram diferença estatisticamente significativa frente ao uso ou não de hidróxido de cálcio como curativo, o mesmo não acontecendo com a infiltração com o azul de metileno a 0,5%, que mostrou clara influência do hidróxido de cálcio sobre seus resultados, sendo significativamente menor após o seu uso.

Ainda, o azul de metileno sem o uso de hidróxido de cálcio mostrou média de infiltração maior que a Rodamina B, provavelmente pelo tamanho de suas partículas.

Em nosso trabalho, não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre os grupos que receberam ou não o curativo de demora com hidróxido de cálcio antes da obturação nas metodologias utilizando Rodamina B e transporte de fluídos, parecendo, portanto, que esse fato não teve influência na qualidade do selamento apical das obturações.

Nossos achados estão coerentes com os de KONTAKIOTIS; WU; WESSELINK⁵⁷ (1997), que a exemplo deste trabalho, também não verificaram diferença entre grupos com ou sem uso de curativo de hidróxido de cálcio, previamente à obturação com cimento de óxido de zinco e eugenol, utilizando-se do sistema de transporte de fluído, e encontraram diferença significativa entre eles com a infiltração do corante azul de metileno, sendo os valores menores pertencentes aos espécimes que receberam curativo de hidróxido de cálcio, portanto, os resultados estão perfeitamente de acordo com nossos achados.

6.5 – Considerações finais

Como salientaram LIMKANGWALMONGKOL et al.⁶² (1991), “embora muitos estudos de infiltração tenham sido feitos desde 1960, os achados desses estudos são quase impossíveis de serem correlacionados com outros já que muitos métodos e condições de teste diferentes têm sido utilizados. Entretanto, esses estudos *in vitro* proporcionam informações comparativas das performances relativas dos cimentos testados sob as mesmas condições em cada estudo e os clínicos podem usar essas informações para ajudar na escolha do cimento.” Ainda, LIMKANGWALMONGKOL; ABBOTT; SANDLER⁶³ (1992) alertaram que: “É importante lembrar que os resultados dos estudos de infiltração com corantes indicam apenas a capacidade relativa de selamento das obturações dos canais *in vitro* e eles não mostram sua capacidade de prevenir a penetração de bactérias em canais obturados *in vivo*. Antes de aceitar um novo material na rotina clínica, outros experimentos devem ser realizados para avaliar outras características das propriedades físicas e químicas desses materiais, como biocompatibilidade, solubilidade, desintegração, radiopacidade e estabilidade dimensional”.

Não há dúvidas de que todas as metodologias existentes não são por si só suficientes para oferecer resultados que possam ser considerados definitivos. Muitas dúvidas ainda persistem.

Em nosso trabalho ficou comprovado que, pela análise da metodologia em que se utilizou o sistema de transporte de fluído, bem como com a utilização do corante Rodamina B, o curativo de hidróxido de cálcio aplicado no interior dos canais, anteriormente às obturações, não teve qualquer influência no selamento apical. Todavia, quando da marcação pelo azul de metileno, os resultados foram significantes, demonstrando haver interferência do curativo.

Essa interferência tem sido relatada como que física e que, provavelmente, melhoraria, realmente, o selamento das obturações. Se esse resultado fosse observado isoladamente, poder-se-ia até supor tal ocorrência.

Considerando que apenas os resultados utilizando o azul de metileno como marcador mostrou diferença estatisticamente significativa entre os grupos com e sem uso de curativo, previamente à obturação, o mais sensato é concluir que o hidróxido de cálcio, muito provavelmente, apresentou interação química com o azul de metileno promovendo sua descoloração (pela ação da alcalinidade do hidróxido de cálcio) resultando, portanto, em dados não confiáveis.

7 Conclusões

7 CONCLUSÕES

Considerando as condições experimentais e de acordo com as metodologias utilizadas e os resultados observados, podemos concluir que:

1 – Pela metodologia do Sistema de Transporte de Fluido:

O uso de curativo de hidróxido de cálcio não teve influência significativa ($p=0,6005$) na qualidade do selamento apical nas obturações de canais realizadas pela técnica da condensação lateral ativa com cimento de óxido de zinco e eugenol;

2 – Pela metodologia de infiltração de corante:

2.1 – o curativo de hidróxido de cálcio teve influência significativa ($p=0,0015$) no selamento apical quando avaliado com o uso de azul de metileno a 0,5%;

2.2 – o curativo de hidróxido de cálcio não teve influência significativa ($p=0,5116$) na qualidade do selamento apical quando avaliado com o uso de infiltração de Rodamina B a 0,2%.

Anexos

Anexo 1 – Distâncias (em mm) percorridas pela bolha de ar a cada 2 minutos, o total percorrido no período de 8 minutos e a média aritmética proporcionados pelos espécimes do grupo que **recebeu hidróxido de cálcio** previamente à obturação e foi imerso, posteriormente, em **azul de metileno**.

amostra	2 min	4 min	soma	6 min	soma	8 min	Total	Média
1.	4,5	2,5	7,0	1,5	8,5	1,5	10,00	2,50
3.	3,5	1,5	5,0	1,0	6,0	1,5	7,50	1,88
5.	1,5	1,5	3,0	2,0	5,0	1,0	6,00	1,50
7.	5,5	4,5	10,0	3,0	13,0	3,5	16,50	4,13
9.	4,0	2,0	6,0	1,5	7,5	2,5	10,00	2,50
11.	4,0	3,5	7,5	1,5	9,0	3,5	12,50	3,13
13.	1,5	2,0	3,5	1,5	5,0	2,0	7,00	1,75
15.	5,0	2,5	7,5	3,5	11,0	2,0	13,00	3,25
17.	3,5	1,5	5,0	2,0	7,0	2,0	9,00	2,25
19.	4,0	1,5	5,5	2,0	7,5	1,0	8,50	2,13
21.	3,0	3,5	6,5	2,5	9,0	2,5	11,50	2,88
23.	5,0	4,5	9,5	2,0	11,5	3,0	14,50	3,63
25.	4,0	2,5	6,5	2,0	8,5	1,5	10,00	2,50
27.	5,0	1,0	6,0	1,5	7,5	0,5	8,00	2,00
29.	3,0	3,0	6,0	2,0	8,0	3,0	11,00	2,75
31.	8,0	3,0	11,0	4,0	15,0	1,0	16,00	4,00
Total							171,00	42,75
Média							10,69	2,67

Anexo 2 – Distâncias (em mm) percorridas pela bolha de ar a cada 2 minutos, o total percorrido no período de 8 minutos e a média aritmética proporcionados pelos espécimes do grupo que **recebeu hidróxido de cálcio** previamente à obturação e foi imerso, posteriormente, em **Rodamina B**.

amostra	2 min	4 min	soma	6 min	soma	8 min	Total	Média
2.	3,0	3,0	6,0	2,0	8,0	2,0	10,00	2,50
4.	5,5	2,5	8,0	3,0	11,0	1,5	12,50	3,13
6.	4,0	4,0	8,0	1,0	9,0	3,0	12,00	3,00
8.	3,0	2,0	5,0	2,0	7,0	2,5	9,50	2,38
10.	4,0	1,5	5,5	2,5	8,0	1,5	9,50	2,38
12.	4,5	1,5	6,0	2,0	8,0	2,0	10,00	2,50
14.	4,0	3,0	7,0	2,0	9,0	2,0	11,00	2,75
16.	3,0	3,0	6,0	1,5	7,5	2,0	9,50	2,38
18.	3,5	2,5	6,0	2,0	8,0	2,0	10,00	2,50
20.	2,0	1,5	3,5	1,0	4,5	1,0	5,50	1,38
22.	8,0	4,5	12,5	5,0	17,5	3,0	20,50	5,13
24.	4,0	4,0	8,0	2,0	10,0	3,0	13,00	3,25
26.	2,0	1,5	3,5	0,5	4,0	0,5	4,50	1,13
28.	6,5	5,0	11,5	5,0	16,5	5,0	21,50	5,38
30.	4,0	2,0	6,0	1,5	7,5	2,0	9,50	2,38
32.	3,5	1,0	4,5	2,5	7,0	0,5	7,50	1,88
Total							176,00	44,00
Média							11,00	2,75

Anexo 3 – Distâncias (em mm) percorridas pela bolha de ar a cada 2 minutos, o total percorrido no período de 8 minutos e a média aritmética do proporcionados pelos espécimes grupo que **não recebeu hidróxido de cálcio** previamente à obturação e foi imerso, posteriormente, em **azul de metileno**.

amostra	2 min	4 min	soma	6 min	soma	8 min	Total	Média
1.	1,5	2,0	3,5	2,5	6,0	1,0	7,00	1,75
3.	4,5	1,5	6,0	3,0	9,0	0,5	9,50	2,38
5.	7,0	5,5	12,5	5,5	18,0	3,5	21,50	5,38
7.	5,0	2,5	7,5	3,0	10,5	1,0	11,50	2,88
9.	7,0	4,0	11,0	5,5	16,5	3,0	19,50	4,88
11.	1,5	4,0	5,5	2,0	7,5	3,5	11,00	2,75
13.	3,5	3,0	6,5	2,0	8,5	2,0	10,50	2,63
15.	2,5	3,5	6,0	1,5	7,5	2,5	10,00	2,50
17.	1,5	3,0	4,5	1,0	5,5	1,5	7,00	1,75
19.	4,5	3,0	7,5	2,5	10,0	1,5	11,50	2,88
21.	5,5	4,5	10,0	1,5	11,5	3,5	15,00	3,75
23.	1,0	2,0	3,0	0,5	3,5	1,5	5,00	1,25
25.	5,0	5,5	10,5	3,0	13,5	5,0	18,50	4,63
27.	3,5	2,5	6,0	2,5	8,5	2,0	10,50	2,63
29.	4,0	3,0	7,0	2,5	9,5	2,0	11,50	2,88
31.	3,5	2,5	6,0	2,0	8,0	2,0	10,00	2,50
Total							189,50	47,38
Média							11,84	2,96

Anexo 4 – Distâncias (em mm) percorridas pela bolha de ar a cada 2 minutos, o total percorrido no período de 8 minutos e a média aritmética proporcionados pelos espécimes do grupo que **não recebeu hidróxido de cálcio** previamente à obturação e foi imerso, posteriormente, em **Rodamina B**.

amostra	2 min	4 min	soma	6 min	soma	8 min	Total	Média
2.	4,0	1,5	5,5	2,0	7,5	2,0	9,50	2,38
4.	6,0	1,5	7,5	3,5	11,0	1,0	12,00	3,00
6.	3,0	1,5	4,5	2,0	6,5	1,5	8,00	2,00
8.	4,5	5,5	10,0	3,5	13,5	5,0	18,50	4,63
10.	5,0	2,5	7,5	4,0	11,5	2,0	13,50	3,38
12.	3,5	2,5	6,0	3,5	9,5	1,5	11,00	2,75
14.	3,5	2,0	5,5	2,0	7,5	1,5	9,00	2,25
16.	3,0	2,0	5,0	2,0	7,0	2,0	9,00	2,25
18.	2,5	2,5	5,0	1,0	6,0	2,0	8,00	2,00
20.	4,5	4,0	8,5	2,5	11,0	2,5	13,50	3,38
22.	2,5	2,0	4,5	1,0	5,5	1,5	7,00	1,75
24.	6,5	2,0	8,5	1,5	10,0	1,0	11,00	2,75
26.	4,5	2,5	7,0	3,0	10,0	2,5	12,50	3,13
28.	3,0	2,5	5,5	2,5	8,0	2,0	10,00	2,50
30.	3,5	2,0	5,5	2,0	7,5	1,5	9,00	2,25
32.	5,0	2,0	7,0	2,5	9,5	1,0	10,50	2,63
Total							172,00	43,00
Média							10,75	2,69

Anexo 5 – Valores e médias, em milímetros, de todas as **infiltrações marginais apicais de azul de metileno** dos espécimes que receberam ou não curativo de hidróxido de cálcio, previamente à obturação

amostra	Grupo SEM Ca(OH)₂	Grupo COM Ca(OH)₂
01	2,85	1,50
03	1,97	3,10
05	4,00	4,56
07	4,87	2,50
09	3,53	1,80
11	2,25	1,65
13	2,50	1,28
15	3,54	2,05
17	5,14	2,45
19	3,30	1,60
21	5,00	1,58
23	1,80	3,05
25	4,34	1,43
27	6,16	1,70
29	2,50	2,40
31	2,30	1,65
TOTAL	56,05	34,30
MÉDIA	3,5031	2,1438

Anexo 6 – Valores e médias, em milímetros, de todas as **infiltrações marginais apicais de Rodamina B** dos espécimes que receberam ou não curativo de hidróxido de cálcio, previamente à obturação

amostra	Grupo SEM Ca(OH)₂	Grupo COM Ca(OH)₂
02	3,50	1,90
04	3,10	4,30
06	4,25	4,95
08	5,60	1,57
10	2,18	1,43
12	4,56	2,10
14	2,61	1,70
16	2,26	2,95
18	3,30	2,65
20	2,90	3,43
22	1,90	5,30
24	1,53	2,03
26	2,00	0,87
28	2,22	2,73
30	3,08	2,00
32	2,40	3,03
TOTAL	47,39	42,94
MÉDIA	2,9619	2,6837

Anexo 7 – Valores de conversão entre unidades de medida de pressão¹⁴

	atm	psi (lbf/in²)	Kgf/cm²	bar	mmHg (Torricelli)	mH₂O	pol. Hg	Pascal (Pa)
atm	1	14,6959	1,033	1,01325	760	10,33	29,92	101325
PSI (lbf/in²)	0,0680	1	0,07031	0,06895	51,71	0,70307	2,04	6894,8
Kgf/cm²	0,96778	14,2234	1	0,98	735,514	10	28,9572	98066,5
Bar	0,9869	14,5	1,02	1	750,061	10,195	29,53	10000
mmHg	0.001315789	0.01933677	0.00135951	0.001333224	1	0,01360	0,03937	133,3224
mH₂O	0,09678	1,42234	0,10	0,0980872	73,5514	1	2,89572	9803,1176
in. Hg	0,03342	0,49119	0,03453	33900	25,4	0,34534	1	3386,5
Pascal (Pa)	0,000009869	0,0001450377	0,00001019716	0,00001	0,007500617	0,000102	0,0002952	1

¹⁴ <http://www.estudolegal.com.br/tabela.htm>

Referências Bibliográficas

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*:

- 1-ABRAMOVITZ, L. et al. The unpredictability of seal after post space preparation: a fluid transport study. **J Endod**, v.27, n.4, p.292-5, Apr. 2001.
- 2-AHLBERG, K. M.; ASSAVANOP, P.; TAY, W. M. A comparison of the apical dye penetration patterns shown by methylene blue and india ink in root-filled teeth. **Int Endod J**, v.28, n.1, p.30-4, Jan. 1995.
- 3-ALIGHAMDI, A.; WENNERBERG, A. Testing of sealing ability of endodontic filling materials. **Endod Dent Traumatol**, v.10, n.6, p.249-55, Dec. 1994.
- 4-ALMEIDA, J. B. et al. Three different methods to evaluate microleakage of packable composites in Class II restorations. **Oper Dent**, v.28, n.4, p.453-60, July/Aug. 2003.
- 5-AMDIS, C.; BRYANT, R. W.; BLACKLER, S. M. The assessment of apical leakage of root-filled teeth by the electrochemical technique. **Aust Dent J**, v.38, n.1, p.22-7, Feb. 1993.
- 6-ANDERSON, R. W.; POWELL, B. J.; PASHLEY, D. H. Microleakage of temporary restorations in complex endodontic access preparations. **J Endod**, v.15, n.11, p.526-9, Nov. 1989.
- 7-ANJOS, N. M. **Avaliação "in vitro" do potencial de infiltração de corantes, em função do tempo e do veículo usado, em obturações de canais radiculares**. Bauru, 1985. 100p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo.

* Normas recomendadas para uso no âmbito da Universidade de São Paulo, com base no documento "Referências Bibliográficas: exemplos", emanado do Conselho Supervisor do Sistema Integrado de Bibliotecas da USP, em reunião de 20 de setembro de 1990.

- 8-ANTONPOULOS, K. G.; ATTIN, T.; HELLWIG, E. Evaluation of the apical seal of root canal fillings with different methods. **J Endod**, v.24, n.10, p.655-8, Oct. 1998.
- 9-BARKHORDAR, R. A.; BUI, T.; WATANABE, L. An evaluation of sealing ability of calcium hydroxide sealers. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v.68, n.1, p.88-92, July 1989.
- 10-BARTHEL, C. R. et al. Bacterial leakage versus dye leakage in obturated root canals. **Int Endod J**, v.32, n.5, p.370-5, Sept. 1999.
- 11-BELLIZZI, R.; CRUSE, W. P. A historic review of endodontics, 1689-1963, part 3. **J Endod**, v.6, n.5, p.576-80, May 1980.
- 12-ÇALISKAN, M. K.; TURKUN, M.; TURKUN, L. S. Effect of calcium hydroxide as an intracanal dressing on apical leakage. **Int Endod J**, v.31, n.3, p.173-7, May 1998.
- 13-CALLIS, P. D.; MANNAN, G. Microleakage of retrograde root fillings: assessment using a novel measurement system. **J Endod**, v.20, n.11, p.555-7, Nov. 1994.
- 14-ÇALT, S.; SERPER, A. Dentinal tubule penetration of root canal sealers after root canal dressing with calcium hydroxide. **J Endod**, v.25, n.6, p.431-3, June 1999.
- 15-CAMPS, J.; PASHLEY, D. Reliability of the dye penetration studies. **J Endod**, v.29, n.9, p.592-4, Sept. 2003.
- 16-CHAN, M. F.; JONES, J. C. A comparison of four in vitro marginal leakage tests applied to root surface restorations. **J Dent**, v.20, n.5, p.287-93, Oct. 1992.

- 17-ÇOBANKARA, F. K. et al. A quantitative evaluation of apical leakage of four root-canal sealers. **Int Endod J**, v.35, n.12, p.979-84, Dec. 2002.
- 18-COHEN, S.; BURNS, R. C. **Caminhos da polpa**. 7^a ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 2000.
- 19-CRIM, G. A.; MATTINGLY, S. L. Evaluation of two methods for assessing marginal leakage. **J Prosthet Dent**, v.45, n.2, p.160-3, Feb. 1981.
- 20-DALAT, D. M.; SPANGBERG, L. S. Comparison of apical leakage in root canals obturated with various gutta percha techniques using a dye vacuum tracing method. **J Endod**, v.20, n.7, p.315-9, July 1994.
- 21-DEJOU, J.; SINDRES, V.; CAMPS, J. Influence of criteria on the results of in vitro evaluation of microleakage. **Dent Mater**, v.12, n.6, p.342-9, Nov. 1996.
- 22-DELIVANIS, P. D.; CHAPMAN, K. A. Comparison and reliability of techniques for measuring leakage and marginal penetration. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v.53, n.4, p.410-6, Apr. 1982.
- 23-DEMARCO, F. F. et al. Microleakage in endodontically treated teeth: influence of calcium hydroxide dressing following bleaching. **Int Endod J**, v.34, n.7, p.495-500, Oct. 2001.
- 24-DERKSON, G. D.; PASHLEY, D. H.; DERKSON, M. E. Microleakage measurement of selected restorative materials: a new in vitro method. **J Prosthet Dent**, v.56, n.4, p.435-40, Oct. 1986.
- 25-FAN, B.; WU, M. K.; WESSELINK, P. R. Coronal leakage along apical root fillings after immediate and delayed post space preparation. **Endod Dent Traumatol**, v.15, n.3, p.124-6, June 1999.

- 26-FAN, B.; WU, M. K.; WESSELINK, P. R. Leakage along warm gutta-percha fillings in the apical canals of curved roots. **Endod Dent Traumatol**, v.16, n.1, p.29-33, Feb. 2000.
- 27-FISHER, W. S. Some additional factors to be considered in determining the ideal type of root-filling material, with practical results. **Dental Cosmos**, v.69, n.12, p.1252-9, Dec. 1927.
- 28-FUSS, Z.; ABRAMOVITZ, I.; METZGER, Z. Sealing furcation perforations with silver glass ionomer cement: an in vitro evaluation. **J Endod**, v.26, n.8, p.466-8, Aug. 2000.
- 29-GALE, M. S.; DARVELL, B. W.; CHEUNG, G. S. Three-dimensional reconstruction of microleakage pattern using a sequential grinding technique. **J Dent**, v.22, n.6, p.370-5, Dec. 1994.
- 30-GALE, M. S.; DARVELL, B. W. Dentine permeability and tracer tests. **J Dent**, v.27, n.1, p.1-11, Jan. 1999.
- 31-GATEWOOD, R. S.; PARSELL, D. E.; RUSHING, C. C. Cross-sectional assessment of apical dye penetration following clinical simulation of various endodontic techniques. **Gen Dent**, v.52, n.4, p.342-7; quiz 348, 365-6, July/Aug. 2004.
- 32-GIAMPIETRO BRANDÃO, C. **Propriedades físico-químicas dos cimentos endodônticos resinosos Sealer 26, e dos experimentais, Sealer Plus e MBP, comparadas às do óxido de zinco e eugenol**. Bauru, 1999. 150p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo.

- 33-GILBERT, S. D.; WITHERSPOON, D. E.; BERRY, C. W. Coronal leakage following three obturation techniques. **Int Endod J**, v.34, n.4, p.293-9, June 2001.
- 34-GIMBEL, M.; CORREA, A.; LIN, L. M. Calcium hydroxide as a temporary filling of the post space in root-filled teeth. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v.94, n.1, p.98-102, July 2002.
- 35-GOLDBERG, F.; ARTAZA, L. P.; DE, S. Influence of calcium hydroxide dressing on the obturation of simulated lateral canals. **J Endod**, v.28, n.2, p.99-101, Feb. 2002.
- 36-GOLDMAN, M.; SIMMONDS, S.; RUSH, R. The usefulness of dye-penetration studies reexamined. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v.67, n.3, p.327-32, Mar. 1989.
- 37-HAIKEL, Y. et al. Apical microleakage of radiolabeled lysozyme over time in three techniques of root canal obturation. **J Endod**, v.26, n.3, p.148-52, Mar. 2000.
- 38-HARDY, I. et al. Sealing ability of One-Up Bond and MTA with and without a secondary seal as furcation perforation repair materials. **J Endod**, v.30, n.9, p.658-61, Sept. 2004.
- 39-HOLLAND, R.; MURATA, S. S. Efeito do hidróxido de cálcio como curativo de demora no selamento marginal após a obturação de canal. **Revista da Associação Paulista de Cirurgiões-Dentistas**, v.47, n.6, p.1203-7, nov./dez. 1993.
- 40-HOLLAND, R. et al. Infiltração marginal após o emprego do hidróxido de cálcio como curativo de demora. **Revista de Odontologia da UNESP**, v.22, n.2, p.249-55, jul./dez. 1993.

- 41-HOLLAND, R. et al. Apical leakage following root canal dressing with calcium hydroxide. **Endod Dent Traumatol**, v.11, n.6, p.261-3, Dec. 1995.
- 42-HOLLAND, R. et al. Effect of dentine surface treatment on leakage of root fillings with a glass ionomer sealer. **Int Endod J**, v.28, n.4, p.190-3, July 1995.
- 43-HOLLAND, R. et al. Apical leakage after root canal filling with an experimental calcium hydroxide gutta-percha point. **J Endod**, v.22, n.2, p.71-3, Feb. 1996.
- 44-HOLLAND, R. et al. Apical seal of root canals with gutta-percha points with calcium hydroxide. **Braz Dent J**, v.15, n.1, p.26-9, 2004.
- 45-INGLE, J. I. Root canal obturation. **J Am Dent Assoc**, v.53, n.1, p.47-55, Jul 1956.
- 46-INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. ISO/DIS 6876. Dental root canal sealing materials, 1992.
- 47-JACOBSEN, E. L. et al. Long-term sealing efficacy of four root surface sealing materials used in endodontic leakage studies. **J Endod**, v.19, n.12, p.587-90, Dec. 1993.
- 48-KARAGOZ-KUCUKAY, I.; KUCUKAY, S.; BAYIRLI, G. Factors affecting apical leakage assessment. **J Endod**, v.19, n.7, p.362-5, July 1993.
- 49-KARDON, B. P. et al. An in vitro evaluation of the sealing ability of a new root-canal-obturation system. **J Endod**, v.29, n.10, p.658-61, Oct. 2003.

- 50-KAST'AKOVA, A.; WU, M. K.; WESSELINK, P. R. An in vitro experiment on the effect of an attempt to create an apical matrix during root canal preparation on coronal leakage and material extrusion. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v.91, n.4, p.462-7, Apr. 2001.
- 51-KATAOKA, H. et al. Dentin bonding and sealing ability of a new root canal resin sealer. **J Endod**, v.26, n.4, p.230-5, Apr. 2000.
- 52-KATZ, A.; ROSENWASSER, R.; TAMSE, A. Root positioning and leakage to dye in extracted teeth using reduced pressure. **Int Endod J**, v.31, n.1, p.63-6, Jan. 1998.
- 53-KERSTEN, H. W.; MOORER, W. R. Particles and molecules in endodontic leakage. **Int Endod J**, v.22, n.3, p.118-24, May 1989.
- 54-KHAYAT, A.; LEE, S. J.; TORABINEJAD, M. Human saliva penetration of coronally unsealed obturated root canals. **J Endod**, v.19, n.9, p.458-61, Sept. 1993.
- 55-KIM, S. K.; KIM, Y. O. Influence of calcium hydroxide intracanal medication on apical seal. **Int Endod J**, v.35, n.7, p.623-8, July 2002.
- 56-KING, K. T. et al. Longitudinal evaluation of the seal of endodontic retrofillings. **J Endod**, v.16, n.7, p.307-10, July 1990.
- 57-KONTAKIOTIS, E. G.; WU, M. K.; WESSELINK, P. R. Effect of calcium hydroxide dressing on seal of permanent root filling. **Endod Dent Traumatol**, v.13, n.6, p.281-4, Dec. 1997.

- 58-KONTAKIOTIS, E. G.; GEORGOPOULOU, M. K.; MORFIS, A. S. Dye penetration in dry and water-filled gaps along root fillings. **Int Endod J**, v.34, n.2, p.133-6, Mar. 2001.
- 59-KOPPER, P. M. et al. Comparative in vivo analysis of the sealing ability of three endodontic sealers in post-prepared root canals. **Int Endod J**, v.36, n.12, p.857-63, Dec. 2003.
- 60-LAMBRIANIDIS, T.; MARGELOS, J.; BELTES, P. Removal efficiency of calcium hydroxide dressing from the root canal. **J Endod**, v.25, n.2, p.85-8, Feb. 1999.
- 61-LEONARD, J. E.; GUTMANN, J. L.; GUO, I. Y. Apical and coronal seal of roots obturated with a dentine bonding agent and resin. **Int Endod J**, v.29, n.2, p.76-83, Mar. 1996.
- 62-LIMKANGWALMONGKOL, S. et al. A comparative study of the apical leakage of four root canal sealers and laterally condensed gutta-percha. **J Endod**, v.17, n.10, p.495-9, Oct. 1991.
- 63-LIMKANGWALMONGKOL, S.; ABBOTT, P. V.; SANDLER, A. B. Apical dye penetration with four root canal sealers and gutta-percha using longitudinal sectioning. **J Endod**, v.18, n.11, p.535-9, Nov. 1992.
- 64-LYROUDIA, K. et al. The use of 3D computerized reconstruction for the study of coronal microleakage. **Int Endod J**, v.33, n.3, p.243-7, May 2000.
- 65-LYROUDIA, K. et al. Three-dimensional reconstruction: a new method for the evaluation of apical microleakage. **J Endod**, v.26, n.1, p.36-8, Jan. 2000.

- 66-MANNOCCI, F.; FERRARI, M.; WATSON, T. F. Microleakage of endodontically treated teeth restored with fiber posts and composite cores after cyclic loading: a confocal microscopic study. **J Prosthet Dent**, v.85, n.3, p.284-91, Mar. 2001.
- 67-MARTELL, B.; CHANDLER, N. P. Electrical and dye leakage comparison of three root-end restorative materials. **Quintessence Int**, v.33, n.1, p.30-4, Jan. 2002.
- 68-MATHARU, S. et al. A new in vitro model for the study of microbial microleakage around dental restorations: a preliminary qualitative evaluation. **Int Endod J**, v.34, n.7, p.547-53, Oct. 2001.
- 69-MATLOFF, I. R. et al. A comparison of methods used in root canal sealability studies. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v.53, n.2, p.203-8, Feb. 1982.
- 70-METZGER, Z. et al. Improving the seal of amalgam cores with cemented dowels: a comparative in vitro radioactive tracer study. **J Endod**, v.27, n.4, p.288-91, Apr. 2001.
- 71-MICHAILESCO, P.; BOUDEVILLE, P. Calibrated latex microspheres percolation: a possible route to model endodontic bacterial leakage. **J Endod**, v.29, n.7, p.456-62, July 2003.
- 72-MORAES, I. G. **Infiltração marginal nas obturações de canais radiculares em função de agentes irrigadores e cimentos obturadores**. Bauru, 1981. 114 p.p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo.

- 73-MORAES, I. G. et al. Influência do hidróxido de cálcio e do EDTA na marcação da infiltração marginal de azul de metileno em obturação de canais radiculares. **Revista de Odontologia da Faculdade de Odontologia de Bauru**, v.8, n.1/2, p.37-44, jan./jun. 2000.
- 74-MUENINGHOFF, L. A.; DUNN, S. K.; LEINFELDER, K. F. Comparison of dye and ion microleakage tests. **Am J Dent**, v.3, n.5, p.192-4, Oct. 1990.
- 75-NIELSEN, T. H. Sealing ability of a chelate root filling cements: device for measuring linear changes of setting chelate cements. **J Endod**, v.6, n.9, p.731-2, Sept. 1980.
- 76-OLIVER, C. M.; ABBOTT, P. V. Correlation between clinical success and apical dye penetration. **Int Endod J**, v.34, n.8, p.637-44, Dec. 2001.
- 77-OZTAN, M. D. et al. The effect of various root canal sealers on India ink and different concentrations of methylene blue solutions. **J Oral Sci**, v.43, n.4, p.245-8, Dec. 2001.
- 78-PAI, S. F. et al. Microleakage between endodontic temporary restorative materials placed at different times. **J Endod**, v.25, n.6, p.453-6, June 1999.
- 79-PASHLEY, D. H. et al. Regional variability in the permeability of human dentine. **Arch Oral Biol**, v.32, n.7, p.519-23, 1987.
- 80-PATHOMVANICH, S.; EDMUNDS, D. H. Variation in the microleakage produced by four different techniques in root fillings in a simulated root canal model. **Int Endod J**, v.29, n.3, p.156-62, May 1996.

- 81-PATHOMVANICH, S.; EDMUNDS, D. H. The sealing ability of Thermafil obturators assessed by four different microleakage techniques. **Int Endod J**, v.29, n.5, p.327-34, Sept. 1996.
- 82-PETERS, L. B.; HARRISON, J. W. A comparison of leakage of filling materials in demineralized and non-demineralized resected root ends under vacuum and non-vacuum conditions. **Int Endod J**, v.25, n.6, p.273-8, Nov. 1992.
- 83-POMMEL, L.; JACQUOT, B.; CAMPS, J. Lack of correlation among three methods for evaluation of apical leakage. **J Endod**, v.27, n.5, p.347-50, May 2001.
- 84-PORKAEW, P. et al. Effects of calcium hydroxide paste as an intracanal medicament on apical seal. **J Endod**, v.16, n.8, p.369-74, Aug. 1990.
- 85-RAJPUT, J. S.; JAIN, R. L.; PATHAK, A. An evaluation of sealing ability of endodontic materials as root canal sealers. **J Indian Soc Pedod Prev Dent**, v.22, n.1, p.1-7, Mar. 2004.
- 86-RODA, R. S.; GUTMANN, J. L. Reliability of reduced air pressure methods used to assess the apical seal. **Int Endod J**, v.28, n.3, p.154-62, May 1995.
- 87-SEN, B. H.; PISKIN, B.; BARAN, N. The effect of tubular penetration of root canal sealers on dye microleakage. **Int Endod J**, v.29, n.1, p.23-8, Jan. 1996.
- 88-SLEDER, F. S.; LUDLOW, M. O.; BOHACEK, J. R. Long-term sealing ability of a calcium hydroxide sealer. **J Endod**, v.17, n.11, p.541-3, Nov. 1991.
- 89-SONAT, B. In vitro evaluation of apical leakage of root canal sealer cements containing calcium hydroxide. **J Nihon Univ Sch Dent**, v.33, n.1, p.41-8, Mar. 1991.

- 90-SPANGBERG, L. S.; ACIERNO, T. G.; YONGBUM CHA, B. Influence of entrapped air on the accuracy of leakage studies using dye penetration methods. **J Endod**, v.15, n.11, p.548-51, Nov. 1989.
- 91-STARKEY, D. L.; ANDERSON, R. W.; PASHLEY, D. H. An evaluation of the effect of methylene blue dye pH on apical leakage. **J Endod**, v.19, n.9, p.435-9, Sept. 1993.
- 92-STECHER, P. G. **The Merck Index of chemicals and drugs**. 7^a ed. Rahway, U.S.A., Merck & Co., 1960.
- 93-TAGGER, M. et al. An improved method of three-dimensional study of apical leakage. **Quintessence Int**, v.14, n.10, p.981-98, Oct 1983.
- 94-TAMSE, A.; KATZ, A.; KABLAN, F. Comparison of apical leakage shown by four different dyes with two evaluating methods. **Int Endod J**, v.31, n.5, p.333-7, Sept. 1998.
- 95-TAYLOR, M. J.; LYNCH, E. Microleakage. **J Dent**, v.20, n.1, p.3-10, Feb. 1992.
- 96-TORABINEJAD, M. et al. Dye leakage of four root end filling materials: effects of blood contamination. **J Endod**, v.20, n.4, p.159-63, Apr. 1994.
- 97-TORABINEJAD, M.; LEE, S. J.; HONG, C. U. Apical marginal adaptation of orthograde and retrograde root end fillings: a dye leakage and scanning electron microscopic study. **J Endod**, v.20, n.8, p.402-7, Aug. 1994.
- 98-TROWBRIDGE, H. O. Model systems for determining biologic effects of microleakage. **Oper Dent**, v.12, n.4, p.164-72, Autumn 1987.

- 99-VALCKE, C. F.; KESSLER, S. The leakage of materials used as endodontic dressing seals. **J Dent Assoc S Afr**, v.33, n.6, p.315-20, June 1978.
- 100-VASSILIADIS, L. et al. Effect of smear layer on coronal microleakage. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v.82, n.3, p.315-20, Sept. 1996.
- 101-WAYMAN, W. H.; MULLANEY, T. P. A comparative study of apical leakage with endodontic implant stabilizers. **J Endod**, v.1, n.8, p.270-3, Aug. 1975.
- 102-WEISENSEEL, J. A., JR.; HICKS, M. L.; PELLEU, G. B., JR. Calcium hydroxide as an apical barrier. **J Endod**, v.13, n.1, p.1-5, Jan. 1987.
- 103-WU, M. K. et al. Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings. **Int Endod J**, v.26, n.4, p.203-8, July 1993.
- 104-WU, M. K.; WESSELINK, P. R. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. **Int Endod J**, v.26, n.1, p.37-43, Jan. 1993.
- 105-WU, M. K.; DE GEE, A. J.; WESSELINK, P. R. Leakage of four root canal sealers at different thickness. **Int Endod J**, v.27, n.6, p.304-8, Nov. 1994.
- 106-WU, M. K.; WESSELINK, P. R.; BOERSMA, J. A 1-year follow-up study on leakage of four root canal sealers at different thicknesses. **Int Endod J**, v.28, n.4, p.185-9, July 1995.
- 107-WU, M. K.; KONTAKIOTIS, E. G.; WESSELINK, P. R. Decoloration of 1% methylene blue solution in contact with dental filling materials. **J Dent**, v.26, n.7, p.585-9, Sept. 1998.

- 108-WU, M. K.; KONTAKIOTIS, E. G.; WESSELINK, P. R. Long-term seal provided by some root-end filling materials. **J Endod**, v.24, n.8, p.557-60, Aug. 1998.
- 109-WU, M. K. et al. Microleakage along apical root fillings and cemented posts. **J Prosthet Dent**, v.79, n.3, p.264-9, Mar. 1998.
- 110-WU, M. K.; FAN, B.; WESSELINK, P. R. Leakage along apical root fillings in curved root canals. Part I: effects of apical transportation on seal of root fillings. **J Endod**, v.26, n.4, p.210-6, Apr. 2000.
- 111-WU, M. K.; KAST'AKOVA, A.; WESSELINK, P. R. Quality of cold and warm gutta-percha fillings in oval canals in mandibular premolars. **Int Endod J**, v.34, n.6, p.485-91, Sept. 2001.

Abstract

ABSTRACT

Filling of the root canal system is the end of a sequence of cleaning, shaping and removing bacteria from root canals, and should seal them as more hermetic as possible. Many filling techniques and materials are continuously being developed, trying to reach a perfect seal of the root canal system. The necessity of testing such techniques and material produces a lot of papers analyzing biological and physical properties of root canal fillings. Apical sealing is the more tested physical property, although there is not standardization for it that could provide unquestionable results. Seventy roots canals were filled by the lateral condensation technique with zinc-oxide eugenol sealer, after the use or not of a intracanal medicament of calcium hydroxide paste. Apical marginal leakage was assessed firstly by a fluid transport system and, then, the roots were divided in two groups, being immersed in Rhodamine B or methylene blue dye solutions. Either the fluid transport system results as the Rhodamine B ones, showed no statistically influence of calcium hydroxide use in the sealing capacity of the root fillings. However, when methylene blue was used as tracer, the results were significant, indicating a direct influence of this root canal dressing in the quality of apical sealing of the fillings. This fact is usually explained as a physical action of calcium hydroxide, what should improve the apical sealing. If this finding would be analyzed solely, we could suppose and believe in it but, considering that only methylene blue test showed this statistically significant finding between dressing and no dressing groups, it's reasonable to conclude that a chemical interaction between calcium hydroxide and methylene blue should happen, making this tracer uncolored (through alkalinity action), giving us no trustable results at all.

UNIOESTE

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ

Campus de Cascavel

Rua Universitária, 2069 – Jardim Universitário – Fone: (**45) 220-3000 – Fax: (**45) 324 4566.

CEP – 85814-110 – Cascavel – Pr.

Unidade: Centro de Ciências Biológicas e da Saúde

Comitê de Ética em Pesquisa

PARECER 122/2004-CEP/CCBS

Súmula: Aprovação de Proposta de Projeto de Pesquisa

O Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, reunido em sessão ordinária no dia 01/12/2004 ata 012/04, **APROVA** o projeto abaixo especificado.

Protocolo: 013767/2004

Pesquisador: Christian Giampietro Brandão

Projeto: Efeito do curativo de hidróxido de cálcio no selamento apical de obturação de canais através dos testes de transporte de fluidos e infiltração com corantes, azul de metileno e rodamina B

Em atendimento à Resolução 196/96, deverá ser encaminhado ao CEP para acompanhamento da pesquisa o relatório final e a publicação de seus resultados, bem como a comunicação de qualquer intercorrência, mudança na metodologia ou a sua interrupção.

Cascavel, 01 de dezembro de 2004.

ADRIANE DE CASTRO MARTINEZ MARTINS
Coordenadora do CEP/CCBS