

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
CENTRO BIOMÉDICO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA**

CARLOS EDUARDO DA COSTA DUARTE

**ESTUDO DA PERMEABILIDADE DE QUATRO CIMENTOS
ENDODÔNTICOS**

**Rio de Janeiro
2006**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
CENTRO BIOMÉDICO
FACULDADE DE ODONTOLOGIA**

CARLOS EDUARDO DA COSTA DUARTE

**ESTUDO DA PERMEABILIDADE DE QUATRO CIMENTOS
ENDODÔNTICOS**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro como um dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia área de concentração em Endodontia.

Orientadores: Prof. Dr. Rivail Antonio Sergio Fidel.
Profa. Dra. Denise M. S.

Gerscovich.

**Rio de Janeiro
2006**

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ/REDE SIRIUS/CBB

000 Carlos Eduardo da Costa Duarte

Título. / Carlos Eduardo da Costa Duarte. – Rio de Janeiro, 2006.

xvi, xxx f

Orientador: Rivail Antonio Sergio Fidel

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Odontologia.

1. Infiltração. 2. Permeabilidade. 3. Cimentos Endodônticos. I. Fidel, Rivail Antonio Sergio. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Odontologia. III. Título.

CDU 000000

FOLHA DE APROVAÇÃO

CARLOS EDUARDO DA COSTA DUARTE

**ESTUDO DA PERMEABILIDADE DE QUATRO CIMENTOS
ENDODÔNTICOS**

Rio de Janeiro, de maio de 2006.

Professor Doutor: _____

Professor Doutor: _____

Professor Doutor: _____

DEDICATÓRIA

DEDICATÓRIA

A minha mãe Débora (*in memoriam*),
pelo amor incondicional e pelo exemplo de
vida e vontade de viver.

*“ Não tentes fugir,
não temas se dar,
na vida é preciso entrar
pra ganhar. Mergulha
na vida
com garra e voragem -
mais forte que as ondas
é a tua coragem.
Por trás do mistério que
irás encontrar?
O peito batendo,
a VIDA a chamar!”*

Maju Costa

AGRADECIMENTOS

AGRADECIMENTOS

A Universidade do Estado do Rio de Janeiro pelo acolhimento e incentivos fundamentais a minha formação acadêmica e profissional.

A Universidade Veiga de Almeida pela parceria e pelo apoio profissional e técnico, sem os quais não seria possível a confecção deste trabalho.

Ao meu orientador, Professor Doutor Rivail Antônio Sergio Fidel, por toda paciência e confiança depositada em meu trabalho. Em meio às várias atribuições que lhe compete, nunca houve um só momento que o Professor Rivail não disponibilizasse seu tempo ou deixasse de participar de forma ativa dos projetos propostos e desenvolvidos por seus alunos de doutorado, mestrado ou graduação. Muito obrigado pela oportunidade.

A Professora Doutora Sandra Rivera Fidel pelo constante incentivo a carreira acadêmica. Sua participação como professora e orientadora dos projetos desenvolvidos pelos alunos garante a dinâmica e a produtividade do Laboratório de Pesquisa de Endodontia da UERJ.

A minha orientadora Professora Doutora Denise M. S. Gerscovich, por sua disponibilidade constante e pela inestimável contribuição científica fornecida a este trabalho. O fato de pertencer ao Departamento de Estruturas e Fundações da Faculdade de Engenharia da UERJ em nada dificultou a troca de informações. Pelo contrário, sua clareza de idéias e tranquilidade em transmitir o conhecimento são características marcantes de seu profissionalismo. Meu muito obrigado.

Aos Professores André e Vanderlei Tizzato do Departamento de Geotecnia da Universidade Veiga de Almeida, pelo suporte científico e pelo grande incentivo dado a confecção deste trabalho.

Ao técnico do Laboratório de Mecânica dos Solos da Universidade Veiga de Almeida, Wanderlei Carbonela. Sua contribuição e disponibilidade foram decisivas para toda fase experimental deste trabalho. Entusiasta do meio acadêmico e profundo conhecedor técnico e científico dos ensaios realizados, Wanderlei participou do projeto de forma incondicional, desenvolvendo soluções para os contratemplos e vibrando com cada resultado obtido. Meu muito obrigado.

A Professora Doutora Teresa Cristina Ávila Berlink pelo direcionamento dado a minha formação acadêmica e profissional. A confiança e as diversas oportunidades em mim depositadas durante toda minha graduação e pós-graduação são gestos simbólicos perto do exemplo profissional e do carinho e respeito com que sempre me tratou. Muito obrigado.

Ao Professor Doutor Tauby Coutinho Filho pelo ensinamento da endodontia em sua forma mais pura. Sua conduta como professor e profissional e seu exemplo de caráter e justiça é um enorme legado passado a seus alunos. Muito obrigado por tudo.

A Professora Doutora Kátia Regina Hostílio Cervantes Dias pela pessoa que é e pelos exemplos de liderança, respeito, profissionalismo e dedicação. Seus ensinamentos transmitidos à frente do grupo PET continuam sendo o alicerce da minha formação acadêmica.

Aos professores de Endodontia Nelson Lopes Siqueira, Paulo Aloísio Egreja, Gustavo De Deus, Luciana Sassone e Gustavo Álvares pelos ensinamentos passados durante todos esses anos de convivência acadêmica.

Aos meus colegas do Curso de Mestrado Flávio Diblasi, Marco André, Maria Regina Santiago, Pablo Sotelo e Rosiléa Graneiro que revelaram-se verdadeiros amigos e que durante todo o curso adotaram-me como um irmão mais novo e fizeram-me evoluir e amadurecer profissionalmente e, principalmente, como ser humano. Meu muito obrigado a todos vocês.

Aos funcionários do Laboratório de Pesquisa de Endodontia da UERJ, José Ângelus Furtado de Mendonça e Marcelo de Assis Corrêa, pelo convívio afetuoso e pela colaboração constante prestada a todos os alunos.

Ao meu irmão, Marcos César, que tanto me apóia e ajuda em qualquer momento. Amigo fiel e inabalável, sem o qual seria muito mais difícil superar os obstáculos e alcançar os objetivos desejados. Muito obrigado por tudo.

Ao meu pai, Marcos Simões Duarte, o maior exemplo da minha vida, que me deu a profissão como um presente e é, sem dúvida alguma, minha maior fonte de inspiração. Dá sentido aos meus sonhos e enobrece meus conceitos de amizade e respeito. Muito obrigado pela inesgotável fonte de companheirismo, carinho e amor.

A minha mãe, Débora da Costa Duarte, que mesmo ausente, permanece ao meu lado em todos os momentos. A imensa saudade consegue ser superada graças a sua demonstração de vontade de viver e de apreciar a vida. Nada que eu faça ou conquiste pode ser separado deste exemplo. Seu amor puro, quase divino, me conforta e me motiva a seguir em frente. Obrigado pela vida.

A minha noiva Bianca, amiga e companheira incondicional. Incentivadora maior do meu sucesso, que tanto contribuiu para que este trabalho pudesse ser realizado. Obrigado por toda paciência e carinho ao longo destes anos.

A Dentsply Indústria e Comercio Ltda. Pelo fornecimento dos cimentos Sealer 26[®] e AH Plus[®].

A todos os meus familiares e amigos que são cruciais a minha existência e, direta ou indiretamente, contribuíram para confecção deste trabalho.

*“Tenha tempo para o que é mais
importante para você.*

*Tenha tempo para estar com
aqueles a quem você ama.*

Tenha tempo para sonhar.

Tenha tempo para viver o sonho ...”

Heloisa Schürmann

RESUMO

RESUMO

As técnicas de obturação que são mais frequentemente empregadas pelos endodontistas envolvem o uso de cones de guta-percha e um cimento endodôntico. Vários estudos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de caracterizar os cimentos endodônticos no que diz respeito à sua capacidade de selamento. Segundo OLIVER e ABBOTT (1998) existem quatro possíveis rotas para a penetração de substâncias através dos canais radiculares obturados, que são a passagem de moléculas: entre o cimento e a dentina, entre a guta-percha e o cimento, através da guta-percha, ou, através do cimento. Na literatura encontramos conhecidos estudos de infiltração de corantes, penetração bacteriana ou transporte de fluídos que visam a avaliação das duas primeiras rotas citadas no trabalho anterior. Porém, muito pouco, ou nada, foi descrito a respeito da permeabilidade dos cimentos endodônticos. Este estudo tem como objetivo avaliar de forma singular a característica de permeabilidade de quatro diferentes cimentos endodônticos através da caracterização dos materiais e desenvolvimento de um ensaio de permeabilidade em um permeâmetro de carga variável. Quatro tipos de cimentos endodônticos disponíveis no mercado (Sealer 26[®], AH Plus[®], Pulp Canal Sealer EWT[®] e Intrafill[®]) foram submetidos a uma metodologia pioneira para estudo de sua permeabilidade em endodontia. Visando determinar a condutividade hidráulica ou coeficiente de permeabilidade (k) destes materiais foi utilizado um permeâmetro de carga variável. Para tal, foram confeccionadas 8 amostras, sendo 2 para cada tipo de cimento. Todos os cimentos, a exceção do AH Plus[®], também foram submetidos aos ensaios de granulometria e de massa específica real dos grãos (densidade). Com relação à densidade dos grãos, o Sealer 26[®] apresentou densidade de 2,56, o Pulp Canal Sealer EWT[®] de 1,73, e o Intrafill[®] de 2,61. Com relação à distribuição granulométrica, a curva granulométrica do Sealer 26[®] apresenta uniformidade em sua parte central, caracterizando a concentração de partículas de diâmetros aproximados. Já as curvas granulométricas do Pulp Canal Sealer[®] e do Intrafill[®] não são uniformes e apresentam descontinuidade na distribuição, o que caracteriza a falta de grãos de determinados diâmetros. Ao final do período experimental de 28 dias, apenas as duas amostras do Intrafill[®] apresentaram permeabilidade durante o ensaio de permeabilidade. Devido à baixa permeabilidade das amostras de Intrafill[®], o período experimental de 28 dias não foi suficiente para a precisa determinação do coeficiente de permeabilidade (k) das amostras.

Palavras-chaves: endodontia; materiais restauradores do canal radicular; seladores do canal radicular; propriedades físicas e químicas; infiltração.

ABSTRACT

ABSTRACT

The filling techniques that are most frequently employed in endodontics involve the use of gutta-percha cones and an endodontic cement. Many studies have been developed with the aim of characterizing endodontic cements in relation to their sealing capacity. According to OLIVER and ABBOTT (1998) there are four possible pathways for the penetration of substances through filled root canals, which include the infiltration of molecules between cement and dentine, between gutta-percha and cement, through gutta-percha, or through cement. In literature it is possible to encounter studies that use pigment infiltration, bacterial infiltration or fluid transport models that seek to evaluate the first two pathways mentioned. However, close to nothing or nothing has been described about the permeability of endodontic cements. This study has the objective to evaluate in an innovative manner the permeability of four different endodontic cements through the characterization of the materials and the development of a permeability model using a Variable Head Permeability Test. Four types of commercialized endodontic cements (Sealer 26[®], AH Plus[®], Pulp Canal Sealer EWT[®] e Intrafill[®]) were submitted to a pioneer method for testing endodontic permeability. A Variable Head Permeability Test was used to determine the hydraulic conductivity of the permeability coefficient (K) of these materials. For this, 8 samples were manufactured, of which 2 were made from each tested cement. All cements, with the exception of AH Plus[®], were also submitted to granulometric analysis and real specific mass of the grains (density). In relation to grain density, Sealer 26[®] presented a value of 2,56, Pulp Canal Sealer EWT[®] of 1,73, e o Intrafill[®] of 2,61. In relation to the granulometric distribution, Sealer 26[®] revealed a granulometric curve indicating uniformity towards its center, characterizing the concentration of particles with similar diameters. On the other hand, the granulometric curves for Pulp Canal Sealer[®] and Intrafill[®] were not uniform and presented a discontinuous distribution, characterizing the lack of particles of determined diameters. At the end of the experimental period of 28 days, only the Intrafill[®] samples presented permeability during permeability testing. Due to the low permeability of the Intrafill[®] samples, the experimental period of 28 days was insufficient for the precise determination of the permeability coefficient (k) of the samples.

Key words: endodontics; root canal filling materials; root canal sealers; physical and chemical properties; leakage.

SUMÁRIO

SUMÁRIO

	PÁGIN
A	
RESUMO	xii
ABSTRACT	xiv
LISTA DE FIGURAS	20
LISTA DE GRÁFICOS	23
LISTA DE TABELAS	25
1. INTRODUÇÃO	27
2. REVISÃO DA LITERATURA	31
2.1. Das propriedades físicas	32
2.2. Das metodologias relacionadas ao estudo da permeabilidade dos cimentos endodônticos	40
2.2.1. Infiltração de isótopos radiativos e corantes	40
2.2.2. Infiltração bacteriana	47
2.2.3. Infiltração por transporte de fluído	51
3. PROPOSIÇÃO	55
4. MATERIAL E MÉTODOS	57
4.1. Material	59
4.2. Ficha para coleta de dados	59

4.3. Ensaio	59
4.3.1. Granulometria	59
4.3.1.1. Ensaio de peneiramento	60
4.3.1.2. Ensaio de sedimentação	61
4.3.2. Determinação da Densidade dos grãos	67
4.3.3. Ensaio de Permeabilidade	69
4.3.3.1. Conceito de Carga	69
4.3.3.2. Determinação Experimental	69
4.3.3.3. Preparo das amostras	73
4.3.3.4. Montagem das amostras	74
4.3.3.5. Procedimento do ensaio	77
5. RESULTADOS	79
5.1. Dos ensaios de Granulometria	80
5.1.1. Ensaio de peneiramento	80
5.1.2. Ensaio de sedimentação	80
5.2. Determinação da Densidade dos grãos	84
5.3. Dos ensaios de permeabilidade	85
6. DISCUSSÃO	87
6.1. Da permeabilidade como propriedade física dos cimentos endodônticos	88
6.2. Da metodologia	92
6.3. Dos resultados	97
6.3.1. Dos ensaios de granulometria	97
6.3.2. Dos ensaios de permeabilidade	104

	45
7. CONCLUSÕES	102
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104
APÊNDICES	114
APÊNDICE A – Ficha para o ensaio de sedimentação	115
APÊNDICE B – Ficha para determinação da massa específica real dos grãos	116
APÊNDICE C – Ficha para o ensaio de permeabilidade	117

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE FIGURAS

		PÁGINA
FIGURA 1	Seqüência de peneiras	60
FIGURA 2	Densímetro	61
FIGURA 3	Hexametafosfato de sódio (<i>E</i>) e Carbonato de Cálcio (<i>D</i>)	62
FIGURA 4	Mistura das substâncias	62
FIGURA 5	Pó de cimento endodôntico (bandeja metálica) e solução defloculante	65
FIGURA 6	Dispersão do pó do cimento endodôntico quando em contato com a solução defloculante	65
FIGURA 7	Da esquerda para direita: sedimentação do pó do Sealer 26 [®] em 2 min, 4 h e 24h, respectivamente.	67
FIGURA 8	Inserção do densímetro. Notar menisco formado entre o densímetro e a solução.	67
FIGURA 9	Picnômetros contendo pó dos cimentos Pulp Canal Sealer EWT [®] (<i>E</i>), Intrafill [®] (<i>C</i>) e Sealer 26 [®] (<i>D</i>)	68
FIGURA 10	Permeâmetro de carga variável. 1. coluna d'água (bureta); 2. mangueira; 3. registro; 4. borboletas de aperto; 5. base acrílica superior; 6. rosca da borboleta;	

	7. borracha de vedação; 8. areia padrão; 9. amostra; 10. base acrílica inferior; 11. saída de água; e 12. cilindro em acrílico.	71
FIGURA 11	Permeâmetro de carga variável	72
FIGURA 12	Anel de aço inoxidável contendo cimento endodôntico Intrafill [®]	74
FIGURA 13	Amostras de Sealer 26 [®] extraídas dos anéis metálicos	74
FIGURA 14	Estudo Piloto com <i>bentonita</i> .	76
FIGURA 15	Controle Negativo. S. amostra de silicone de moldagem; V. adesivo de silicone; e A. areia padrão	76
FIGURA 16	Vedação da interface entre uma amostra de cimento endodôntico e o cilindro de acrílico	77

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE GRÁFICOS

		PÁGINA
GRÁFICO 1	Curva granulométrica do Sealer 26 [®] .	83
GRÁFICO 2	Curva granulométrica do Pulp Canal Sealer [®] .	83
GRÁFICO 3	Curva granulométrica do Intrafill [®] .	83
GRÁFICO 4	Permeabilidade do Intrafill [®] por 28 dias. Nos dias 8, 12 e 16, ao fim da leitura, o nível da coluna d'água foi completado até zero.	86

LISTA DE TABELAS

LISTA DE TABELAS

		PÁGINA
TABELA 1	Cimentos endodônticos testados.	59
TABELA 2	Pesos dos cimentos.	81
TABELA 3	Sedimentação do Sealer 26 [®] .	81
TABELA 4	Sedimentação do Pulp Canal Sealer EWT [®] .	82
TABELA 5	Sedimentação do Intrafill [®] .	82
FIGURA 6	Densidade dos grãos dos cimentos testados.	84
FIGURA 7	Ensaio de permeabilidade do Intrafill [®] em 28 dias. Altura final (cm), altura final corrigida (cm) do índice de evaporação (cm) e coeficiente de permeabilidade k (cm/dia).	86

INTRODUÇÃO

1. Introdução:

DOW e INGLE ²⁴ em 1955 concluíram que a maior causa de insucessos endodônticos devia-se a incompleta obturação dos canais radiculares. Talvez SCHILDER ⁷⁶, em seu clássico trabalho de 1967 sobre obturações radiculares em três dimensões, tenha sido o autor que melhor definiu os objetivos da obturação dos canais radiculares. Segundo o pesquisador, a completa obturação do sistema de canais radiculares e o perfeito selamento do forame apical e suas ramificações com um material obturador inerte aos tecidos periapicais e dimensionalmente estável representa o principal objetivo dos tratamentos endodônticos atuais.

Nesse contexto a obturação passa a assumir fundamental importância no tratamento endodôntico. Vai tornando-se clara a função dos materiais obturadores de impedir ou, pelo menos, dificultar a passagem de bactérias e seus sub-produtos para a região apical. Vai estabelecendo-se também o conceito de que estes materiais atuam como uma barreira na entrada de substratos via periápice e/ou coroa para os microrganismos que possam ter sobrevivido no interior do canal radicular tratado. Segundo ALEXANDER e GORDON ¹, o sucesso da terapia endodôntica depende da completa limpeza e modelagem do canal, da resistência do hospedeiro e de um selamento efetivo contra os fluídos.

As técnicas de obturação mais freqüentemente empregadas pelos endodontistas envolvem o uso de cones de gutapercha e um cimento endodôntico ²⁰. Os cimentos endodônticos desempenham diversas funções durante a obturação do sistema de canais radiculares com a gutapercha. Ele lubrifica e auxilia a acomodação do cone principal, atua como agente de união entre o material sólido e a dentina e preenche os espaços que o material principal não consegue atingir ⁵⁴. Geralmente a racionalidade para o uso do cimento endodôntico está na suposição de que o mesmo consiga estabelecer um forte selamento aos fluídos e forme apicalmente, lateralmente e coronariamente uma barreira entre a dentina e a

guta-percha ²⁶. Uma vez que o material obturador seja exposto aos fluídos orais, a infiltração coronária é inevitável ⁴⁶.

Vários estudos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de caracterizar os cimentos endodônticos no que diz respeito à sua capacidade de selamento. Segundo OLIVER e ABBOTT ⁶² existem quatro possíveis rotas para a penetração de substâncias através dos canais radiculares obturados, que são a passagem de moléculas: 1) entre o cimento e a dentina; 2) entre a gutapercha e o cimento; 3) através da gutapercha; ou 4) através do cimento.

Na literatura encontramos conhecidos estudos que visam à avaliação das duas primeiras rotas citadas no trabalho anterior. Estudos de infiltração pela penetração de marcadores, que variam de corantes, como o azul de metileno e o nitrato de prata, a radioisótopos, como o Carbono-14. Outra metodologia, bem menos utilizada neste tipo de estudo, relaciona o selamento apical à formação de *gaps* através da microscopia eletrônica de varredura. A infiltração bacteriana por microrganismos específicos ou pela saliva humana também tem sido extensamente utilizada para determinar o tempo de infiltração ao longo do dente. E uma análise quantitativa da microinfiltração foi possível pelo desenvolvimento de um sistema que, através de uma pressão positiva aplicada à amostra, conseguia medir o transporte de fluido pelo material.

Porém, muito pouco, ou nada, foi descrito a respeito da permeabilidade dos cimentos endodônticos. Há uma confusão conceitual. Alguns estudos descrevem permeabilidade como infiltração ou capacidade de selamento. Permeabilidade é uma característica, uma propriedade física do material e não a passagem de moléculas pelas interfaces formadas entre os materiais obturadores ou entre os mesmos e a superfície dentinária.

Incontáveis trabalhos já foram publicados caracterizando diversas propriedades físicas dos materiais obturadores. Segundo SMITH e STAIMAN ⁸⁰, avaliações das propriedades físicas, de biocompatibilidade, facilidade de manipulação e capacidade de selamento são

necessárias para caracterização de um novo material. Contudo, a permeabilidade de um material, nunca foi avaliada separadamente como uma propriedade física. Estudos anteriores tentaram reproduzir a permeabilidade de todo o conjunto, representado pelo dente, material obturador sólido e o cimento endodôntico.

REVISÃO DA LITERATURA

2. Revisão da Literatura:

2.1. Das Propriedades Físicas:

Em 1971, WEINER e SHILDER⁹¹ publicaram dois artigos bem detalhados sobre as propriedades físicas de nove diferentes cimentos endodônticos. Os autores avaliaram tais propriedades dividindo o estudo em uma avaliação do tempo de endurecimento de cada cimento variando as condições de temperatura e umidade relativa e avaliaram as alterações dimensionais de cada cimento após o endurecimento, pela contração linear e análise volumétrica. O período de observação para cada amostra foi de 7, 30 e 90 dias, respectivamente, após a manipulação dos cimentos. Foi verificado em todos os cimentos que a maior contração volumétrica ocorria nos primeiros 30 dias. Os autores também concluíram que a contração dos cimentos está diretamente relacionada a seu tempo de endurecimento e que este é inversamente influenciado pelas variações de temperatura e umidade relativa.

Um trabalho clássico desenvolvido por GROSSMAN³⁴ em 1976 avaliou algumas propriedades físicas (tamanho das partículas, escoamento, tempo de endurecimento, adesão e alterações dimensionais) dos cimentos endodônticos AH 26[®], Diaket[®], Kerr Sealer[®], Mynol[®], N2[®], N2 no-lead[®], ProcoSol (non-staining)[®], RC2B[®], Roth 801[®], Roth 811[®], Tubliseal[®] e cimento de Óxido de Zinco e Eugenol (OZE). Para cada propriedade física o autor salientou sua participação e importância específica no resultado final da obturação do canal radicular. GROSSMAN afirma que partículas menores proporcionariam uma manipulação mais fácil, bem como um melhor escoamento do cimento. Já o tempo de endurecimento seria afetado principalmente pela temperatura, umidade e espessura da película do cimento.

VERMILYEA, SIMON & HUGET⁸⁸ destacaram que a capacidade de uma pasta seladora preencher corretamente pequenos canais acessórios depende de suas características de

escoamento. Os autores afirmam também que a viscosidade dos cimentos pode ser afetada por muitos fatores, tais como: variações no tamanho das partículas, variações na relação pó/líquido e no grau de endurecimento do material.

Propriedades de escoamento, tempo de trabalho e resistência à tração de 23 cimentos endodônticos foram avaliadas por ØRSTAVIK⁶⁴. Após os testes reológicos, com determinação do diâmetro formado pelo cimento após compressão por placas de vidro, observou-se uma variação no diâmetro de 17,5 mm (Pasta Kril[®]) a 44,3 mm (Tubliseal[®]). Foi então determinado que, em condições clínicas, o escoamento ideal deve permitir a formação de um diâmetro de 28 mm. Houve ainda significativa variação na resistência à tração, variando de 6,9 MPa (Tubliseal[®]) a 67,1 MPa (AH 26[®]).

Um estudo conduzido por KEZEMI, SAFAVI & SPANGBERG⁴³ teve como objetivo avaliar a estabilidade dimensional de cimentos endodônticos com diferentes propriedades físicas por um longo período de tempo. Através da metodologia utilizada foram avaliados o tempo de trabalho, densidade, absorção de água, desintegração e alterações dimensionais dos cimentos. Os cimentos testados foram OZE, AH 26[®], EndoFill[®] e Endomethasone[®]. A densidade foi medida pelo preenchimento com o material de 1/10 de uma pipeta de 1 ml e posterior pesagem. O EndoFill[®] e o AH 26[®] apresentaram expansão inicial seguidas de contração até o final do experimento (180 dias). O Endomethasone e o OZE apresentaram as maiores contrações ao final do estudo. Todos os cimentos apresentaram sinais de alterações dimensionais, absorção de água e desintegração. O EndoFill[®] e o AH 26[®] absorveram água após o tempo experimental, porém apresentaram baixa desintegração. O EndoFill[®] e o AH 26[®] apresentaram a melhor estabilidade dimensional.

Seguindo a especificação nº 57 da ADA, FIDEL²⁷ verificou algumas propriedades físicas de cimentos contendo Ca(OH)₂ (Sealer 26[®], CRCS[®], Sealapex[®], Apexit[®] e PR-Sealer[®]) e do FillCanal[®]. Foi constatado pelo autor que todos os cimentos estudados estavam de acordo

com a especificação no que tange suas características de escoamento. A mesma compatibilidade, a exceção do Sealapex, foi verificada com relação à expansão dos cimentos testados.

Com base no trabalho anterior, FIDEL e colaboradores^{28, 29} publicaram mais dois artigos que descrevem detalhadamente algumas propriedades físicas de diversos cimentos endodônticos.

Em 1995, FIDEL *et al.*²⁸ examinaram as alterações dimensionais de um cimento endodôntico desenvolvido pela Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo, o PR-Sealer[®]. Este mesmo experimento avaliou as mesmas propriedades do Sealer 26[®], CRCS[®], Sealapex[®], Apexit[®]. Durante o ensaio que seguiu a especificação nº 57 da ADA, constatou-se a desintegração total do Sealapex[®], tornando sua leitura impossível. Os demais cimentos apresentaram algum grau de expansão, onde o Sealer 26[®] apresentou o menor índice e o PR-Sealer[®] apresentou o maior.

No mesmo ano do trabalho anterior, foi publicado um segundo experimento de FIDEL *et al.*²⁹ que avaliou os mesmos cimentos antes descritos, a exceção do PR-Sealer[®], no que tange o tempo de endurecimento destes materiais. De acordo com a especificação nº 57 da ADA, o CRCS[®] foi o que melhor se enquadrou. Vale ressaltar também que este mesmo cimento foi o único entre os demais a reproduzir o tempo de endurecimento descrito pelo respectivo fabricante. Os resultados variaram de 23 minutos (CRCS[®]) a 45 horas e 34 minutos (Sealapex[®]).

MENDONÇA *et al.*⁵⁵ avaliaram as propriedades físicas dos cimentos a base de OZE antes e após simularem o seu envelhecimento. Neste estudo o frasco do cimento foi exposto à luz, próximo a uma janela, por intervalos de 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias, na tentativa de simular condições de um ambiente de consultório. Durante e após o período experimental, os resultados mostraram haver diferença estatística significativa entre os grupos, com um maior

escoamento, menor tempo de trabalho e menor capacidade de adesão para o cimento envelhecido.

HUANG e KAO ³⁷ realizaram um estudo que teve como objetivo determinar o nível do pH superficial de três tipos diferentes de cimentos endodônticos sendo, um a base de OZE (Canals[®]), um resinoso (AH 26[®]) e outro a base de Ca(OH)₂ (PCS[®]) durante diferentes intervalos de tempo até sete semanas. Ao final do experimento o cimento resinoso apresentou níveis de pH ácido (pH<7) e os cimentos a base de OZE e Ca(OH)₂ apresentaram níveis similares de pH alcalino.

Um estudo conduzido por ALLAN, WALTON e SCHAFFER ³ teve como objetivo avaliar o tempo de endurecimento de cimentos endodônticos a base de OZE, a base de Ca(OH)₂ e compará-los sob condições *in vitro* e clínicas. O experimento contou com 120 dentes unirradiculares humanos. Os autores compararam os resultados do tempo de endurecimento dos cimentos em uma placa de vidro com o tempo de endurecimento dos mesmos cimentos em canais radiculares convencionalmente obturados e armazenados a 37°C e 100% de umidade por períodos previamente estabelecidos em estudo piloto. A comparação foi feita por quatro examinadores calibrados em um estudo cego. Após análise dos resultados demonstrou que de forma geral os cimentos na placa de vidro endurecem muito mais rapidamente (aproximadamente uma semana) do que quando aplicado em canais radiculares (aproximadamente quatro semanas).

Investigando as alterações dimensionais durante endurecimento dos cimentos endodônticos, ØRSTAVIK, NORDAHL e TIBBALLS ⁶⁷ conduziram um estudo que aplicou o método proposto pelo Projeto de Padronização Internacional (DIS) para avaliar a estabilidade dimensional e verificar o aspecto prático a fim de julgar sua conveniência como método padrão de medição de alterações dimensionais para este grupo de materiais. Foram utilizadas 11 diferentes marcas de cimentos endodônticos, incluindo cimentos a base de OZE, resina epóxica,

silicato de Ca, ionômero de vidro e silicone. Após análise dos resultados foi observado que, para maioria dos materiais, as maiores alterações ocorreram nas primeiras quatro semanas. Estas alterações variaram de uma contração de apenas 0,2% (silicato de Ca) a uma expansão de 5% (resina epóxica). Assim, os autores concluíram que este método é eficaz para detecção de variações dimensionais maiores que 0,2%.

PÉCORA *et al.*⁷² avaliaram a influência de variações na manipulação de dois cimentos a base de OZE em sua capacidade de obturar canais laterais simulados. Foram utilizados 24 dentes unirradiculares humanos. Estes divididos em quatro grupos. Dois deles obturados com cimento de Grossman, um na proporção correta e outro com excesso, e dois obturados com Endomethasone[®], também manipulados em uma proporção correta e outra com excesso de eugenol. O cimento de Grossman, quando corretamente manipulado, apresentou capacidade superior em selar canais simulados.

Um estudo dirigido por TAGGER *et al.*⁸⁴ teve como proposta medir a resistência ao cisalhamento dos cimentos endodônticos à guta-percha em um modelo projetado para medir a união à dentina. Foram selecionados os cimentos Roth 811[®], CRSC[®], Sealapex[®], Apexit[®], Ketac-Endo[®] e Bioseal[®]. Dez amostras de cada tipo de cimento foram submetidas ao teste de cisalhamento. A média da resistência ao teste variou de 0,56 Mpa (Ketac-Endo[®]) a 6,44 Mpa (Sealer 26[®]). Os cimentos resinosos apresentaram resistência significativamente maior que aos demais. A exceção do Roth 811[®] e do Sealapex[®], que não apresentaram resistência alguma, os demais não apresentaram diferença significativa entre si.

O escoamento de cinco cimentos endodônticos em intervalos de 0, 15 e 60 minutos foi determinado em estudo realizado por KAPLAN *et al.*³⁹. As características reológicas dos cimentos AH 26[®], Sealapex[®], Endion[®], Procosol[®] e Endomethasone[®] foram determinadas pela rotação de 90° de uma placa de vidro contendo uma quantidade de cada cimento. Logo após a manipulação o Sealapex[®] apresentou o maior escoamento. No segundo intervalo o Ah 26[®]

apresentou o maior grau de escoamento. E, ao fim de 60 minutos, praticamente não mais apresentavam a característica de escoamento. A análise dos resultados mostrou que o tempo afeta significativamente as características reológicas de um material.

McMICHEN *et al.*⁵⁴ compararam o escoamento, solubilidade, espessura da película e o tempo de trabalho e de endurecimento de cinco tipos de cimentos endodônticos, que são: Roth 801[®], Tubliseal EWT[®], AH Plus[®], Apexit[®] e Endion[®]. O AH plus[®] foi o menos solúvel enquanto que o Apexit foi o mais solúvel. O AH Plus[®] formou a película mais espessa. O tempo de trabalho variou de 50 minutos (Endion[®]) a mais de 24 horas (AH Plus[®]). O tempo de endurecimento variou de 70 minutos (Tubliseal EWT[®]) a oito dias (Roth 810[®]).

Por meio de um estudo comparativo com relação ao padrão de distribuição dos cimentos endodôntico, FACER e WALTON²⁶ observaram a distribuição de três tipos de cimentos (Roth's[®], Sealapex[®] e AH 26[®]) entre os cones de guta-percha e entre a guta-percha e a parede dentinária. Foram utilizadas 90 amostras obturadas com os cimentos testados pela técnica da condensação lateral. Os resultados mostraram que os cimentos estiveram freqüentemente ausentes na parede do canal. Sua presença foi mais observada entre os cones de guta-percha. Foi observada também uma melhor cobertura da parede dentinária no 1/3 coronário que no 1/3 apical. O AH Plus[®] mostrou a melhor cobertura quando comparado ao Roth's[®] e ao Sealapex[®].

A solubilidade do AH 26[®], AH Plus[®], RSA[®], Roeko Seal[®], Apexit[®], Sealapex[®], Aptal-Harz[®], Ketac-Endo[®] e do Diaket[®], em água e saliva artificial, foi avaliada por SHÄFER & ZANDBIGLARI⁷⁵. Tanto na saliva quanto em água o AH Plus[®] foi o menos solúvel. Sua perda de peso em 28 dias de imersão variou de 0,11% a 0,19%. Por outro lado o Sealapex[®], Aptal-Harz[®] e o Ketac-Endo[®] demonstraram uma pronunciada perda de peso em ambos os meios. Através da metodologia utilizada a maioria dos cimentos apresentou baixa solubilidade.

Uma revisão sumária de TAGGER, GREENBERG e SELA ⁸³ mostra uma série de dados que levam a crer que realmente os cimentos afetem as propriedades físicas da gutapercha. Os autores realizaram um estudo para verificar se existe alguma interação entre três tipos de cimentos (AH 26[®], Apexit[®] e Roth's[®]) e três marcas de cones de gutapercha (Kerr[®], UDM[®] e Beldente[®]). Esta interação entre cones e cimentos foi estimada por variações do escoamento da gutapercha em canais laterais simulados após termo-compactação. De forma geral, todos os cimentos influenciaram no escoamento de todas as formulações de gutapercha. Os cones de gutapercha da marca Beldente[®] foram os mais afetados.

GRANEIRO *et al.* ³¹ apresentaram um trabalho onde avaliaram o comportamento de cinco cimentos endodônticos (Endofill[®], Intrafill[®], Cimento de Rickert[®], Pulp-Fill[®] e Target[®]) frente às propriedades físico-químicas de escoamento, tempo de trabalho e tempo de endurecimento, de acordo com a especificação número 57 da ADA. Frente aos resultados, o Target[®] foi o que apresentou os melhores resultados, como o tempo de endurecimento, sendo que não houve diferença estatística significativa entre o mesmo e o Intrafill[®] nas propriedades de escoamento e tempo de trabalho.

Avaliando a influência do uso de Ca(OH)₂ nas propriedades físicas e na capacidade de selamento de diferentes cimentos endodônticos (Sealapex[®], Ketac-Endo[®], Canals[®] e Canals-N[®]), HOSOYA *et al.* ³⁶ observaram que o uso de agentes com Ca(OH)₂ diminuiu o escoamento de todos os cimentos testados, assim como o tempo de trabalho dos cimentos a base de OZE e do Sealapex[®] e o tempo de endurecimento do Canals[®]. O aumento na espessura da película do cimento foi observado na maioria das combinações dos materiais. Em algumas combinações houve um aumento da capacidade de selamento e em outras houve uma diminuição.

CAMPS *et al.* ¹³ realizaram um estudo detalhado da influência de diferentes ralações pó/líquido nas propriedades físicas especificadas na resolução ISO 6876 de dois cimentos a base de OZE. Além disso, foram avaliadas as características de selamento dos cimentos pela extração

de corante infiltrado em dentes humanos unirradiculares obturados com os dois cimentos testados (Cortisol[®] e Pulp Canal Sealer EWT[®]). Os resultados mostraram que para os dois cimentos, um aumento da relação pó/líquido induziu a uma diminuição do escoamento e aumento da radiopacidade. A variação da relação pó/líquido não afetou as alterações dimensionais nem a infiltração apical de corante de ambos os cimentos. Desta forma, os autores concluem que a relação pó/líquido causa um efeito limitado nas propriedades físicas, ficando a critério do endodontista a melhor consistência a ser utilizada.

2.2. Das metodologias relacionadas ao estudo da permeabilidade dos cimentos endodônticos:

2.2.1. Infiltração de isótopos radiativos e corantes:

Em 1976, YOUNIE e HEMBREE⁹⁸ realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a infiltração do isótopo ⁴⁵Ca em dentes obturados com dez diferentes cimentos endodônticos disponíveis estando ou não associados à guta-percha. A infiltração foi aferida pela avaliação radiográfica após os períodos de um dia, dois dias, uma semana, duas semanas e três semanas. Dos dez tipos de cimentos pesquisados, sete apresentaram uma menor infiltração quando associados à guta-percha.

Comparando o emprego do azul de metileno a radioisótopos como marcadores utilizados no estudo do selamento dos canais radiculares, MATLOFF *et al.*⁵³ mostraram que em 60 amostras, todas infiltradas por corante e 3 tipos de radioisótopos, nenhuma apresentou perfeito selamento apical. Na comparação, o azul de metileno infiltrou mais nas amostras do que qualquer um dos três tipos de radioisótopos testados.

ØRSTAVIK, ERIKSEN e BEYER-OLSEN⁶⁶ compararam a força de adesão de oito cimentos endodônticos à dentina e à guta-percha aos resultados obtidos em um teste de penetração de corante. No teste de adesão, em todos os casos, ocorreu a ruptura na interface cimento/superfície (guta ou dentina). O cimento resinoso apresentou a maior força de adesão tanto à guta-percha quanto à dentina. Apesar disso, o mesmo cimento apresentou uma maior infiltração que os cimentos a base de OZE.

Comparando o selamento promovido por dois tipos de cimentos com Ca(OH)₂ e ao promovido por um tipo de cimento de Grossman sem prata, ALEXANDER e GORDON¹ obturaram 30 incisivos centrais superiores humanos divididos em três grupos de 10 amostras.

Cada grupo foi obturado com gutapercha e os respectivos cimentos: Sealapex[®], CRCS[®] e um tipo de cimento de Grossman sem prata. Após infiltração de solução de azul de metileno, o CRCS[®] apresentou uma infiltração significativamente maior que a dos outros dois cimentos.

Um estudo conduzido por KAUFMAN *et al.*⁴² (1989) teve como objetivo comparar o selamento obtido pela gutapercha termocompactada quando associada a um cimento com Ca(OH)₂ de presa rápida (Life[®]) e ao AH 26[®]. Após infiltração de corante em 70 dentes humanos unirradiculares subdivididos em dentes obturados com os cimentos testados e dentes obturados sem cimento e posterior diafanização das amostras, os autores observaram não haver diferença estatística significativa entre a média de infiltração dos grupos. Isto é, quando a gutapercha foi termocompactada a diferença de infiltração entre os cimentos foi diminuída.

O efeito do sangue humano na capacidade de selamento do Tubliseal[®], AH 26[®], Roth[®], Nogenol[®], Diaket[®] e do Endomethasone[®] foi avaliado por NEGM⁵⁹. Um total de 180 dentes humanos unirradiculares foi igualmente dividido entre os grupos. Após obturação das amostras com gutapercha e os cimentos utilizados no experimento, cada grupo foi exposto à contaminação imediata de sangue ou solução salina ou foi mantido seco. Após duas horas os dentes foram infiltrados por corante durante uma hora e foram seccionados. A penetração de corante mostrou haver geralmente infiltrado maior quando houver contaminação de sangue. O Tubliseal[®] mostrou a menor média de infiltração em todas as condições. O AH 26[®] apresentou a segunda menor média de infiltração em todas as condições. Como conclusão, a capacidade de selamento do AH 26[®], Roth[®], Diaket[®] e Endomethasone[®] foi significativamente afetada pela contaminação por sangue.

Para comparar o selamento promovido por cimentos com Ca(OH)₂ aos cimentos convencionais, BARKHORDAR, BUI e WATANABE⁷ submeteram 60 dentes unirradiculares humanos à infiltração de corantes após a obturação dos dentes, subdivididos em 6 grupos iguais, com gutapercha e Roth's[®], AH 26[®], Sealapex[®], CRCS[®] e Nogenol[®]. Um grupo não foi

obturado para servir de controle. Após a diafanização não foi verificada diferença estatística entre os grupos obturados com os cimentos testados.

Um estudo foi dirigido por OGUNTEBI e SHEN ⁶⁰ para tentar comprovar se a espessura da película do cimento pode influenciar no selamento apical de dentes obturados com guta-percha termoplastificada. Foram utilizados 120 dentes unirradiculares superiores, divididos de forma igual em 6 grupos. Cinco grupos foram obturados com Thermafil[®] e o respectivo cimento a ser testado. Após determinação da espessura da película de cada cimento, imersão em corante e análise da infiltração linear, os autores concluíram não haver diferença estatística significativa entre os grupos experimentais.

BARKHORDAR, STARK e SOELBERG ⁸ compararam o selamento apical dos cimentos endodônticos a base de apatita com estes cimentos disponíveis: Roth's[®], Kerr Sealer[®] e Sealapex[®]. Após infiltração de nitrato de prata em 70 amostras distribuídas entre os grupos experimentais obturados com os cimentos, observou-se infiltração significativamente menor dos cimentos com apatita quando comparados ao Roth's[®] e ao Kerr Sealer[®].

LIMKANGWALMONGKOL, ABBOTT e SANDLER ⁴⁷ avaliaram a capacidade de selamento de quatro cimentos endodônticos (Apexit[®], Sealapex[®], Tubliseal[®] e AH 26[®]) através da penetração apical de corante e corte longitudinal do espécime. Os resultados mostraram diferença estatística entre os grupos. A menor infiltração foi apresentada pelo AH-26[®], seguido respectivamente pelo Apexit[®], Sealapex[®] e Tubliseal[®].

Através de uma revisão da literatura, WU e WESSELINK ⁹³ constataram um aumento significativo do número de trabalhos sobre infiltração de 2,9% nos anos de 1975 e 1976, para 21,3% dos trabalhos publicados em endodontia no período de 1989 a 1990.

SMITH e STAIMAN ⁸⁰ avaliaram a infiltração de corante em dentes obturados com guta-percha e: duas formulações de Tubliseal[®], Ketac-Endo[®] ou Roth 801[®]. Após imersão em nanquim por oito dias as amostras foram diafanizadas e a penetração linear de corante foi

registrada. Os resultados mostraram não haver diferença estatística significativa entre as duas formulações de Tubliseal[®] e mostraram que o Ketac-Endo infiltrou significativamente mais que os demais grupos.

Um estudo de BHAMBHANI e SPRECHMEN¹⁰ comparou a infiltração apical *in vitro* da solução de azul de metileno quando dentes unirradiculares foram obturados com Thermafil[®] ou condensação vertical e dois tipos de cimentos endodônticos diferentes (Kerr PCS[®] e Thermaseal[®]). Após diafanização e leitura dos dados, os resultados mostraram não haver diferença estatística significativa da infiltração de corante independentemente da técnica ou cimento utilizado.

Em outro estudo utilizando infiltração da solução de azul de metileno, ESTRELA *et al.*²⁵ verificaram a capacidade de selamento de quatro cimentos (Fillcanal[®], N-Rickert[®], Sealapex[®] e AH 26[®]) quando utilizada a condensação lateral ativa ou passiva da guta-percha. Cada grupo experimental contou com 20 amostras, sendo aplicada condensação lateral em 10 amostras e passiva nas outras 10. Após a imersão em corante por 72h as amostras foram seccionadas longitudinalmente e a infiltração linear foi registrada. Os resultados mostraram que, a exceção do N-Rickert[®], todos os outros cimentos testados apresentaram menor infiltração quando a guta-percha foi ativamente condensada.

KOCH, MIN e STEWART⁴⁵ avaliaram a capacidade de selamento de um cimento a base de ionômero de vidro (Ketac-Endo[®]) comparado ao cimento de Grossman (Roth's 801[®]) quando utilizada a técnica de condensação lateral ou do cone único. De um total de quatro grupos experimentais, cada qual contou com 12 amostras obturadas. Após imersão em tinta nanquim por 10 dias, as amostras foram diafanizadas e a penetração linear de corante foi mensurada. A análise estatística dos dados mostrou que a infiltração foi significativamente menor nas amostras obturadas com Ketac-Endo[®] do que nas obturadas com Roth's 801[®]. Já a variação da técnica de obturação não causou interferência nos dados de infiltração.

HORNIG e KESSLER³⁵ compararam o Procosol[®], Sealapex[®], e o Ketac-Endo[®] quando utilizados para obturar amostras contaminadas por umidade em curto prazo e em longo prazo. Foi então realizada a infiltração de corante imediatamente após o endurecimento do cimento das amostras contaminadas e logo depois de obturadas e a infiltração de corante após meses de incubação das amostras em solução salina. Após a diafanização das amostras, os autores concluíram que em ambos os casos o Ketac-Endo[®] infiltrou significativamente mais que os demais cimentos. Não houve diferença estatística significativa de infiltração entre os cimentos antes ou após o período de incubação.

Comparando o selamento apical promovido pelo AH 26[®] e o AH Plus[®], ZMENER *et al.*⁹⁹ estudaram 72 dentes unirradiculares obturados com guta-percha e um dos dois cimentos. As amostras foram imersas em solução de azul de metileno. Após os intervalos de 2, 4 ou 10 dias, as amostras foram seccionadas e a infiltração linear de corante foi registrada. Em todos os períodos houve infiltração significativamente maior do AH Plus[®]. Este experimento também mostrou que com o aumento do tempo de imersão houve uma maior penetração do corante.

Comparando o PCS[®], o Sealapex[®] e um novo cimento endodôntico resinoso, KATAOKA *et al.*⁴¹ avaliaram a força de adesão do novo cimento a amostras preparadas com dentina bovina tratadas com diferentes condicionadores. A capacidade de selamento apical e coronário de todos os cimentos foi avaliada após obturação de 32 incisivos superiores humanos para cada cimento e posterior infiltração de azul de metileno em intervalos de 1, 2 ou 4 semanas e secção das amostras. Algumas destas amostras foram ainda submetidas a eletromicroscopia eletrônica de varredura para verificação da adaptação do cimento à parede dentinária. O cimento experimental apresentou o melhor selamento apical e coronário em todos os intervalos de tempo. A eletromicroscopia eletrônica mostrou haver espaços vazios entre a dentina, a gutta e os cimentos.

DE ALMEIDA *et al.*²⁰ verificaram a capacidade de selamento promovida pelo AH Plus[®], Ketac-Endo[®] e pelo FillCanal[®]. Neste estudo *in vitro* 99 dentes unirradiculares superiores foram obturados com guta-percha e, cada um dos três grupos formados com 33 amostras, foi associado a um dos três cimentos testados. Após 24 h de infiltração em solução de azul de metileno, os dentes foram seccionados longitudinalmente e a infiltração linear de corante foi registrada. A análise estatística dos resultados mostrou que o AH Plus[®] infiltrou significativamente menos que o Ketac-Endo[®] e o FillCanal[®].

Em um estudo comparativo LUCENA-MARTÍN *et al.*⁴⁸ investigaram a infiltração apical de nanquim em dentes obturados com guta-percha e Endomethasone[®], TopSeal[®] ou RoekoSeal[®]. A análise da infiltração de cada amostra foi feita por duas técnicas distintas. Primeiro os dentes foram diafanizados e os dados foram registrados, depois as mesmas amostras foram incluídas em resina e seccionadas transversalmente nos 5 mm apicais em camadas de 1 mm. Os resultados mostraram não haver diferença estatística de infiltração entre os cimentos em ambas as metodologias. Porém, com relação à quantidade, a infiltração evidenciada pela técnica de diafanização foi significativamente maior.

A fim de verificar a ação de três diferentes cimentos endodônticos na capacidade de selamento de obturadores Thermafil[®] e guta-percha condensada lateralmente em canais retos e curvos, SCHÄFER e OLTHOFF⁷⁴ realizaram um estudo *in vitro*. Um total de 284 dentes humanos, divididos em grupos experimentais e controles, foram obturados pelas técnicas e cimentos testados permaneceram imersos em nanquim por 48 h. Após diafanização a infiltração linear de corante foi registrada. A análise estatística dos resultados mostrou não haver diferença entre os cimentos e mostrou uma diferença insignificante na penetração de corante em canais curvos ou retos. Um dado citado pelos autores foi a maior extrusão de material obturador pelo ápice nos grupos obturados com obturadores Thermafil[®].

A capacidade de selamento *in vivo* do Sealer 26[®], AH Plus[®] e Endofill[®] foi avaliada por KOPPER *et al.*⁴⁶. Foram obturados em cães 27 canais com Endofill[®], 26 com AH Plus[®] e 27 com Sealer 26[®]. Todos os canais obturados foram imediatamente preparados para colocação de pino intrarradicular, restando apenas o 1/3 apical obturado. Os canais foram selados coronariamente e após 72 h os canais foram expostos à cavidade oral e assim permaneceram por mais 45 dias. Ao fim deste período os animais foram sacrificados e os dentes extraídos foram submetidos à infiltração de nanquim por 4 dias. Após a diafanização, a penetração linear de corante de cada amostra foi registrada. Com apenas 4% de penetração de corante na extensão da obturação, o AH Plus[®] permitiu uma infiltração significativamente menor que o Endofill[®] e o Sealer 26[®]. O Sealer 26[®] infiltrou significativamente mais que o Endofill[®].

OLIVER e ABBOTT⁶² demonstraram não haver diferença estatística significante no selamento coronário e apical de dentes obturados com guta-percha e Ketac-Endo[®] ou AH 26[®]. Após infiltração de solução de azul de metileno por 72 h dos dentes obturados de cada grupo de amostras, o resultado do teste evidenciou apenas uma diferença estatisticamente altamente significativa apenas para o local da infiltração. As amostras infiltraram mais coronariamente do que apicalmente para ambos os cimentos.

Para determinar o grau de descoloração da solução de 1% de azul de metileno, corante comumente utilizado em estudos de infiltração, WU, KONTAKIOTIS e WESSELINK⁹⁶ determinaram a densidade ótica (DO) deste material na presença do amálgama, hidróxido de cálcio, Cavit[®], OZE e do MTA. Destes materiais, dois representaram extrema diminuição da DO do corante. Na presença do MTA o valor da DO diminuiu em 84% e na presença do hidróxido de cálcio diminuiu 73%.

O questionamento da correlação entre penetração apical de corante e sucesso clínico levou OLIVER e ABBOTT⁶³ a conduzir um experimento *in vitro* com prévias informações clínicas. Foram selecionados 116 dentes recém extraídos que receberam tratamento endodôntico

pelo menos seis meses antes da extração. Os casos foram classificados em bem ou mal-sucedidos e submetidos à infiltração de corante. Apesar do grupo de amostras malsucedidas apresentarem maior infiltração durante a análise estatística, os autores acreditam não haver relação direta entre sucesso clínico e penetração de corante, já que o dado bruto das amostras revelou um alto desvio padrão. Por exemplo, algumas amostras consideradas bem-sucedidas apresentaram infiltração superior a 80% de seu comprimento, enquanto outras, mal-sucedidas, apresentaram infiltração de apenas 8,5%.

A capacidade de selamento apical e adaptação à dentina de do AH Plus[®] e do Endorez[®] foi determinada por SEVIMAY e KALAYCI⁷⁸. Neste estudo foram utilizados 55 dentes humanos, sendo 25 para cada grupo experimental e 5 para grupos controle. Todas as amostras foram obturadas pela técnica da condensação lateral. Após 7 dias de imersão em solução de azul de metileno, todas as amostras foram seccionadas e a infiltração linear de corante foi registrada. O AH Plus[®] apresentou uma infiltração média de 2,87 mm que foi estatisticamente menor que a do Endorez[®], de 4,54 mm. Após avaliação ao MEV, de 5 amostras de cada grupo, constatou-se que a AH Plus[®] promove uma melhor adaptação e penetração aos túbulos dentinários.

2.2.2. Infiltração bacteriana:

MADISON, SWANSON e CHILES⁴⁹ analisaram a microinfiltração coronária comparando três tipos de cimento endodôntico: o Sealapex[®], o AH 26[®] e o cimento de Roth's[®]. Após a obturação de dentes unirradiculares com guta-percha e os cimentos testados, as amostras foram imersas em saliva artificial e depois colocadas em contato com tinta de nanquim. A diafanização dos dentes revelou uma penetração maior de tinta nos dentes obturados com AH 26[®]. Os dois outros cimentos não mostraram diferença significativa. Os autores concluíram que a

infiltração coronária de dentes tratados endodonticamente pode ocorrer em 7 dias, dependendo do cimento utilizado.

Com o objetivo de determinar o período de recontaminação do canal radicular tratado endodonticamente e frente às críticas feitas ao modelo de penetração de corantes utilizados nos estudos de infiltração, TORABINEJAD, UNG e KETTERING⁸⁷ avaliaram a infiltração *in vitro* de 33 amostras através da penetração coronária bacteriana em dentes obturados e sem o selamento coronário. Neste estudo foram utilizadas duas espécies bacterianas. O *Proteus vulgaris*, que infiltrou em metade das 17 amostras em 42 dias, e o *Staphylococcus epidermidis*, que infiltrou em metade das 16 amostras em 19 dias.

MAGURA *et al.*⁵⁰ comparam a infiltração de saliva *in vitro* em canais obturados através de duas metodologias diferentes: penetração de corante e cortes histológicos. Além de verificarem a contaminação bacteriana em amostras não obturadas por meios de cultura. Os resultados demonstraram que as amostras, submetidas aos cortes histológicos, infiltraram significativamente menos que as diafanizadas e 100% das amostras submetidas ao meio de cultura apresentaram crescimento bacteriano. Este estudo sugere que as análises histológicas sejam seguidas como padrão, pois permitem as menores variações, comparada a qualquer outra técnica.

Com o objetivo de avaliar a infiltração coronária *in vitro* de anaeróbios estritos, CHAILERTVANITKUL *et al.*¹⁶ submeterem 60 dentes unirradiculares obturados a infiltração bacteriana por 12 semanas. As amostras foram obturadas com guta-percha condensada lateralmente e dois tipos de cimentos: AH 26[®] e TubliSeal EWT[®]. Após o período experimental, a média de infiltração do AH 26[®] e do Tubliseal EWT[®] foi, respectivamente, de 8,4 e 8,2 semanas. A análise estatística dos resultados não revelou qualquer diferença significativa entre os grupos. Com base nos resultados, os autores concluíram que nenhum dos

cimentos testados juntamente com a técnica de condensação lateral da guta-percha é capaz de impedir a infiltração de produtos ácidos de anaeróbios estritos.

CHAILERTVANNITKUL, SAUNDERS e MACKENZIE ¹⁴ determinaram a influência de três diferentes cimentos endodônticos (AH 26[®], TubliSeal EWT[®] ou Apexit[®]) na penetração bacteriana de canais obturados. Após o período experimental de 90 dias de exposição das 60 amostras testadas ao *Streptococcus sanguis*, o Apexit[®] apresentou a maior porcentagem de espécimes contaminados (60%). Contudo, a análise estatística dos dados mostrou não haver diferença estatisticamente significativa entre os três grupos experimentais.

No ano seguinte, CHAILERTVANNITKUL, SAUNDERS e MACKENZIE ¹⁵ utilizaram uma metodologia semelhante a utilizada nos dois estudos anteriores para verificar a penetração bacteriana de *Peptostreptococcus micros* e *Prevotella intermedia* em 40 amostras obturadas com Apexit[®] ou Tubliseal EWT[®]. Após seis meses de incubação em saliva artificial, as amostras foram expostas aos marcadores microbianos por 90 dias. Ao fim deste período 30% e 75% das amostras do Apexit[®] e Tubliseal EWT[®], respectivamente, evidenciaram contaminação. A análise estatística dos resultados comprovou que o Tubliseal EWT infiltrou significativamente mais que o Apexit[®].

Tendo em vista as falhas de diversas metodologias nos estudos de microinfiltração, além das controvérsias quanto aos resultados obtidos, BAE, BAUMGARTNER e NAKATA ⁶ (1998) desenvolveram um modelo bacteriano anaeróbico para este tipo de estudo. Os autores contaminaram suas amostras com nove bactérias anaeróbicas, comumente isoladas nas infecções endodônticas, e observaram seu crescimento e detecção utilizando quatro tipos de meio em um sistema de compartimento dual. O estudo confirmou a validade do uso desse sistema para avaliar a infiltração de bactérias anaeróbicas.

Em 1999, SIQUEIRA *et al.* ⁷⁹ observaram a infiltração coronária de dois cimentos obturadores contendo Ca(OH)₂ (Sealapex[®] e Sealer 26[®]) após exposição à saliva. Os autores

utilizaram um modelo bacteriano em que as raízes tocavam a solução de BHI, enquanto a parte coronária contactava a saliva, trocada a cada três dias. A avaliação foi realizada durante 60 dias e demonstrou que o Sealer 26 apresentou menor recontaminação do que o Sealapex neste período.

BARTHEL *et al.*⁹ conduziram um estudo *in vitro* comparando a penetração bacteriana à penetração de corante em 90 dentes unirradiculares divididos em 3 grupos iguais obturados com guta-percha e 3 diferentes cimentos obturadores: AH 26[®], Ketac-Endo[®] e Roth's 801[®]. Após 38 dias de experimento, as mesmas amostras que sofreram infiltração bacteriana foram submetidas ao teste de penetração de corante (fuccina básica) por 48 h. Em relação ao primeiro teste não houve diferença entre os grupos. No segundo experimento o AH 26[®] infiltrou significativamente mais que o Ketac-Endo[®]. Através da concordância estatística entre ambos experimentos, os autores concluem não haver correlação entre os mesmos.

Usando a *E. faecalis* como marcador bacteriano, TIMPWAT, AMORNCHAT e TRISUWAN⁸⁶ comparam a infiltração bacteriana de três cimentos endodônticos. Os grupos experimentais, com 19 amostras cada, foram obturados com AH Plus[®], Apexit[®] ou Ketac-Endo[®]. Após 30 e 60 dias de incubação os grupos inoculados com *E. faecalis* apresentaram, respectivamente, diferentes índices de contaminação: 25% e 31,3% das amostras obturadas com AH Plus[®], 58,8% e 76,5% das obturadas com Apexit[®] e 13,3% e 53,3 das obturadas com Ketac-Endo[®]. No primeiro intervalo houve diferença significativa entre o Apexit[®] e o AH Plus[®] e entre o Ketac-Endo[®] e o Apexit[®]. Já no segundo intervalo houve diferença significativa apenas entre o Apexit[®] e o Ah Plus[®].

MILETIĆ *et al.*⁵⁷ avaliaram a penetração polimicrobiana juntamente com a penetração de fúngica por *Candida albicans*. Este estudo *in vitro* foi desenvolvido sobre dois grupos experimentais de 40 amostras cada obturadas com guta-percha e AH 26[®] ou AH Plus[®]. De cada grupo, 20 amostras foram submetidas à infiltração polimicrobiana e *C. albicans* e as

outras 20 foram infiltradas somente com *C. albicans*. Após o período experimental de 90 dias, 45% obturadas com AH 26[®] e 50% das amostras obturadas com AH Plus[®] apresentaram contaminação bacteriana. A contaminação fúngica ocorreu em 60% e 55% das amostras obturadas pelo AH 26[®] e AH Plus[®], respectivamente. A análise dos resultados mostrou não haver diferença estatística significativa entre os mesmos. Os autores concluem que a obturação com ambos os cimentos testados permitem a penetração bacteriana e fúngica.

Visando desenvolver um modelo *in vitro* que pudesse facilitar a análise das várias combinações de cimentos e/ou técnicas de obturação, BRITTO, GRIMAUDE e VERTUCCI¹¹ realizaram um estudo para determinar a contaminação via migração bacteriana em saliva artificial. Os grupos experimentais contaram com 120 dentes unirradiculares humanos obturados pela técnica da condensação lateral ou pela técnica do MicroSeal[®]. Para cada um destes dois grupos, cinco subgrupos de 12 amostras foram associados a um tipo diferente de cimento (Roth's 801[®], AH 26[®], Thermaseal Plus[®], Sealapex[®] ou Ketac-Endo[®]). Após a infiltração bacteriana, a análise dos resultados mostrou que a combinação da técnica de obturação do MicroSeal[®] com o Ketac-Endo[®] conseguiu prevenir a migração de bactérias por um maior período de tempo.

2.2.3. Infiltração por transporte de fluido:

Comparando a metodologia de transporte de fluídos à penetração bacteriana em canais radiculares obturados, WU *et al.*⁹⁴ dividiram dois grupos de 60 amostras e avaliaram somente o transporte de fluido em metades delas e o transporte de fluido após penetração bacteriana na outra metade. Apesar de 35% das amostras terem apresentado transporte de fluido, apenas 7% demonstraram contaminação bacteriana. Os autores não consideraram haver diferença estatística entre os grupos devido às características de cada metodologia.

DE GEE, WU e WESSELINK²² comparam a qualidade de selamento do Ketac-Endo[®] e do AH 26[®] através do transporte de fluido por amostras padronizadas de dentina bovina. Com a distribuição dos resultados em escores de acordo com a estimativa de tamanhos correspondentes ao diâmetro das lacunas das amostras, os autores verificaram que Ketac-Endo[®] infiltrou significativamente mais que AH 26[®].

Após 24 semanas de avaliação, YARED, BOU e DAGHER⁹⁷ verificaram a influência de três diferentes cimentos endodônticos na qualidade de selamento apical da guta-percha condensada verticalmente. Este estudo utilizou 30 amostras para cada grupo experimental obturados com Pulp Canal Sealer, AH 26 ou Roth 801. Durante o período experimental foi constatado um aumento da infiltração em todos os grupos. Porém, ao fim do experimento, apenas o Pulp Canal Sealer não apresentou aumento significativo da microinfiltração.

Comparando a infiltração do AH 26[®] e do Ketac-Endo[®] associado à injeção de guta-percha aquecida com ou sem condensação, WU, DE GEE e WESSELINK⁹³ aplicaram a metodologia de transporte de fluidos a 80 amostras divididas em quatro grupos iguais. Dois grupos foram obturados com AH 26[®] e guta-percha aquecida, sendo que apenas um deles recebeu condensação vertical. O mesmo procedimento foi aplicado aos grupos restantes obturados com Ketac-Endo[®]. Através de escores atribuídos ao transporte de fluido das amostras, os autores concluíram, ao fim do experimento, que: sem a condensação não houve diferença entre os grupos, porém, quando aplicada, o grupo obturado com Ketac-Endo[®] infiltrou significativamente menos.

O Pulp Canal Sealer[®] e o Pulp Canal Sealer EWT[®] foram testados por DAGHER, YARED e MACHTOU¹⁹ em um estudo que visou comparar a capacidade destes cimentos em impedir o transporte de fluido por amostras de dentes obturados. Após o tempo experimental de 24 semanas, os autores concluíram que em ambos os grupos foram observados a tendência do

aumento da infiltração. Porém, comparativamente entre os grupos, não houve diferença estatística significativa.

A infiltração de cinco cimentos endodônticos foi avaliada por MILETIC *et al.*⁵⁶ através da metodologia de transporte de fluídos. As amostras, 10 para cada cimento, obturadas com AH 26[®], AH Plus[®], Diaket[®], Apexit[®] ou Ketac-Endo[®] foram submetidas à pressão de 120 KPa por 5 minutos e a quantidade de transporte fluído foi registrada. A análise estatística dos resultados mostrou não haver diferença estatística entre a média de infiltração de todos os cimentos.

MARLEY, FERGUSON e HARTWELL⁵² verificaram a influência do uso de gluconato de clorexidina a 0,12% na capacidade de selamento obtido por três diferentes cimentos. O estudo comparou a infiltração de amostras irrigadas com hipoclorito de sódio a 5,25%, solução salina ou gluconato de clorexidina a 0,12% e obturadas com AH 26[®], Roth's[®] ou Sealapex[®]. Após o período experimental de 90 nenhuma diferença estatística significativa foi observada entre os cimentos, os irrigantes ou suas associações. O mesmo foi observado ao fim do experimento (180 dias).

Em 2002, MILETIC *et al.*⁵⁷ publicaram no *Journal of Endodontics* uma continuação do trabalho publicado por MILETIC *et al.*⁵⁶ em 1999 no *International Journal of Endodontics*. Neste estudo eles apenas aumentaram o tempo experimental para um ano. Os resultados obtidos mostraram que, ao final do experimento, o Apexit[®] apresentou infiltração significativamente maior que a do AH Plus[®] e do Ketac-Endo[®].

Através da metodologia de transporte de fluídos, ÇOBANKARA *et al.*¹⁸ avaliaram quantitativamente a infiltração apical do AH Plus[®], RoekoSeal[®], Ketac-Endo[®] e Sultan[®]. Neste estudo, 40 dentes humanos anteriores superiores foram divididos aleatoriamente em quatro grupos de 10 amostras. Cada grupo foi obturado com guta percha e o respectivo cimento a ser testado. As amostras foram avaliadas e os dados foram coletados em intervalos de 7, 14 e 21

dias. A análise dos resultados mostrou que todos os cimentos apresentaram melhor selamento após 21 dias que aos 7 dias de experimento. Em todos os intervalos, Sultan[®] apresentou a maior infiltração. RoekoSeal[®] mostrou o melhor selamento quando comparado aos demais cimentos após 21 dias.

PROPOSIÇÃO

3. Proposição:

Este estudo tem como objetivo avaliar de forma singular a característica de permeabilidade dos cimentos endodônticos Sealer 26[®], AH Plus[®], Pulp Canal Sealer EWT[®] e Intrafill[®] através da caracterização dos materiais e desenvolvimento de um ensaio de permeabilidade em um permeâmetro de carga variável.

MATERIAL E MÉTODOS

4. MATERIAL E MÉTODOS:

Quatro tipos de cimentos endodônticos disponíveis no mercado (Sealer 26[®], AH Plus[®], Pulp Canal Sealer EWT[®] e Intrafill[®]) foram submetidos a uma metodologia pioneira para estudo de sua permeabilidade em endodontia. Visando determinar a condutividade hidráulica ou coeficiente de permeabilidade (k) destes materiais foi utilizado um permeâmetro de carga variável. Este equipamento é utilizado em engenharia civil para determinação da condutividade hidráulica de solos. Assim como os cimentos endodônticos, os solos são materiais granulares constituídos de sólidos e vazios. Os ensaios de condutividade hidráulica foram realizados no Laboratório de Mecânica dos Solos da Universidade Veiga de Almeida. Para tal, foram confeccionadas 8 amostras, sendo 2 para cada tipo de cimento, no Laboratório de Endodontia da Faculdade de Odontologia da UERJ. Todos os cimentos, a exceção do AH Plus[®], também foram submetidos aos ensaios de granulometria e de massa específica real dos grãos (densidade).

4.1. Material.

Quatro cimentos endodônticos disponíveis no mercado, representando diferentes classes químicas de materiais, foram incluídos neste estudo (Tabela 1).

Tabela 01: Cimentos endodônticos testados.

	Fabricante	Lote	Composição
Sealer 26®	Dentsply Indústria e Comercio Ltda., Petrópolis, RJ, Brasil.	325254	Pó: trióxido de bismuto, hidróxido de cálcio, hexametileno tetramina e dióxido de titânio; Resina: epóxi bisfenol.
AH Plus®	Dentsply De Trey GmbH, Konstanz, Alemanha.	0412000489	Pasta A: resinas epóxicas, tungstato de cálcio, sílica e pigmentos de óxido de ferro; Pasta B: Aminas, tungstato de cálcio, óxido de zircônio, sílica e óleo de silicone.
Pulp Canal Sealer (EWT)®	Sybron Endo - Ormco Corporation, Glendora, CA, EUA.	4-1342	Não informada pelo fabricante.
Intrafill®	S.S. White Artigos Dentários Ltda., Rio de Janeiro, RJ, Brasil.	003 – ref. n° 03315	Não informada pelo fabricante.

4.2. Fichas para coleta de dados:

Para o correto registro e armazenamento dos dados coletados nos ensaios de sedimentação, massa específica real dos grãos e permeabilidade, foram utilizadas três fichas (APÊNDICES A, B e C respectivamente).

4.3. Ensaios:

4.3.1. Granulometria:

A granulometria é a medida das dimensões das partículas que constituem um determinado material. Já a distribuição granulométrica é a representação gráfica das dimensões das partículas, em função de suas proporções em peso.

A determinação experimental da curva granulométrica de um determinado material pode ser conseguida através de um processo direto (peneiramento) ou indireto (sedimentação). Devido a sua apresentação pasta/pasta, o AH Plus[®] não foi incluído nesta fase do experimento.

4.3.1.1. Ensaio de peneiramento:

O processo direto é realizado pelo peneiramento dos grãos. Neste caso, o material passa por uma seqüência de peneiras, com aberturas de malha variável (Figura 1). O peso de material retido em cada peneira é avaliado e o diâmetro da partícula é associado ao diâmetro da peneira. Este procedimento deve ser aplicado a grãos de diâmetro superior a 0,074mm (peneira #200). No caso de partículas menores este processo não se aplica.

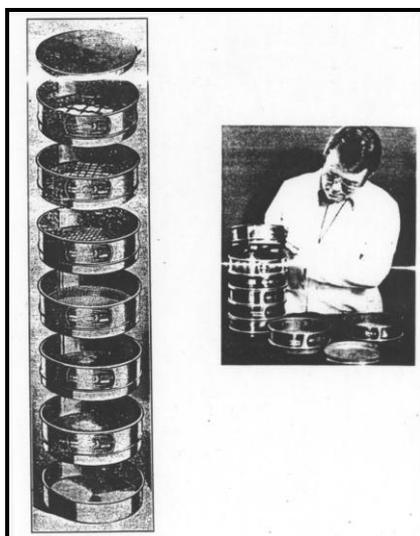


Figura 1. Seqüência de peneiras.

4.3.1.2. Ensaio de sedimentação:

O ensaio de sedimentação é um processo indireto de determinação do diâmetro de partículas e baseia-se na lei de Stokes. A lei de Stokes modela a queda livre de uma partícula esférica em um fluido viscoso, admitindo não haver interferência entre grãos durante a sedimentação. A partir desta lei é possível, através da densidade da solução, estimar, o máximo diâmetro da partícula que permanece em suspensão, após um determinado tempo (t). A densidade da solução é medida por um densímetro (Figura 2).

Em solos finos, o ensaio é precedido pela introdução de uma solução com um agente químico, defloculante. O objetivo do defloculante é quebrar qualquer ligação química entre partículas, garantindo assim a inexistência de grumos e que o processo de sedimentação ocorra exclusivamente nos grãos. Assim sendo, antes da realização do ensaio de sedimentação, a massa de pó de cada um dos cimentos testados foi misturada a uma solução defloculante. O preparo da solução defloculante ou dispersora foi executado da seguinte forma:

- a) separar 45,7g de Hexametáfosfato de sódio – $(\text{NaPO}_3)_6$ (Figura 3);
- b) separar 7,9g de Carbonato de Cálcio (Figura 3);
- c) misturar separadamente as duas substâncias em água destilada (Figura 4);
- d) formar 1000 ml de solução defloculante com as duas soluções anteriores;



Figura 2. Densímetro.



Figura 3. Hexametáfosfato de sódio (E) e Carbonato de Cálcio (D).



Figura 4. Mistura das substâncias.

A realização do ensaio de sedimentação seguiu as seguintes etapas:

- a) misturar 125 ml da solução defloculante formada com a massa de pó testado (Figura 5 e 6). A quantidade de pó disponibilizado de cada cimento foi de: 9,84g do Sealer 26[®], 11g do Pulp Canal Sealer (EWT)[®] e 21,19g do Intrafill[®];
- b) deixar a mistura em repouso por 24 h;
- c) coloca-se a mistura na bureta e adiciona-se água destilada até completar o volume total de 1000ml;
- d) homogeneizar a mistura através de movimentos semi-circulares;
- e) realizar leituras de densidade, inserindo-se densímetro cuidadosamente em intervalos de 15 seg, 20 seg, 1 min, 2 min, 4 min, 8 min, 15 min, 30 min, 1 h, 2 h, 4 h e 24 h (Figura 6 e 7);

O ensaio requer alguns cuidados adicionais. A temperatura deve ser simultaneamente monitorada, uma vez que interfere na viscosidade da solução. Assim sendo, nos intervalos entre leituras o densímetro e um termômetro eram mantidos em uma bureta com água destilada. Adicionalmente, as buretas eram protegidas para evitar evaporação.

O cálculo do diâmetro máximo da partícula em suspensão em determinado tempo faz-se pela fórmula abaixo.

$$D \text{ (mm)} = \sqrt{\frac{30\mu}{980,7(G-G_w)} \times \frac{L}{t}}$$

Onde:

μ = viscosidade da água (poises),

G = densidade dos grãos

G_w = densidade da água (corrigida da temperatura)

t = tempo (min)

L = altura da queda (cm) obtida pela calibração do densímetro (APÊNDICE D) - correção da leitura pela compensação do menisco formado pela água e o densímetro (Figura 8).

O cálculo da porcentagem de partículas em suspensão em determinado tempo faz-se pela fórmula abaixo.

$$p(\%) = \frac{G}{G-1} \times \frac{V}{P_s} \times \gamma_w \times L_c \times 100$$

Onde:

G= densidade dos grãos;

V = volume total (1litro);

Ps = peso de solo seco em estufa, colocado na bureta;

γ_w = peso específico da água, na temperatura de calibração do densímetro;

L_c = leitura do densímetro.



Figura 5. Pó de cimento endodôntico (bandeja metálica) e solução defloculante.

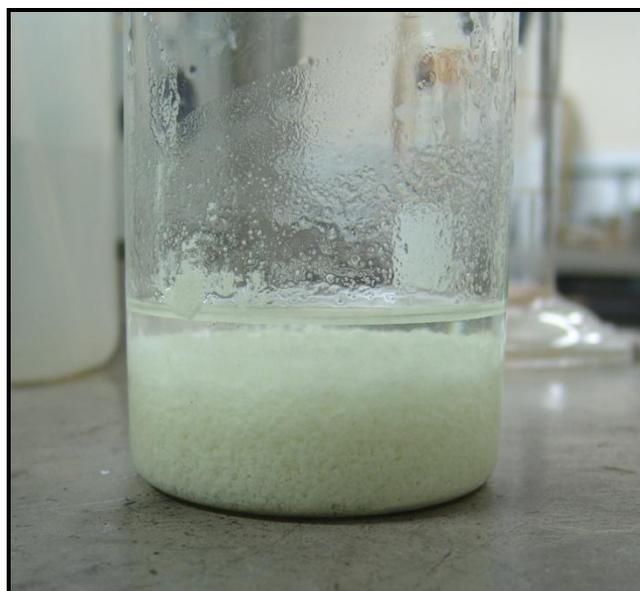


Figura 6. Dispersão do pó do cimento endodôntico quando em contato com a solução defloculante.

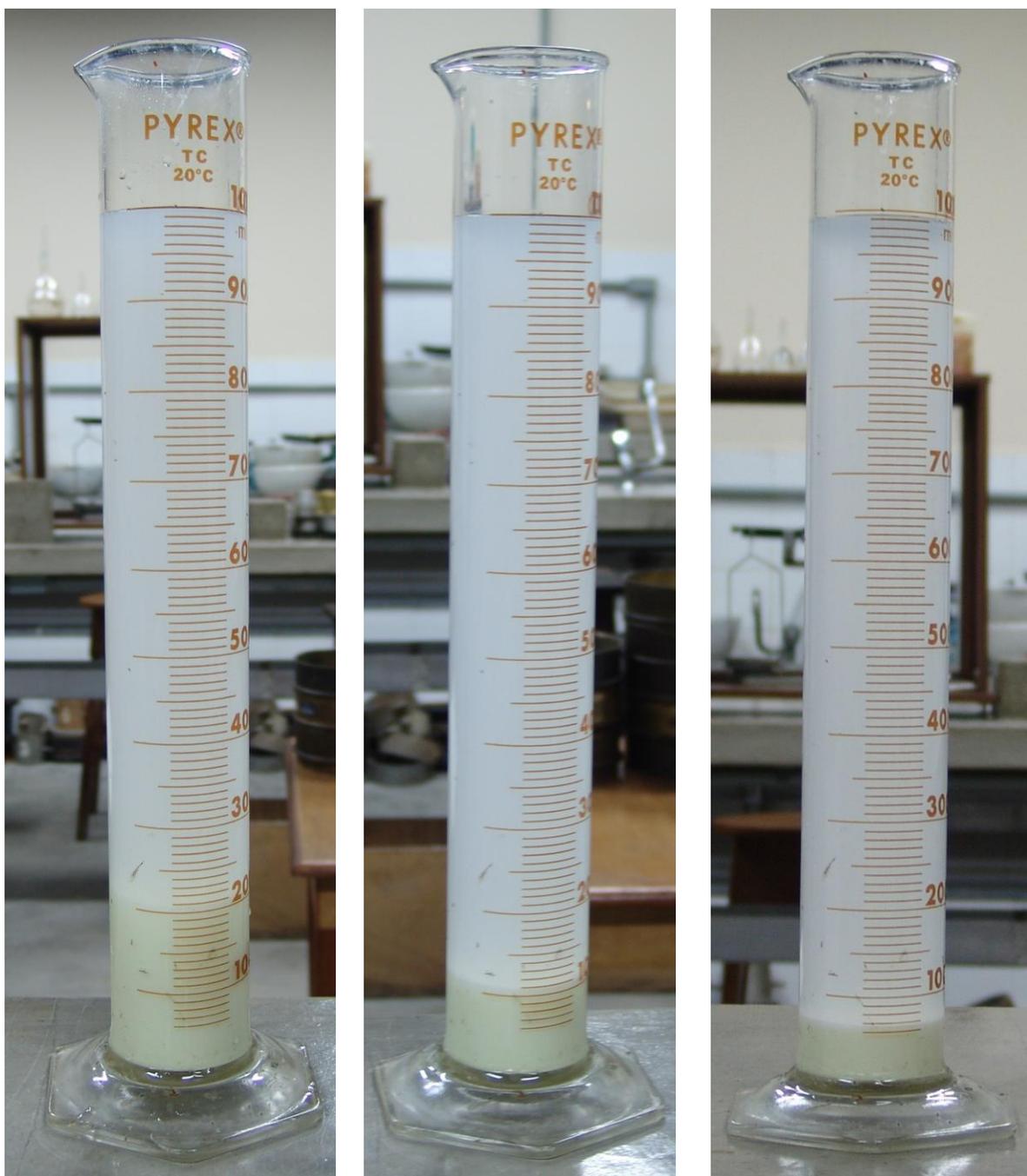


Figura 7. Da esquerda para direita: sedimentação do pó do Sealer 26[®] em 2 min, 4 h e 24h, respectivamente.

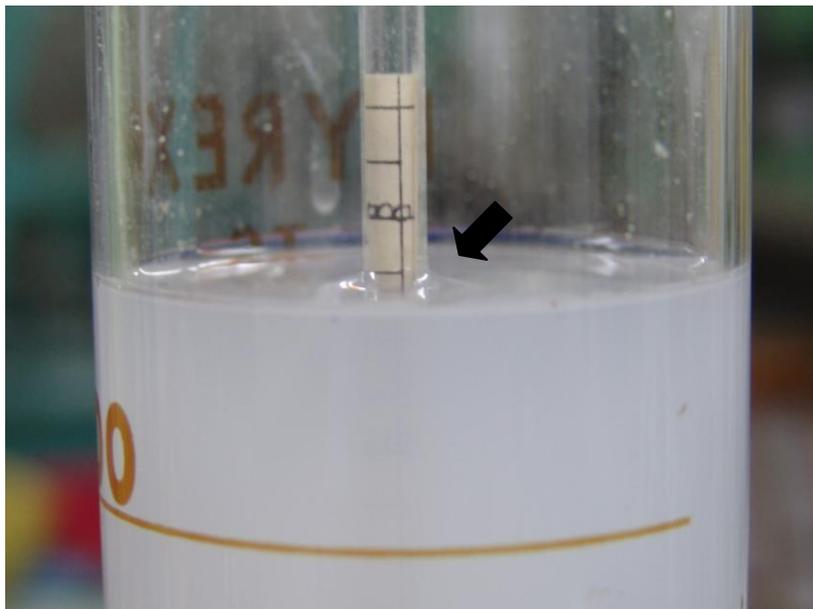


Figura 8. Inserção do densímetro. Notar menisco formado entre o densímetro e a solução.

4.3.2. Determinação da Densidade dos grãos (G):

A massa específica real dos grãos (ou densidade dos grãos) é definida pela relação entre os pesos específicos dos grãos (γ_g) e o da água (γ_w); isto é:

$$G = \frac{\gamma_g}{\gamma_w}$$

Sendo o peso específico dos grãos (γ_g) definido pela relação entre o peso e o volume de sólidos ($\gamma_g = P_s/V_s$) e o peso específico da água (γ_w) definido por $\gamma_w = P_w/V_w$. A medição de pesos é mais fácil do que a determinação de volumes. Com isso o ensaio consiste em calcular os pesos de água e de sólidos, garantindo que volumes correspondentes sejam idênticos.

O ensaio é realizado em recipientes específicos denominados de picnômetros (Figura 9). O procedimento do ensaio é feito da seguinte forma:

- i) pesa-se o picnômetro;
- ii) pesa-se o picnômetro preenchido de água destilada
- iii) verte-se no picnômetro os sólidos e o volume de água deslocada pelo pó é desconsiderado; com isso o volume de sólidos é igual ao de água descartada;
- iv) pesa-se o conjunto.

O cálculo da densidade se faz pela seguinte fórmula:

$$G = \frac{c}{a+c-b}$$

Onde:

G = densidade dos grãos (adimensional);

a = peso do picnômetro + água (g);

b = peso do picnômetro + pó + água (g);

c = peso do pó (g).



Figura 9. Picnômetros contendo pó dos cimentos Pulp Canal Sealer EWT[®] (E), Intrafill[®] (C) e Sealer 26[®] (D).

4.3.3. Ensaios de Permeabilidade:

4.3.3.1. Conceito de Carga.

Qualquer partícula de água em repouso ou em movimento possui uma determinada quantidade de energia (E), a qual pode ser subdividida em 3 componentes; isto é:

$$Energia = E_{elevacao} + E_{pressao} + E_{cinetica}$$

Sendo a energia de elevação (E_e) igual ao trabalho cedido para se elevar uma partícula de água de uma determinada cota de referência para outra cota; a de pressão igual ao trabalho cedido para alterar a de um valor de referência (p_{atm}) para outro valor e a cinética igual ao trabalho cedido para variar a velocidade da partícula de um valor de referência ($v=0$) para outro valor.

Quando há fluxo em meios porosos, a velocidade é muito baixa. Com isso a parcela cinética pode ser desprezada.

Definindo-se carga hidráulica como a relação entre energia e massa. Em meios porosos, a carga hidráulica (h) é calculada como:

$$h = h_e + h_p = z + \frac{p}{\gamma_w}$$

Onde z é a altura da partícula com relação a um ponto de referencia, p a pressão na água e γ_w o peso específico da água.

4.3.3.2. Determinação Experimental.

A determinação do coeficiente de permeabilidade (k) de um material pode ser feita através de um sistema que submeta uma amostra do material testado a uma carga hidráulica constante ou variável. Esta metodologia baseia-se na quantidade de água que consegue atravessar uma determinada estrutura através de suas porosidades. Quando este coeficiente é muito baixo, isto é, passa pouca água pela amostra, a determinação através da manutenção de diferença de carga constante (permeômetro de carga constante) é inadequada. Emprega-se, então, o procedimento de carga variável (Figuras 10 e 11).

O permeâmetro é composto por um dispositivo em acrílico e uma coluna d'água. As duas estruturas permanecem unidas por uma mangueira. O dispositivo em acrílico mantém a amostra e deve impedir que a água sob pressão oriunda da coluna vaze pelas conexões do sistema.

O permeâmetro de carga variável utilizado neste trabalho é constituído dos seguintes componentes (Figura 10):

1. coluna d'água: fornecida por uma bureta com diâmetro de 2,8 cm presa a um suporte na parede preenchida com água destilada até sua marca inicial (zero);
2. mangueira: garrote de borracha para unir a bureta ao dispositivo inferior;
3. registro: a base acrílica superior possui um registro para conexão da mangueira;
4. borboletas de aperto: possibilitam o fechamento do sistema pelo aperto do cilindro pelas bases superior e inferior;
5. base acrílica superior;
6. rosca da borboleta: união entre as bases;
7. borracha de vedação: quando apertada, promove a vedação entre o cilindro e as bases;
8. areia padrão: é uma areia de granulometria padronizada colocada acima e abaixo da amostra para mantê-la em posição, evitar perda de seu material e distribuir uniformemente a carga hidráulica;
9. amostra de cimento;
10. base acrílica inferior;
11. saída de água;
12. cilindro em acrílico de 51,6 mm de diâmetro interno e 120 mm de altura para armazenar a amostra e a areia padrão.

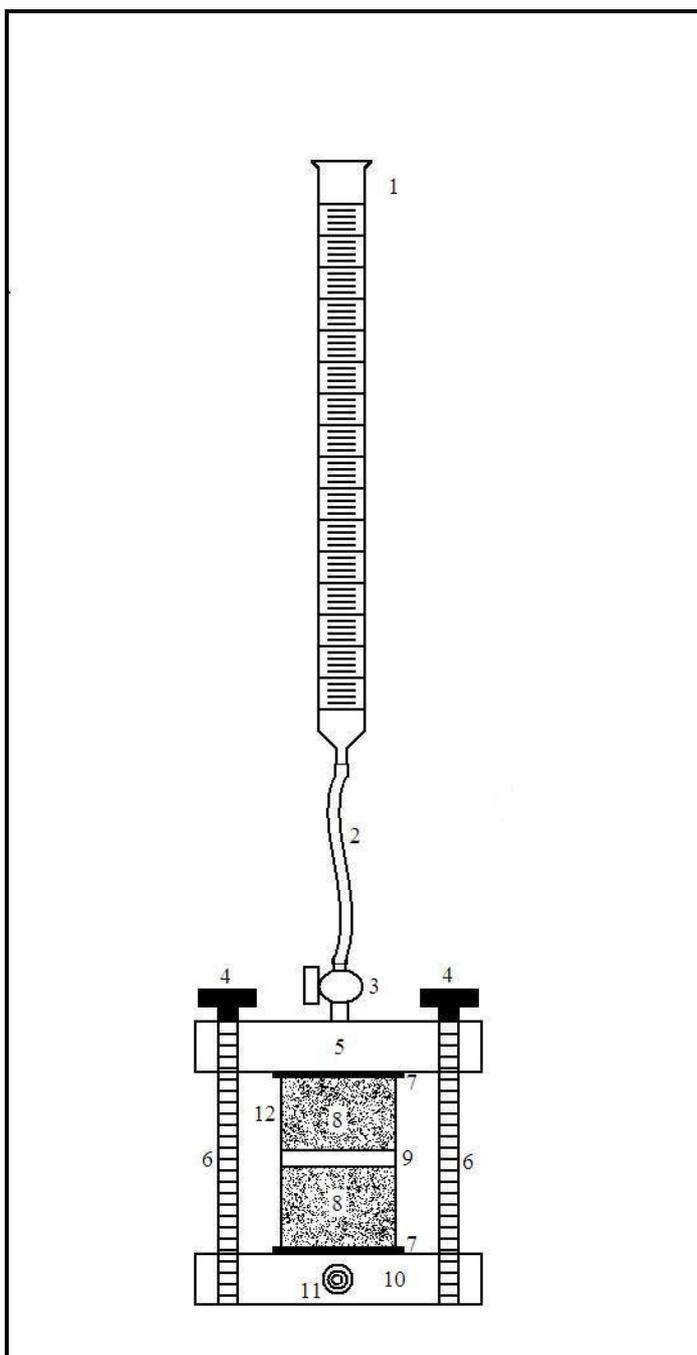


Figura 10. Permeômetro de carga variável. 1. coluna d'água (bureta); 2. mangueira; 3. registro; 4. borboletas de aperto; 5. base acrílica superior; 6. rosca da borboleta; 7. borracha de vedação; 8. areia padrão; 9. amostra; 10. base acrílica inferior; 11. saída de água; e 12. cilindro em acrílico.

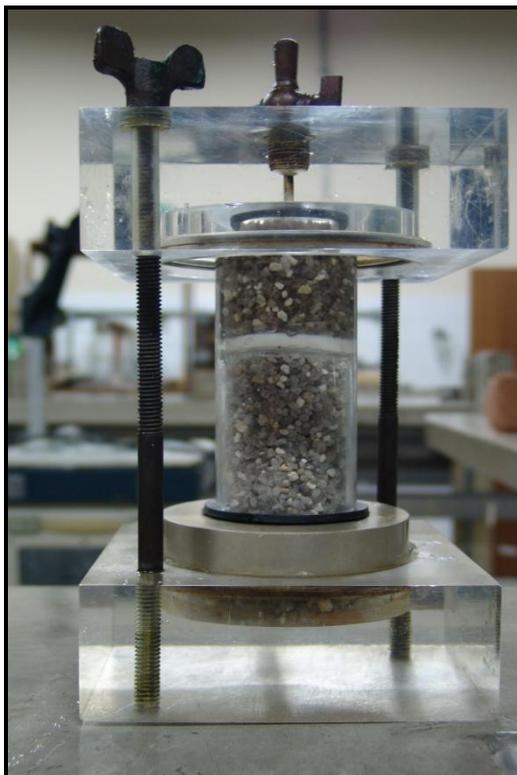


Figura 11. Permeâmetro de carga variável

Em ensaios de permeabilidade sob carga hidráulica variável, o coeficiente de permeabilidade (k) é determinado pela seguinte equação:

$$k = 2,3 \frac{aL}{A\Delta t} \log \frac{h_0}{h_1}$$

Onde:

a - seção transversal da coluna d'água (cm^2)

A - seção transversal da amostra (cm^2);

L - altura do corpo de prova (cm);

h_0 - diferença de carga total inicial = distância inicial do nível d'água para o reservatório inferior (cm);

h_1 - diferença de carga total = distância para o tempo 1, do nível d'água para o reservatório inferior (cm);

Δt - intervalo de tempo para o nível d'água passar de h_0 para h_1 .

Neste estudo a distância da marca zero da bureta até a base do permeâmetro (distância inicial do nível d'água para o reservatório inferior – h_0) foi de 175 cm.

4.3.3.3. Preparo das amostras.

As amostras de cimentos endodônticos seguiram algumas especificações:

- Foram confeccionados dois anéis em aço inoxidável de 50,8 mm de diâmetro e 10 mm de altura. Estes anéis serviram de molde para todos os cimentos;
- Todos os cimentos foram manipulados de acordo com as instruções dos fabricantes;
- Foi manipulada de uma só vez uma quantidade de cimento necessária para preencher metade da altura dos dois anéis, isto é, cada cimento contou com duas amostras (oito amostras no total);
- Os dois anéis de aço, apoiados em uma base de *teflon*, foram simultaneamente preenchidos com o cimento testado sob uma vibração constante em vibrador de gesso durante 10 minutos (Figura 12);
- Todo o conjunto de anéis e cimento permaneceu em estufa biológica a uma temperatura constante de 37°C e 100% de umidade durante o período de 14 dias;
- Após o endurecimento do cimento as amostras foram extraídas dos anéis para que pudessem ser montadas no cilindro de acrílico (Figura 13).

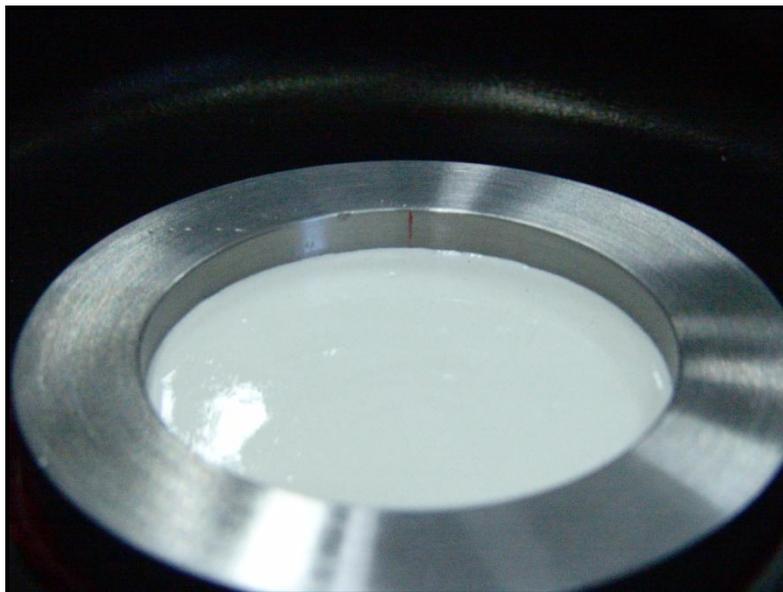


Figura 12. Anel de aço inoxidável contendo cimento endodôntico Intrafill®.



Figura 13. Amostras de Sealer 26® extraídas dos anéis metálicos.

4.3.3.4. Montagem das amostras.

Antes da montagem das amostras foi realizado um estudo piloto para verificar a validade do experimento em comparação ao estudo da permeabilidade de materiais que já foram submetidos a esse teste. O estudo piloto foi realizado com argila (*bentonita*). Este material apresenta granulometria inferior a 2×10^{-3} mm e baixíssima permeabilidade (Figura 14). Após o

experimento foi constatado não haver diferença de resultados quando a amostra de *bentonita* foi preparada com as mesmas especificações das amostras de cimentos endodônticos.

Além do estudo piloto, antes do experimento, foram realizados dois ensaios com os grupos controle negativo e positivo.

O grupo controle positivo constou do preenchimento total do cilindro de acrílico apenas com a areia padrão. Como esperado, a permeabilidade foi tão grande que não permitiu qualquer tipo de leitura.

Para o grupo controle negativo foi confeccionada uma amostra em silicone de moldagem RTV-10C (Siligel Com. Ltda – Rio de Janeiro), manipulado de acordo com as instruções do fabricante, nas mesmas especificações das amostras de cimento. Após o posicionamento da amostra no cilindro, a interface formada entre os dois foi vedada com adesivo de silicone (Siloc, Anaerobicos S. A., Argentina) (Figura 15). Após a montagem total do sistema, esta amostra foi submetida a uma diferença de carga hidráulica por um período de 28 dias. Ao fim deste período nenhum volume de água percolou através da amostra.

Com base nos resultados do teste piloto e dos grupos controle negativo e positivo, duas amostras de cada cimento testado foram montadas separadamente na região intermediária dos seus respectivos cilindros de acrílico e suas interfaces com os mesmos foram vedadas com o adesivo de silicone (Figura 16). As duas amostras foram submetidas ao ensaio ao mesmo tempo e pelo mesmo período experimental.



Figura 14. Estudo Piloto com *bentonita*.

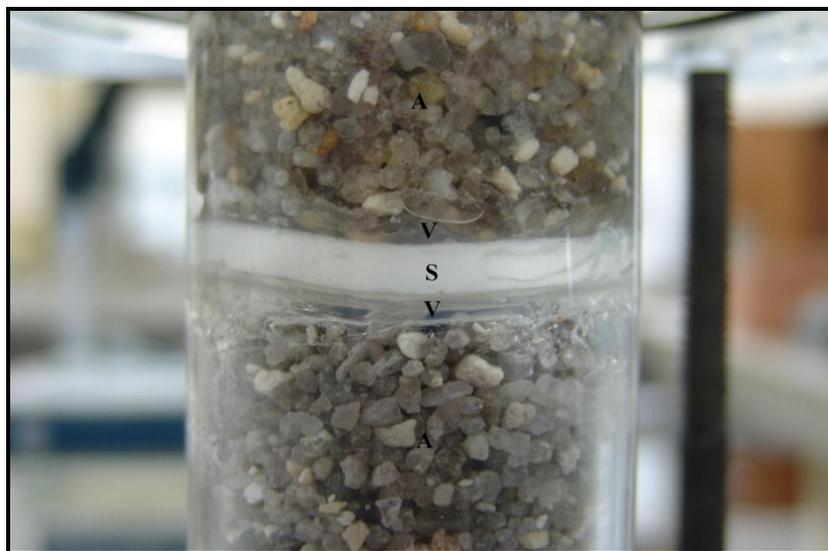


Figura 15. Controle Negativo. S. amostra de silicone de moldagem; V. adesivo de silicone; e A. areia padrão.

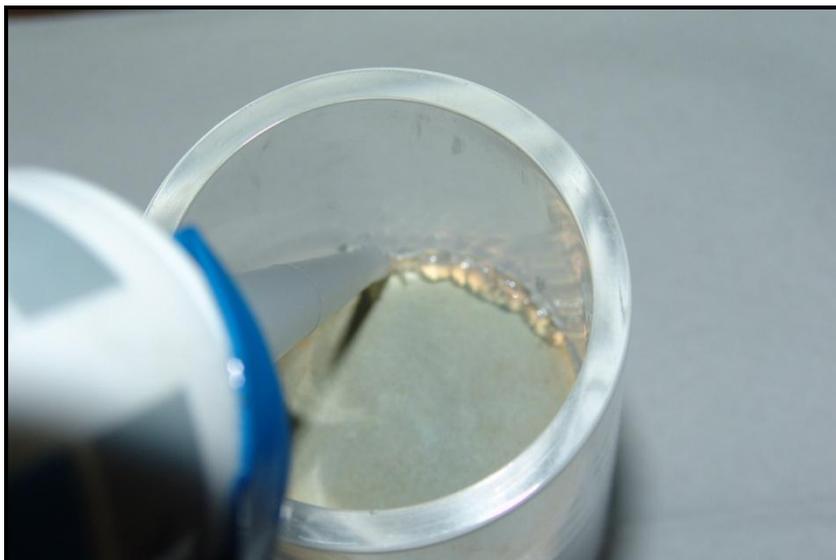


Figura 16. Vedação da interface entre uma amostra de cimento endodôntico e o cilindro de acrílico.

4.3.3.5. Procedimento do ensaio.

Todas as amostras foram submetidas ao ensaio de permeabilidade por um período experimental de 28 dias, sendo que, as amostras do mesmo cimento foram testadas simultaneamente.

Além das buretas utilizadas como coluna d'água para análise das amostras de cimento, todos os ensaios de permeabilidade contaram com uma terceira bureta. Esta bureta, com as mesmas especificações das anteriores, também foi preenchida com água destilada até a sua marca zero. Porém, sua extremidade inferior foi totalmente vedada, impedindo a condutividade hidráulica e, conseqüentemente, a sua variação de altura com o tempo. A cada aferição da coluna d'água das amostras, esta bureta também foi aferida e caso houvesse diferença da sua altura inicial, esta leitura indicaria o índice de evaporação da água nos intervalos de tempo de coleta de dados. Assim, podemos dizer que, a leitura desta bureta serviu como controle de evaporação de água entre os intervalos.

A leitura das buretas foi realizada a cada dois dias. Foram registrados os seguintes dados: diferença da altura inicial da coluna d'água dos grupos experimentais e da bureta controle e temperatura da água da coluna correspondente.

RESULTADOS

5. RESULTADOS:

5.1. Dos ensaios de granulometria:

5.1.1. Ensaio de peneiramento:

O pó de todos os cimentos testados, a exceção do AH Plus (pasta/pasta), passou totalmente pela peneira #200 (Rodotest, Teslastem Peneiras para Análises Ltda, Brasil). Não sendo possível a determinação do diâmetro dos grãos por este método.

5.1.2. Ensaio de sedimentação:

O peso do pó dos cimentos antes e após a secagem das amostras estão ilustrados na tabela 2.

Devido à tensão superficial da água, forma-se um menisco entre o densímetro e a superfície da água. Desta forma, para que haja uma leitura real, a leitura do densímetro necessita ser corrigida. O fator de correção adotado pelo Laboratório de Mecânica dos Solos da Universidade Veiga de Almeida às especificações do densímetro utilizado é de 0,90. Por exemplo, se a leitura do densímetro marca 2,5, a leitura real corrigida será de 1,6.

A leitura do densímetro, a leitura corrigida do densímetro, o diâmetro máximo dos grãos e a porcentagem de grãos em suspensão em intervalos de 15 seg, 20 seg, 1 min, 2 min, 4 min, 8 min, 15 min, 30 min, 1 h, 2 h, 4 h e 24 h estão representados de acordo com o cimento testado pelas Tabelas 3, 4 e 5.

A distribuição granulométrica do pó dos cimentos testados está representada graficamente em função de suas proporções em peso pelos gráficos 1, 2 e 3. As proporções em peso são classificadas pelo percentual em suspensão ou percentual de peso que passa.

A curva granulométrica demonstra a graduação do material. Quando a curva é suave, o material possui uma granulometria bem distribuída. A curva granulométrica do Sealer 26[®]

(gráfico 1) apresenta uniformidade em sua parte central, caracterizando a concentração de partículas de diâmetros aproximados. Já as curvas granulométricas do Pulp Canal Sealer[®] (gráfico 2) e do Intrafill[®] (gráfico 3) não são uniformes e apresentam descontinuidade na distribuição, o que caracteriza a falta de grãos de determinados diâmetros.

Tabela 2. Pesos dos cimentos.

	Peso do Material Úmido (g)	Peso do Material Seco (g)
Sealer 26 [®]	9,84	9,02
Pulp Canal Sealer [®]	11,00	9,91
Intrafill [®]	21,19	19,93

Tabela 3. Sedimentação do Sealer 26[®].

	Temperatura (°C)	Leitura do densímetro	Leitura corrigida	Diâmetro dos grãos (mm)	P(%) peso que passa
15 s	22	-	-	-	-
30 s	22	5,5	4,60	0,0823	81,8694
1 min	22	5,0	4,10	0,0583	72,7728
2 min	22	5,0	4,10	0,0412	72,7728
4 min	22	4,5	3,60	0,0286	63,6762
8 min	22	2,5	1,60	0,0205	27,2898
15 min	22	2,0	1,10	0,0150	18,1932
30 min	22	2,0	1,10	0,0106	18,1932
1 hora	22	2,0	1,10	0,0075	18,1932
2 horas	22	2,0	1,10	0,0053	18,1932
4 horas	22	2,0	1,10	0,0037	18,1932
24 horas	22	2,0	1,10	0,0015	18,1932

Tabela 4. Sedimentação do Pulp Canal Sealer EWT®.

	Temperatura (°C)	Leitura do densímetro	Leitura corrigida	Diâmetro dos grãos (mm)	P(%) peso que passa
15 s	23	-	-	-	-
30 s	23	-	-	-	-
1 min	23	5,0	4,10	0,0842	95,6554
2 min	23	4,5	3,60	0,0597	83,6985
4 min	23	4,0	3,10	0,0413	71,7416
8 min	23	3,5	2,60	0,0293	59,7846
15 min	23	3,0	2,10	0,0215	47,8277
30 min	23	2,5	1,60	0,0152	35,8708
1 hora	23	2,5	1,60	0,0108	35,8708
2 horas	23	2,0	1,10	0,0077	23,9139
4 horas	23	2,0	1,10	0,0054	23,9139
24 horas	23	2,0	1,10	0,0022	23,9139

Tabela 5. Sedimentação do Intrafill®.

	Temperatura (°C)	Leitura do densímetro	Leitura corrigida	Diâmetro dos grãos (mm)	P(%) peso que passa
15 s	23	-	-	-	-
30 s	23	-	-	-	-
1 min	23	-	-	-	-
2 min	23	-	-	-	-
4 min	23	2,5	1,60	0,0281	12,2011
8 min	23	2,5	1,60	0,0199	12,2011
15 min	23	2,5	1,60	0,0145	12,2011
30 min	23	2,0	1,10	0,0103	8,1341
1 hora	23	2,0	1,10	0,0073	8,1341
2 horas	23	2,0	1,10	0,0051	8,1341
4 horas	23	1,5	0,60	0,0037	4,0670
24 horas	23	1,5	0,60	0,0015	4,0670

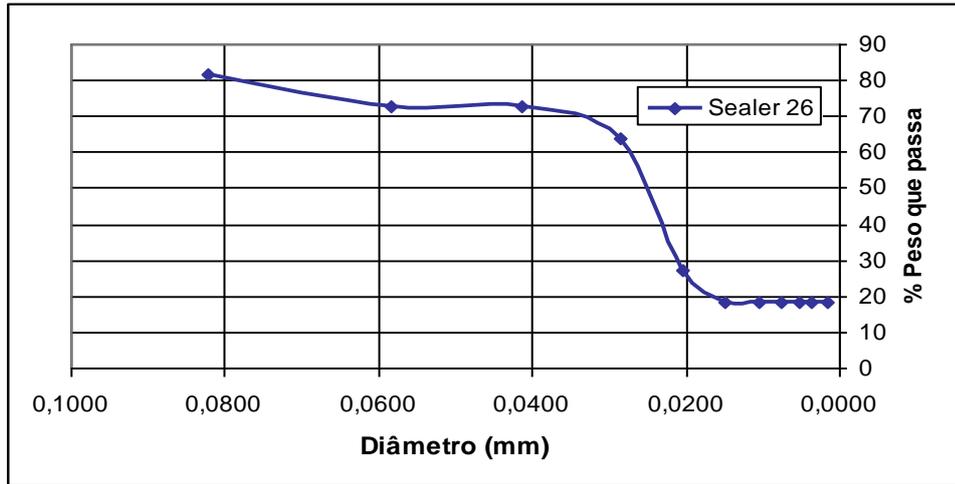


Gráfico 1: Curva granulométrica do Sealer 26[®].

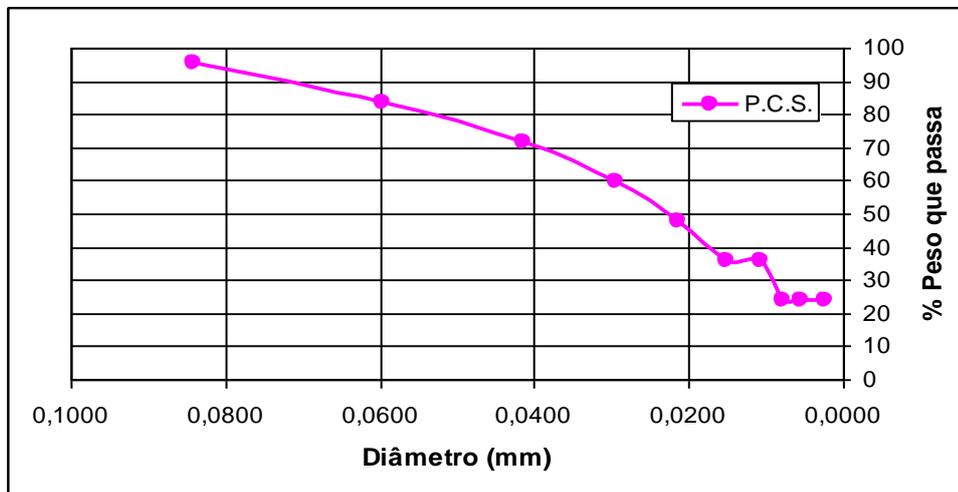


Gráfico 2: Curva granulométrica do Pulp Canal Sealer EWT[®].

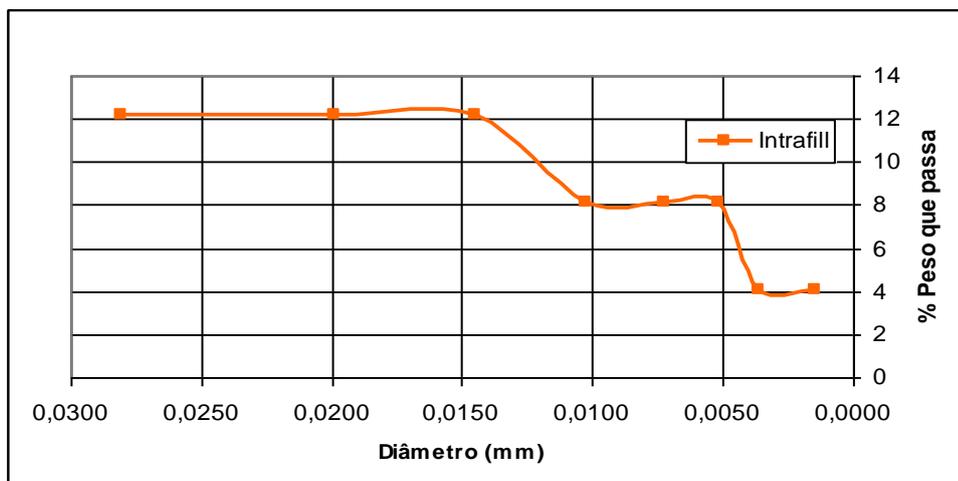


Gráfico 3: Curva granulométrica do Intrafill[®].

5.2. Determinação da densidade dos grãos:

Este ensaio determinou a densidade dos grãos dos cimentos com apresentação comercial compatível, isto é, componente em pó. A quantidade de pó utilizada para cada ensaio, o número do picnômetro correspondente, o peso do picnômetro mais água, o peso do picnômetro mais água mais cimento e a densidade de cada cimento testado estão representados na Tabela 6.

O pó do cimento Pulp Canal Sealer EWT[®] apresentou a menor densidade dos cimentos testados. Esta característica dificultou o ensaio de sedimentação deste material, visto que materiais com densidades próximas a da água são mais difíceis de sedimentarem. Foi necessário que este material fosse homogeneizado diversas vezes até obter-se a leitura do densímetro.

Tabela 6. Densidade dos grãos dos cimentos testados.

	Sealer 26[®]	Pulp Canal Sealer EWT[®]	Intrafill[®]
N° do Picnômetro	13	1	3
Temperatura (°C)	23	23	23
Picnômetro + Água (g)	143,52	76,26	75,81
Picnômetro + Água + Cimento (g)	146,57	78,49	78,38
Quantidade de Cimento (g)	5,00	5,27	4,17
Densidade	2,56	1,73	2,61

5.3. Dos ensaios de permeabilidade.

Das oito amostras de cimentos submetidas ao ensaio, apenas as duas do Intrafill® apresentaram permeabilidade durante o tempo experimental de 28 dias.

A altura final da carga hidráulica das amostras (coluna d'água) nos intervalos foi obtida pela diferença da altura inicial (175 cm) menos a leitura real da permeabilidade. A leitura real da permeabilidade foi obtida em função da leitura registrada pela bureta de controle de evaporação. Por exemplo, se a bureta de controle de evaporação marcou 174,9 cm no mesmo intervalo que uma bureta do grupo experimental marcou 174,8 cm, significa que houve um índice de evaporação de 0,1 cm neste período. Assim sendo, a leitura real da permeabilidade deve ser acrescida em 0,1 cm (174,9 cm).

Visando caracterizar a saturação da amostra, isto é, permitir o preenchimento por água destilada de todos os vazios da amostra (lacunas, bolhas) antes da determinação final do coeficiente de permeabilidade, a carga hidráulica (coluna d'água) foi preenchida até a posição inicial ($h_0 - 175$ cm) nos intervalos de 8, 12 e 16 dias. Podemos identificar uma amostra como saturada a partir do momento que, após um aumento, a permeabilidade fique constante. A partir deste momento podemos então determinar o coeficiente de permeabilidade.

Os dados coletados durante o período experimental bem como o respectivo coeficiente de permeabilidade (k) do intervalo estão representados pela tabela 7.

A representação gráfica da permeabilidade destas amostras e do grupo controle negativo correspondente estão ilustradas no Gráfico 4.

Tabela 7. Ensaio de permeabilidade do Intrafill® em 28 dias. Altura final (cm), altura final corrigida (cm) do índice de evaporação (cm) e coeficiente de permeabilidade k (cm/dia).

	Altura Final		Altura da Bureta Controle	Altura Final Corrigida		k	
	amostra 1	amostra 2		amostra 1	amostra 2	amostra 1	amostra 2
0	175,0	175,0	175,0	175,0	175,0	0,000000	0,000000
2	175,0	175,0	175,0	175,0	175,0	0,000000	0,000000
4	175,0	175,0	175,0	175,0	175,0	0,000000	0,000000
6	174,9	174,9	174,9	175,0	175,0	0,000000	0,000000
8*	174,8	174,8	174,9	174,9	174,9	0,000043	0,000043
10	174,9	175,0	175,0	174,9	175,0	0,000043	0,000000
12*	174,8	174,8	174,9	174,9	174,9	0,000043	0,000043
14	174,9	174,9	175,0	174,9	174,9	0,000043	0,000043
16*	174,7	174,8	174,9	174,8	174,9	0,000087	0,000043
18	174,9	175,0	175,0	174,9	175,0	0,000043	0,000000
20	174,8	174,9	175,0	174,8	174,9	0,000087	0,000043
22	174,8	174,9	175,0	174,8	174,9	0,000087	0,000043
24	174,7	174,8	175,0	174,7	174,8	0,000130	0,000087
26	174,6	174,7	175,0	174,6	174,7	0,000174	0,000130
28	174,4	174,6	174,9	174,5	174,7	0,000217	0,000130

* ao fim da leitura o nível da coluna d'água foi completado até zero.

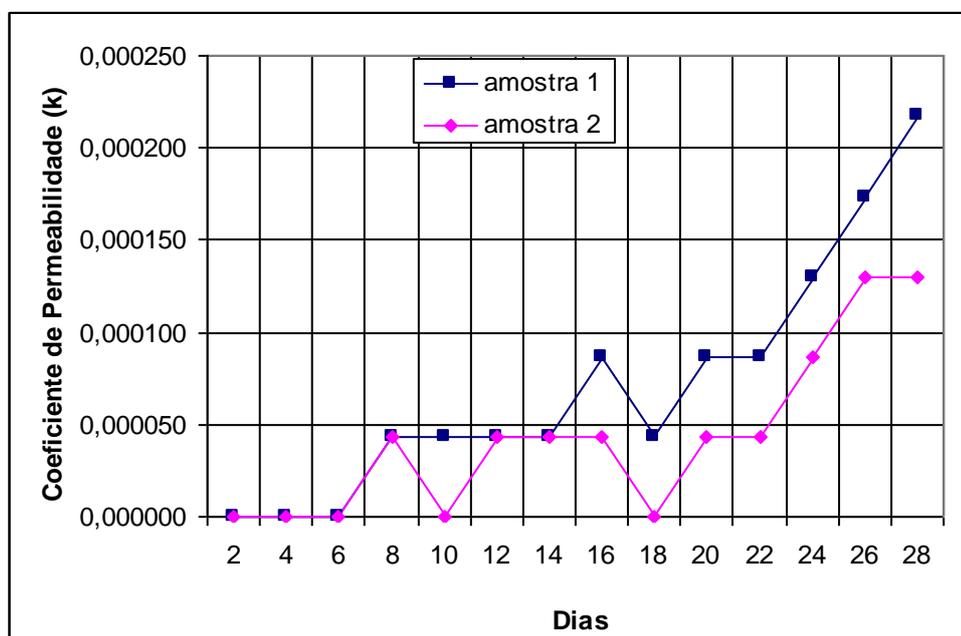


Gráfico 4. Coeficiente de Permeabilidade (cm/dia) do Intrafill® por 28 dias. Nos dias 8, 12 e 16, ao fim da leitura, o nível da coluna d'água foi completado até zero.

DISCUSSÃO

6. Discussão:

6.1. Da permeabilidade como propriedade física dos cimentos endodônticos:

Desde que DOW e INGLE ²⁴ atribuíram a maior causa dos insucessos da terapia endodôntica a incompleta obturação dos canais radiculares, diversos estudos foram desenvolvidos a fim de melhorar o desempenho das técnicas e dos materiais obturadores. Este marco da endodontia trouxe consigo um avanço científico-tecnológico inestimável a endodontia moderna. Contudo, mesmo após décadas de estudos, alguns pontos críticos continuam sendo razões para contínuas investigações. Uma área que consegue refletir fielmente este contexto é o estudo dos cimentos endodônticos. Segundo ESTRELA *et al.* ²⁵, a importância das propriedades físico-químicas e biológicas dos cimentos endodônticos, bem como as técnicas de obturação aplicadas são críticas para um resultado bem sucedido.

Os cimentos endodônticos desempenham diversas funções durante a obturação do sistema de canais radiculares com a guta-percha. Ele lubrifica e auxilia a acomodação do cone principal, atua como agente de união entre o material sólido e a dentina e preenche os espaços que o material principal não consegue atingir ⁵⁴. Dada a importância vital dos cimentos endodônticos, torna-se obrigatório o amplo conhecimento de suas interações com a guta-percha e a estrutura dentinária. Como base destas investigações encontramos o estudo das propriedades físicas dos cimentos endodônticos.

De acordo com GROSSMAN ³⁴, as propriedades físicas desejáveis aos cimentos endodônticos incluem a radiopacidade, tempo de trabalho e escoamento adequados, solubilidade insignificante, capacidade de selamento e resistência mecânica. Além destas, outras como a adesão, tempo de endurecimento, pH e estabilidade dimensional e capacidade solvente também vêm sendo pesquisadas ^{27, 28, 29, 37, 43, 55, 83, 91, 92}.

Diversos trabalhos evidenciam que as propriedades físicas dos cimentos endodônticos podem influenciar diretamente seu desempenho clínico e laboratorial.

Em 1971, WIENER & SHILDER⁹¹ já associavam as características de escoamento e contração à capacidade de selamento dos cimentos endodônticos. Segundo os autores, o cimento deve possuir uma película fina suficiente para alinhar o núcleo sólido, a fim de reduzir os possíveis efeitos da contração da obturação final e interferir no selamento.

Com relação às alterações dimensionais, KAZEMI, SAFAVI e SPANGBERG⁴³ consideram que esta propriedade talvez tenha o maior impacto na taxa de sucesso da terapia endodôntica. Visto que os cimentos contribuem para união da guta-percha às paredes dentinárias, estes devem ser tão estáveis quanto possíveis¹³.

O cimento endodôntico não endurecido ou parcialmente endurecido pode interferir na infiltração bacteriana, que pode ocorrer logo após a obturação, e pode causar um deslocamento apical da obturação em preparos para retentores intrarradiculares³.

Alguns autores consideram como propriedade dos cimentos endodônticos a propriedade de selamento⁹⁹. Na verdade as propriedades físicas necessárias à função de selamento dos materiais obturadores incluem adaptação e adesão à superfície dentinária e estabilidade dimensional da obturação⁶⁷. As avaliações da capacidade de selamento dos materiais obturadores têm, em geral, sido baseadas em estudos de infiltração de fluídos na interface material obturador/dentina⁴³.

Desta forma é um erro comum afirmarmos que um material é mais permeável que o outro, tendo apenas como base os estudos de penetração de corantes, radiosótopos, infiltração bacteriana ou transporte de fluídos. A permeabilidade dos cimentos endodônticos é, sem dúvida, uma característica do material, mas não pode ser avaliada adequadamente por estas metodologias. Estes estudos fornecem dados mais complexos onde muitas variáveis podem estar envolvidas, tais como: anatomia e estrutura dentinária da amostra, técnica e tipo de material

obturador sólido, tipo de substância irrigadora, tipo de cimento utilizado, interação entre o cimento e a guta-percha e interação entre o cimento e a dentina. Através destes resultados podemos, de uma forma mais coerente, levantar hipóteses sobre a capacidade de selamento de todo o sistema, isto é, dente, cimento e guta-percha. Daí a relevância comprovada destes experimentos. Porém a permeabilidade dos cimentos endodônticos como propriedade física, sendo avaliada de uma forma separada do conjunto dente, cimento e guta-percha não foi ainda estabelecida.

Especificações internacionais para avaliação de algumas propriedades físicas de materiais obturadores dos canais radiculares já foram estabelecidas.

Há uma norma da *International Standard Organization* (ISO 6876) para avaliação das variações no escoamento, tempo de trabalho, espessura da película de cimento e radiopacidade^{13,36}. Recentemente a propriedade de solubilidade foi introduzida também à norma ISO 6876 para materiais seladores de canais radiculares⁷⁵. A *American Dental Association* (ADA) também estabeleceu especificações para algumas propriedades físicas, tais como, tempo de endurecimento, escoamento e solubilidade^{4,5}. Esta especificação número 57 da ADA serviu de base para o desenvolvimento de estudos que avaliaram algumas propriedades físicas dos cimentos endodônticos^{27, 28, 29, 31, 55}.

Na revisão da literatura deste presente estudo não há qualquer referência à permeabilidade como propriedade física intrínseca do material. Tendo em vista que uma das possíveis rotas de penetração de substâncias pelos canais radiculares obturados é através do próprio cimento⁶², esta deve ser considerada uma informação valiosa que, até o presente momento, não consta nas bulas dos cimentos endodônticos disponíveis no mercado.

Apesar das considerações feitas a respeito da importância da caracterização completa dos cimentos endodônticos, vale ressaltar que propriedades físicas de vários cimentos têm sido testadas, mas não há experimentos publicados que avaliem o mecanismo pelo qual os cimentos

atuais selam contra o ingresso de substâncias externas²⁶. Assim, os esforços devem permanecer voltados para a obtenção de um material que preencha os espaços não alcançados pela guta-percha e forneça a melhor união das interfaces dente/guta-percha e guta-percha/guta-percha.

6.2. Da metodologia:

Antes de discutir e comparar as metodologias relacionadas ao estudo da permeabilidade faz-se necessário o esclarecimento de alguns conceitos. Termos como infiltração, microinfiltração, selamento apical, capacidade de selamento e permeabilidade são amplamente utilizados pelos autores e, normalmente, estão empregados de forma incorreta.

A permeabilidade é uma característica individual de qualquer material representada pela quantidade de água que consegue atravessá-lo, isto é, sua condutividade hidráulica. Está diretamente relacionada à porosidade do material.

A capacidade de selamento ou selamento apical é um dado obtido por resultados de estudos *in vitro*, onde é reproduzida a capacidade do conjunto dos materiais obturadores, isto é, cimento e guta-percha, em impedir a penetração de substâncias pelos espaços existentes entre o cimento e a guta-percha, entre o cimento e a estrutura dentária ou entre os cones de guta-percha.

A infiltração ou microinfiltração é a capacidade de uma substância atravessar uma amostra obturada pelos espaços existentes entre o cimento e a guta-percha, entre o cimento e a estrutura dentária ou entre os cones de guta-percha.

As metodologias relacionadas ao estudo da capacidade de selamento dos materiais obturadores têm, de forma geral, sido baseadas em estudos de infiltração de fluídos na interface material obturador/dentina ⁴³. No ano de 1993, WU e WESSELINK ⁹⁵ constataram que os estudos de infiltração correspondiam a maior parte das pesquisas endodônticas da época.

De todas as técnicas utilizadas para avaliar a capacidade de selamento de materiais obturadores, a penetração de corante, sem dúvida, foi a mais utilizada. Esta técnica consiste na imersão das amostras em uma solução que preencha os espaços da interface dente/material obturador. Tanto o tipo de solução como os tempos de imersão podem ser diferentes de um estudo para o outro. O tempo geralmente é curto, variando de 24 a 72 h, e podemos encontrar

diversos tipos de soluções, tais como: azul de metileno a 0,5, 1 ou 2%^{1, 10, 20, 41, 42, 47, 59, 60, 62, 78, 99}, nitrato de prata⁸ e nanquim^{7, 25, 35, 45, 46, 48, 74, 80}. Após esta etapa, as amostras podem ser clivadas ou seccionadas em seu longo eixo ou podem ser diafanizadas, permitindo uma medição linear ou tridimensional, respectivamente, da penetração de corante. Os corantes representam agentes de pequeno tamanho molecular e podem ser um bom indicador de infiltração⁹.

Entretanto, uma série de estudos apresenta uma postura crítica à utilização desta metodologia, tendo em vista a quantidade de variáveis que podem interferir nos resultados laboratoriais. SIQUEIRA JR *et al.*⁷⁹, consideram o tamanho molecular da partícula do corante menor que o da bactéria, podendo trazer um falso resultado por penetrar onde a bactéria não penetra. Durante o período experimental pode haver um descoloramento da solução do corante pelo contato com o material testado, dependendo de suas propriedades químicas. Conseqüentemente, a penetração de corante descolorido ao longo do material obturador pode não ser visto, fazendo um registro irreal do comprimento de penetração⁹⁶. Além disso, alguns corantes podem atuar como solventes dos cimentos endodônticos⁶⁹ e corantes diferentes podem, nas mesmas condições laboratoriais, produzir padrões de infiltração diferentes⁸⁵.

A presença de bolhas na interface dente/material obturador pode também influenciar os resultados dos estudos que utilizam marcadores, impedindo a sua penetração. Por isso pode ser utilizado um sistema a vácuo que possa substituir ou preencher estas bolhas por corantes, revelando espaços vazios no interior do dente obturado⁸¹.

A interpretação dos resultados, na maioria das vezes, é feita em apenas um plano, podendo não revelar outros padrões de infiltração na mesma amostra⁶³ e expressam apenas um dado qualitativo, não permitindo informações sobre o volume que penetra, possibilitando grande variação dos dados. O questionamento da correlação entre penetração apical de corante e sucesso clínico levou OLIVER e ABBOTT⁶³ a conduzir um experimento *in vitro* com prévias informações clínicas. Foram selecionadas 116 amostras recém extraídas que receberam

tratamento endodôntico pelo menos 6 meses antes da extração. Os casos foram classificados em bem ou malsucedidos e submetidos a infiltração de corante. Apesar do grupo de amostras malsucedidas apresentaram maior infiltração durante a análise estatística, os autores acreditam não haver relação direta entre sucesso clínico e penetração de corante, já que o dado bruto das amostras revelou um alto desvio padrão. Por exemplo, algumas amostras consideradas bem-sucedidas apresentaram infiltração superior a 80% de seu comprimento, enquanto outras, malsucedidas, apresentaram infiltração de apenas 8,5%.

Os modelos de penetração bacteriana estão baseados na infiltração coronária de microrganismos nas amostras, as quais estão em contato, pela região apical, com um meio de cultura isolado da parte externa do modelo. Os meios de cultura comumente utilizados nestes estudos são o FAB (Fastidious Anaerobe Broth) ¹⁶, THB (Todd-Hewitt Broth) ¹⁴, BHI (Brain Heart Infusion) ^{11, 15, 79, 86} e o Schaedler Broth ⁵⁸. Estes estudos inoculam os microrganismos nas amostras em sua parte coronária, sem contato direto com o meio, por um certo período de tempo e registram o momento em que houve penetração suficiente de microrganismo capaz de multiplicar-se e causar o turvamento do meio, caracterizando a contaminação. Para esta inoculação são utilizadas diversas espécies bacterianas, tais como: *Streptococcus mutans* ⁵⁸, *Streptococcus mitis* ⁵⁸, *Enterococcus faecalis* ⁸⁶, *Peptostreptococcus micros* ^{11, 15}, *Fusobacterium nucleatum* ¹⁶, *Prevotella intermedia* ^{11, 15}, *Prevotella melaninogenica* ⁵⁸, *Lactobacillus acidophilus* ⁵⁸, além de inoculações fúngicas ⁵⁸ ou polimicrobianas pela infiltração de saliva humana ⁷⁹.

O modelo in vitro de penetração bacteriana mede apenas alterações qualitativas, indicando a contaminação, mas não indica o número de bactérias que penetrou. Em uma situação in vivo, a quantidade de microrganismos, bem como a resposta do hospedeiro e os fatores imunológicos, são fatores altamente significantes que não podem ser reproduzidos nos modelos in vitro ⁹.

Uma análise quantitativa da microinfiltração foi possível pelo desenvolvimento de um sistema que, através de uma pressão positiva aplicada à amostra, consegue medir o transporte de fluido através da mesma. O sistema de transporte de fluido, resumidamente, consiste na movimentação de uma bolha de ar que se encontra no interior de uma micropipeta preenchida pelo fluido, a qual está adaptada a uma das extremidades da amostra. Na outra extremidade, um tubo é conectado à amostra e também é preenchido pelo mesmo fluido. Através de uma pressão positiva aplicada a esta extremidade o fluido que consegue atravessar pela interface dente/material faz com que a bolha movimente-se e seja possível a obtenção de um dado volumétrico quantitativo. Neste sistema as amostras não são descartadas após o teste, podendo ser reutilizadas em outros experimentos. Além disso, a mesma amostra pode ser avaliada por um período prolongado, possibilitando sua contínua observação por um longo período experimental.

Porém, devido a grande variedade metodológica dos sistemas empregados nos estudos de infiltração *in vitro* por transporte de fluido, torna-se difícil a comparação e reprodutibilidade dos trabalhos descritos na literatura. Encontramos variações na fonte da pressão imposta ao sistema, na quantidade de pressão, no meio de leitura do movimento da bolha de ar, no tempo de infiltração para cada amostra, na unidade de medida expressa pela infiltração e na utilização de grupos controle.

Assim como neste estudo, a fonte de pressão necessária ao sistema de transporte de fluido pode ser dada por uma carga hidráulica fornecida por uma coluna d'água. Um estudo desenvolvido por POMMEL e CAMPS⁷³ utilizou uma carga hidráulica com 150 cm de coluna d'água, próxima a utilizada em nosso experimento. Outra fonte de pressão amplamente utilizada é por meio de ar comprimido^{18, 19, 22, 52, 56, 57, 97}.

Não há nenhum consenso quanto à quantidade de pressão que deve ser imposta à amostra. Alguns autores especulam uma pressão próxima de 15 cm de água por ser equivalente a pressão exercida pelo tecido pulpar^{73, 90}. Outros autores acreditam na influência de outros

fatores envolvidos na infiltração coronária, tais como, fluxo salivar e função mastigatória, e preconizam a utilização de pressões extremamente elevadas ⁵⁷. Esta variedade de pressões e unidades pode tornar confuso o entendimento do leitor menos atento. Normalmente, faz-se necessária à conversão das medidas para que sejam mais facilmente comparadas. Independente disso, a pressão deve estar ajustada à sensibilidade do sistema. Sistemas menos sensíveis, isto é, com pouca movimentação da bolha de ar, requerem uma quantidade de pressão maior para que possa haver leitura, ao contrário dos mais sensíveis e/ou com leituras mais precisas, que mesmo sob baixa pressão conseguem captar movimento ⁷³.

A carga hidráulica utilizada em nosso estudo foi fornecida por uma coluna d'água de 175 cm, sendo variável de acordo com a permeabilidade do material (permeâmetro de carga variável). Por se tratar de um experimento essencialmente laboratorial, no qual o objetivo foi determinar a permeabilidade da amostra de cimento e não de uma amostra dentária obturada com cimento e guta-percha, este estudo não se baseou nas quantidades de pressão descritas pelos autores citados acima. Foi utilizada uma carga comumente utilizada em engenharia civil para análise de materiais com baixa permeabilidade.

A utilização de apenas duas amostras para cada cimento testado deve-se ao tamanho da amostra. De acordo com as especificações descritas, a obtenção de um número maior de amostras tornar-se-ia inviável devido ao custo de aquisição dos cimentos. A duplicata da amostra foi a disposição mínima para que houvesse alguma reprodutibilidade dos resultados.

Devido ao número reduzido, as amostras obrigatoriamente precisavam ser bem padronizadas. Desta forma todos os cuidados necessários foram tomados para que a manipulação, endurecimento e análise das duas amostras ocorressem de forma simultânea.

6.3. Dos resultados:

6.3.1. Dos ensaios de granulometria:

Com base na revisão da literatura deste presente estudo, não há indícios de trabalhos anteriores que forneçam ou façam menção à distribuição granulométrica dos cimentos endodônticos. Esta determinação é de extrema relevância, pois as partículas podem ter formas bastante diferentes da esférica. Portanto, calcula-se então seus diâmetros equivalentes. Como os cimentos endodônticos são uma mistura de partículas de diversos tamanhos devemos proceder com uma análise granulométrica conjunta do material.

A curva granulométrica do Sealer 26[®] apresenta uniformidade em sua parte central, caracterizando a concentração de partículas de diâmetros aproximados. Já as curvas granulométricas do Pulp Canal Sealer[®] e do Intrafill[®] não são uniformes e apresentam descontinuidade na distribuição, o que caracteriza a falta de grãos de determinados diâmetros.

Na caracterização de solos em engenharia civil, que deu base a este estudo, a granulometria possui uma relação direta com a infiltração de substâncias pelo material já que a quantidade de partículas a preencher um mesmo volume vai variar de acordo com sua distribuição granulométrica. Quanto menor o diâmetro das partículas menor será a permeabilidade.

Apesar do Intrafill[®] ter apresentado a distribuição granulométrica mais irregular e ter sido o único a apresentar permeabilidade durante o período experimental, os resultados obtidos não fornecem dados conclusivos para que se possa estabelecer uma associação direta e exclusiva da graduação das partículas com a permeabilidade do cimento. Outros fatores secundários, decorrentes ou não da variação granulométrica, possuem destaque nos estudos de infiltração em endodontia. Com relação aos decorrentes, diversos autores já discutiram a influência das partículas dos cimentos nas suas propriedades químicas e na sua capacidade de

selamento. De acordo com VERMILYEA, DE SIMON e HUGET⁸⁸, a viscosidade inicial dos cimentos pode ser afetada, dentre outros fatores, pela variação do tamanho da partícula do cimento. Isto pode ser explicado pela incorporação do pó ao líquido do cimento. Partículas uniformemente distribuídas são incorporadas mais fáceis e regularmente ao líquido, facilitando a manipulação e a obtenção da consistência (viscosidade) ideal para o uso clínico do cimento endodôntico. Corroborando com estes dados, MENDONÇA *et al.*⁵⁵ afirmam que a quantidade de pó incorporada ao líquido afeta diretamente as propriedades reológicas dos cimentos e PÉCORRA *et al.*⁷² afirmam que a capacidade dos cimentos em penetrar em canais laterais depende de dois fatores: das propriedades físicas do material e sua correta manipulação, respeitando a relação pó/líquido e observando a consistência clínica ideal para obturação que é mais importante e, também, mais controlada pelo endodontista. Outros fatores como adesão, estabilidade dimensional e solubilidade também influem nos resultados dos estudos de infiltração em endodontia.

6.3.2. Dos ensaios de permeabilidade:

O cimento Intrafill foi o único a apresentar permeabilidade ao fim do período experimental de 28 dias. Contudo, não foi possível a determinação precisa do seu coeficiente de permeabilidade (k). Para tal, seria necessário que a permeabilidade estabilizasse antes do término do tempo experimental. Como visto no gráfico 4, ao 28º dia a amostra 1 apresentava ainda tendência a aumentar o k de acordo com o tempo, descaracterizando a constante que o determina. Para que o k possa ser determinado com precisão, as amostras devem ser submetidas a um período experimental mais longo ou a uma metodologia ajustada (uso de carga hidráulica maior, por exemplo). Porém, estes dados associados aos resultados, onde, o k máximo obtido pelo ensaio foi de apenas $2,17 \times 10^{-4}$ cm/dia ou $2,17 \times 10^{-5}$ mm/dia, fornecem uma informação valiosa. Este material deve ser considerado como um material de condutividade hidráulica

extremamente baixa, reforçando o conceito de que a principal porta de entrada de substâncias ao interior do canal radicular obturado é através das interfaces cimento/dentina e cimento/guta-percha.

De todos os cimentos testados, o Intrafill[®], ao final do período de incubação para endurecimento (14 dias a 37°C e 100% de umidade), apresentava uma consistência firme porém macia, não estando endurecido totalmente.

Dada as devidas proporções aos estudos de infiltração, capacidade de selamento e permeabilidade, já discutidos anteriormente, algumas considerações podem ser feitas com relação aos resultados obtidos em nosso estudo e aos encontrados na literatura referentes ao estudo dos cimentos endodônticos pelas metodologias de transporte de fluido, infiltração bacteriana e infiltração de corantes.

Ao compararmos os valores obtidos pela vazão de fluido em amostras dentárias obturadas notaremos uma significativa discrepância entre os dados. Os valores descritos na literatura pela metodologia de transporte de fluidos costumam ser diferentes. Equiparando as diversas unidades descritas pelos trabalhos de transporte de fluido que objetivaram a comparação da infiltração de amostras obturadas com cimento e gutapercha, variando apenas o cimento entre os grupos experimentais, podemos fazer algumas considerações com relação ao cimento AH Plus[®] e Pulp Canal Sealer EWT[®].

Durante o período experimental do presente estudo o cimento endodôntico AH Plus[®] não apresentou permeabilidade, porém, em outro estudo, permitiu a microinfiltração pelo sistema de transporte de fluido ao 21º dia em $6,77 \times 10^{-5}$ ml/dia¹⁸. Avaliando o mesmo cimento, MILETIC *et al.*⁵⁷ e MILETIC *et al.*⁵⁶, após 5 minutos da amostra submetida ao sistema de transporte de fluidos, verificaram uma infiltração apical de $10,87 \times 10^{-2}$ ml/dia e $9,5 \times 10^{-2}$ ml/dia, respectivamente.

A capacidade de selamento do AH Plus[®] também foi verificada pela sua capacidade em impedir a penetração bacteriana em amostras obturadas com cimento e guta-percha. MILETIC *et al.*⁵⁸ e TIMPAWAT, AMORNCHAT e TRISUWAN⁸⁶ verificaram que este cimento permitiu a penetração bacteriana em 50% e 68,7% das amostras, respectivamente.

A infiltração de corante em amostras obturadas com AH Plus[®] já foi evidenciada em diversos trabalhos. Na maioria destes trabalhos este cimento esteve associado a uma melhor capacidade de selamento quando comparado a cimentos ionoméricos, a base de OZE ou a base de Ca(OH)₂^{20, 46, 74, 78, 99}.

Assim como o AH Plus[®], o Pulp Canal Sealer EWT[®] também não apresentou permeabilidade durante o período experimental. DAGHER, YARED e MACHTOU¹⁹ e YARED e DAGHER⁹⁷ verificaram a microinfiltração de amostras obturadas com guta-percha e este cimento após 24 semanas de experimento e encontraram valores de $1,81 \times 10^{-7}$ ml/dia e $1,76 \times 10^{-7}$ ml/dia.

Apesar do Sealer 26[®] não ter apresentado permeabilidade durante o período experimental deste estudo, SIQUEIRA JR. *et al.* relatam que o mesmo cimento não foi capaz de impedir a penetração bacteriana em 35% das amostras infiltradas por 60 dias e a infiltração de corante em amostras obturadas com Sealer 26[®] já foi descrita por KOPPER *et al.*⁴⁶.

Os resultados dos trabalhos de transporte de fluido, penetração bacteriana ou infiltração de corantes serão compatíveis quando existirem pequenas variações metodológicas, já discutidas anteriormente. As diferenças entre os resultados do presente estudo e dos anteriormente citados, são justificadas pela avaliação exclusiva da permeabilidade do cimento, não sendo afetada por outras variáveis, como a permeabilidade dentinária, a capacidade de adesão do cimento à dentina, a capacidade de adesão do cimento a guta-percha, capacidade de escoamento, estabilidade dimensional e solubilidade do cimento. Uma vez que a amostra seja composta por dente, cimento e guta-percha, todas estas variáveis estarão envolvidas. Entretanto,

todas as metodologias até então empregadas têm destacada relevância, tendo em vista que visam uma reprodução *in vitro* de uma condição clínica. Esta obra, por outro lado, tem o objetivo de caracterizar somente o material quanto a sua permeabilidade.

CONCLUSÕES

7. Conclusões:

De acordo com o objetivo do presente estudo, é admissível chegar as seguintes conclusões no que se refere a caracterização e ao estudo da permeabilidade do Sealer 26[®], AH Plus[®], Pulp Canal Sealer EWT[®] e Intrafill[®]:

1. Com relação a densidade dos grãos, o Sealer 26[®] apresentou densidade de 2,56, o Pulp Canal Sealer EWT[®] de 1,73 e o Intrafill[®] de 2,61.
2. Com relação à distribuição granulométrica, a curva granulométrica do Sealer 26[®] apresenta uniformidade em sua parte central, caracterizando a concentração de partículas de diâmetros aproximados. Já as curvas granulométricas do Pulp Canal Sealer[®] e do Intrafill[®] não são uniformes e apresentam descontinuidade na distribuição, o que caracteriza a falta de grãos de determinados diâmetros.
3. Ao final do período experimental de 28 dias, apenas as duas amostras de Intrafill[®] apresentaram condutividade hidráulica durante o ensaio de permeabilidade.
4. Devido a baixa permeabilidade das amostras de Intrafill[®], o período experimental de 28 dias não foi suficiente para a precisa determinação do coeficiente de permeabilidade (k) das amostras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALEXANDER, J. B.; GORDON, T. M. A comparison of the apical seal produced by two calcium hydroxide sealers and a Grossman-type sealer when used with laterally condensed gutta-percha **Quintessence Int**, v.16, n. 9, p. 615-21. Sep. 1985.
2. AL-GHAMDI, A.; WENBERG, A. Testing of sealing ability of endodontic filling materials. **Endod Dent Traumatol**, v. 10, n. 6, p. 249-55, Dec. 1994.
3. ALLAN, N. A.; WALTON, R. C.; SCHAEFFER, M. A. Setting times for endodontic sealers under clinical usage and in vitro conditions. **J Endod**, v. 27, n. 6, p. 421-3, Jun. 2001.
4. AMERICAN NATIONAL STANDARD / **AMERICAN DENTAL ASSOCIATION** Specification No. 57 for Endodontic Sealing Materials, 1984.
5. AMERICAN NATIONAL STANDARD / **AMERICAN DENTAL ASSOCIATION** Specification No. 57 for Endodontic Sealing Materials, 2000.
6. BAE, K.S.; BAUMGARTNER, J.C.; NAKATA, T.T. Development of an Anaerobic Bacterial Leakage Model. **J Endod**, v. 24, p. 233-5, Apr. 1998.
7. BARKHORDAR, R. A.; BUI, T.; WATANABE, L. Na evaluation of sealing ability of calcium hydroxide sealers. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v. 68, n. 1, p. 88-92, Jul. 1989.
8. BARKHORDAR, R. A.; STARK, M. M.; SOELBERG, K. Evaluation of the apical sealing ability of apatite root canal sealer. **Quintessence Int**, v. 23, n. 7, p. 515-8, Jul. 1992.
9. BARTHEL, C. R.; MOSHONOV, J.; SHUPING, G.; ØRSTAVIK, D. Bacterial leakage versus dye leakage in obturated root canals. **Int Endod J**, v. 32, p. 370-5, Set. 1999.
10. BHAMBHANI, S. M.; SPRECHMAN, K. Microleakage comparison of thermafil versus vertical condensation using two different sealers. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v. 78, n. 1, p. 105-8, Jul. 1994.
11. BRITTO, L. R.; GRIMAUDO, N. J.; VERTUCCI, F. J. Coronal microleakage assessed by polymicrobial markers. **J Contemp Dent Pract**, v. 4, n. 3, p. 1-10, Aug. 2003.
12. CAMPS, J.; PASHLEY, D. Reliability of the dye penetration studies. **J Endod**, v. 29, n. 9, p. 592-4, Sep. 2003.

13. CAMPS, J.; POMMEL, L.; BUKIET, F.; ABOUT, I. Influence of the powder/liquid ratio on the properties of zinc oxide-eugenol-based root canal sealers. **Dent Mater**, v. 20, n. 10, p. 915-23, Dec. 2004.
14. CHAILERTVANITKUL, P.; SAUNDERS, W. P.; MACKENZIE, D. An assessment of microbial coronal leakage in teeth root filled with gutta-percha and three different sealers. **Int Endod J**, v. 29, n. 6, p. 387-92, Nov. 1996.
15. CHAILERTVANITKUL, P.; SAUNDERS, W. P.; MACKENZIE, D. Coronal leakage in teeth root-filled with gutta-percha and two different sealers after long-term storage. **Endod Dent Traumatol**, v. 13, n. 2, p. 82-7, Apr. 1997.
16. CHAILERTVANITKUL, P.; SAUNDERS, W. P.; MACKENZIE, D.; WEETMAN, D. A. An in vitro study of the coronal leakage of two root canal sealers using an obligate anaerobe microbial marker. **Int Endod J**, v. 29, n. 4, p. 249-55, Jul. 1996.
17. ÇALIŞKAN, M. K.; TÜRKÜN, M.; TÜRKÜN, Ş. Effect of calcium hydroxide as an intracanal dressing on apical leakage. **Int Endod J**, v. 31, p. 173-7, May. 1998.
18. ÇOBANKARA, F. K.; ADANIR, N.; BELLİ, S.; PASHLEY, D. H. A quantitative evaluation of apical leakage of four root-canal sealers. **Int Endod J**, v. 35, n. 12, p. 979-84, Dec. 2002.
19. DAGHER FB, YARED GM, MACHTOU P. Microleakage of a new and an old Kerr root canal sealers. **J Endod**, v. 23, n. 7, p. 442-3, Jul. 1997.
20. DE ALMEIDA, W. A.; LEONARDO, M. R.; TANOMARU FILHO, M.; SILVA, L. A. Evaluation of apical sealing of three endodontic sealers. **Int Endod J**, v. 33, n. 1, p. 25-7, Jan. 2000.
21. DE DEUS, Q. D. Endodontia. Rio de Janeiro: Medsi, 1986.
22. DE GEE, A. J.; WU, M. K.; WESSELINK, P. R. Sealing properties of Ketac-Endo glass ionomer cement and AH26 root canal sealers. **Int Endod J**, v. 27, n. 5, p. 239-44, Sep. 1994.
23. DELIVANIS, P. D.; CHAPMAN, K. A. Comparison and reliability of techniques for measuring leakage and marginal penetration. **Oral Surg**, v. 53, n. 4, p. 410-6, Apr. 1982.

24. DOW, P. R.; INGLE, J. I. Isotope determination of root canal failures. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v. 8, p. 1100-4, 1955.
25. ESTRELA, C.; PESCE, H. F.; SIDNEY, G. B. FIGUEIREDO, J. A. Apical leakage using various sealers and root canal filling techniques. **Braz Dent J**, v. 5, n. 1, p. 59-63, Jan. 1994.
26. FACER, S. R.; WALTON, R. E. Intracanal distribution patterns of sealers after lateral condensation. **J Endod**, v. 29, n. 12, p. 832-4, Dec. 2003.
27. FIDEL, R. A. S. **Estudos das propriedades físico-químicas de alguns cimentos obturadores dos canais radiculares contendo hidróxido de cálcio**. 1993., 122 p. Tese (Doutorado em Endodontia) - Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo.
28. FIDEL, R. A. S.; FIDEL, S. R.; SPANÓ, J. C. E.; BARBIN, E. L.; PÉCORÁ, J. D. Estudo "in vitro" da estabilidade dimensional de alguns cimentos endodônticos contendo hidróxido de cálcio. **Rev Bras Odontol**, v. 52, n. 5, p. 14-16, set./out. 1995.
29. FIDEL, R. A. S.; FIDEL, S. R.; SPANÓ, J. C. E.; BARBIN, E. L.; PÉCORÁ, J. D. Tempo de endurecimento de alguns cimentos endodônticos que contêm hidróxido de cálcio. **Rev Odontol Brasil Central**, v. 5, p. 16, p. 15-17, dez. 1995.
30. 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.
31. GRANEIRO, R. D. P.; FIDEL, R. A. S.; FIDEL, S. R.; SENNE, M. I. A.; SASSONE, L. M. Avaliação de algumas propriedades físico-químicas de cimentos endodônticos nacionais à base de óxido de zinco-eugenol. In: 20ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISA ODONTOLÓGICA, 2003, Águas de Lindóia, São Paulo. *Pesqui Odontol Bras*, v. 17, suplemento 2, **Anais da 20ª Reunião Anual da SBPqO**, p. 60, 2003.
32. GROSSMAN, L. I. An improved root canal cement. **J Am Dent Assoc**, v. 56, n. 3, p. 381-5, Mar. 1958.
33. GROSSMAN, L. I. Algunas observaciones sobre obturación de conductos radiculares. **Rev Asoc Odontol Argent**, v. 50, n. 2, p. 61-6, Feb. 1962.

34. GROSSMAN, L.I. Physical properties of root canal cements. **J Endod**, v. 2, n. 6, p. 166-75, June 1976.
35. HORNING, T. G.; KESSLER, J. R. A comparison of three different root canal sealers when used to obturate a moisture - contaminated root canal system. **J Endod**, v. 21, n. 7, p. 354-7, Jul. 1995.
36. HOSOYA, N.; KURAYAMA, H.; IINO, F.; ARAI, T. Effects of calcium hydroxide on physical and sealing properties of canal sealers. **Int Endod J**, v. 37, n. 3, p. 178-84, Mar. 2004.
37. HUANG, T. H.; KAO, C. T. pH measurement of root canal sealers. **J Endod**, v. 24, n. 4, p. 236-8, Apr. 1998.
38. INGLE, J. I. Root canal obturation. **J Amer Dent Assoc**, v. 53, n. 1, p. 47-55, July 1956.
39. KAPLAN, A. E.; ORMAECHEA, M. F.; PICCA, M.; CANZOBRE, M. C.; UBIOS, A. M. Rheological properties and biocompatibility of endodontic sealers. **Int Endod J**, v. 36, n. 8, p. 527-32, Aug. 2003.
40. KARADAG LS, TINAZ AC, MIHCIOGLU T. Influence of passive ultrasonic activation on the penetration depth of different sealers. **J Contemp Dent Pract**, v. 5, n. 1, p. 115-25, Feb. 2004.
41. KATAOKA, H.; YOSHIOKA, T.; SUDA, H.; IMAI, Y. Dentin bonding and sealing ability of a new root canal resin sealer. **J Endod**, V. 26, n. 4, p. 230-5, Apr. 2000.
42. KAUFMAN, A. Y.; TAGGER, M.; KATZ, A.; YOSEF, A. Life and AH 26 as sealers in thermatically compacted gutta-percha root canal fillings: leakage to a dye. **J Endod**, v. 15, n. 2, p. 69-71, Feb. 1989.
43. KAZEMI, R. B.; SAFAVI, K. E.; SPANBERG, L. S. Dimensional changes of endodontic sealers. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v. 76, n. 6, p. 766-71, Dec. 1993.
44. KERSTEN, H. W.; MOORER, W. R. Particles and molecules in endodontic leakage. **I Endod J**, v. 22, n. 3, p. 118-24, May. 1989.
45. KOCH, K.; MIN, P. S.; STEWART, G. G. Comparison of apical leakage between Ketac Endo sealer and Grossman sealer. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v. 78, n. 6, p. 784-7, Dec. 1994.

46. KOPPER, P. M.; FIGUEIREDO, J. A.; DELLA BONA, A.; VANNI, J. R.; BIER, C. A.; BOPP, S. 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.
47. 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.
48. LUCENA-MARTÍN, C.; FERRER-LUQUE, C. M.; GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, M. P.; ROBLES-GIJÓN, V.; NAVAJAS-RODRÍGUEZ DE MONDELO, J. M. A comparative study of apical leakage of Endomethasone, Top Seal, and Roeko Seal sealer cements. **J Endod**, v. 28, n. 6, p. 423-6, Jun. 2002.
49. MADISON, S.; SWANSON, K.; CHILES, S.A. An Evaluation of Coronal Microleakage in Endodontically Treated Teeth. Part II. Sealer Types. **J Endod**, v. 13, p. 109-112, Mar. 1987.
50. MAGURA, M. E., KAFRAWY, A. H., BROWN, C. E., NEWTON, C. W. Human saliva coronal microleakage in obturated root canals: an in vitro study. **J Endod**, v. 17, n. 7, p. 324-331, Jul. 1991.
51. MALONE III, K. H.; DONNELLY, J. C. An in vitro evaluation of coronal microleakage in obtured root canals without coronal restorations. **J Endod**, v. 23, n. 1, p. 35-7, Jan. 1997.
52. MARLEY, J. T.; FERGUSON, D. B.; HARTWELL, G. R. Effects of chlorhexidine gluconate as an endodontic irrigant on the apical seal: short-term results. **J Endod**, v. 27, n. 12, p. 775-8, Dec. 2001.
53. MATLOFF, I. R., JENSEN, J. R., SINGER, L., TABIBI, A. A comparison of methods used in root canal sealability studies. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v. 53, n. 2, p. 203-208, Fev. 1982.
54. McMICHEN, F. R.; PEARSON, G.; RAHBARAN, S.; GULABIVALA, K. A comparative study of selected physical properties of five root-canal sealers. **Int Endod J**, v. 36, n. 9, p. 629-35, Sep. 2003.

55. MENDONÇA, S. C.; CARVALHO JR, J. R.; GUERISOLI, D. M. Z; PÉCORA, J. D.; SOUSA-NETO, M. D. In vitro study of the effect of aged eugenol on the flow, setting time and adhesion of Grossman root canal sealer. **Braz Dent J**, v. 11, n. 2, p. 71-8, 2000.
56. MILETIC, I.; ANIC, I.; RIBARIC, S.; JUKIC, S. Leakage of five root canal sealers. **Int Endod J**, v. 32, n. 5, p. 415-8, Sep. 1999.
57. MILETIC, I.; RIBARIC, S. P.; KARLOVIC, Z.; JUKIC, S; BOSNJAK, A.; ANIC, I. Apical leakage of five root canal sealers after one year storage. **J Endod**, v. 28, n. 6, p. 431-2, Jun. 2002.
58. MILETIC, I.; PRPIC-MEHICIC, G.; MARSAN, T.; TAMBIC-ANDRASEVIC, A.; PLESKO, S., KARLOVIC, Z.; ANIC, I. Bacterial and fungal microleakage of AH26 and AH Plus root canal sealers. **Int Endod J**, v. 35, n. 5, p. 428-32, May. 2002.
59. NEGM, M. M. The effect of human blood on the sealing ability of root canal sealers: an in vitro study. **Surg Oral Med Oral Pathol**, v. 67, n. 4, p. 449-52, Apr. 1989.
60. OGUNTEBI, B. R.; SHEN, C. Effect of different sealers on thermoplasticized Gutta-percha root canal obturations. **J Endod**. v. 18, n. 9, p. 363-6, Aug. 1992.
61. OKSAN, T.; AKTENER, B. O.; SEN, B. H.; TEZEL, H. The penetration of root canal sealers into dentinal tubules. A scanning electron microscopic study. **Int Endod J**, v. 26, n. 5, p. 301-5, Sep. 1993.
62. OLIVER, C. M.; ABBOTT, P. V. An in vitro study of apical and coronal microleakage of laterally condensed gutta percha with Ketac-Endo and AH-26. **Aust Dent J**, v. 43, n. 4, p. 262-8, Aug. 1998.
63. OLIVER, C. M., ABBOTT, P. V. Correlation between clinical success and apical dye penetration. **Int Endod J**, v. 34, p. 637-644, Dez. 2001.
64. ØRSTAVIK, D. Physical properties of root canal sealers: measurement of flow, working time, and compressive strength. **Int Endod J**, v. 16, n. 3, p. 99-107, Jul. 1983.
65. ØRSTAVIK, D. A multivariate analysis of the outcome of endodontic treatment. **Eur J Oral Sci**, v. 112, n. 3, p. 224-230, Jun. 2004.

66. ØRSTAVIK, D.; ERIKSEN, H. M.; BEYER-OLSEN E. M. Adhesive properties and leakage of root canal sealers *in vitro*. **Int Endod J**, v. 16, n. 2, p. 59-63, Apr. 1983.
67. ØRSTAVIK, D; NORDAHL, I.; TIBBALLS, J. E. Dimensional change following setting of root canal sealer materials. **Dent Mater**, v. 17, n. 6, p. 512-9, Nov. 2001.
68. ÖZOK, A. R.; WU, M. K.; WESSELINK, P. R. Comparison of the *in vitro* permeability of human dentine according to the dentinal region and the composition of the simulated dentinal fluid. **J Dent**, v. 30, n. 2-3, p. 107-11, Feb-Mar. 2002.
69. ÖZTAN MD, ÖZGEY E, ZAIMOGLU L, ERK N. 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.
70. PASHLEY, D. H. Clinical considerations of microleakage. **J Endod**. V, 16, n. 2, p. 70-77, Fev. 1990.
71. PATHOMVANICH, S.; EDMUNDS, D. H. Variaton in the microleakage produced by four different techniques in root fillings in a simulated root canal model. **Int Endod J**, v. 29, p. 156-162, 1996.
72. PÉCORA, J. D.; RIBEIRO, R. G.; GUERISOLI, D. M.; BARBIZAM, J. V.; MARCHESAN, M. A. Influence of the spatulation of two zinc oxide-eugenol-based sealers on the obturation of lateral canals. **Pesqui Odontol Brás**, v. 16, n. 2, p. 127-30, Apr-Jun. 2002.
73. POMMEL, L.; CAMPS, J. Effects of pressure and measurement time on the fluid filtration method in endodontics. **J Endod**. v. 27, n. 4, p. 256-258, Apr. 2001.
74. SCHÄFER, E.; OLTHOFF, G. Effect of three different sealers on the sealing ability of both thermafil obturators and cold laterally compacted Gutta-Percha. **J Endod**, v. 28, n. 9, p. 638-42, Sep. 2002.
75. SCHÄFER, E.; ZANDBIGLARI, T. Solubility of root-canal sealers in water and artificial saliva. **Int Endod J**, v. 36, n. 10, p. 660-9, Oct. 2003.
76. SCHILDER, H. Filling Root canals in three dimensions. *Dent Clin North Am*, v. 11, p. 724-53, Nov. 1967.

77. SCHUURS, A. H. B.; WU, M. K.; WESSELINK, P. R.; DUIVENVOORDEN, H. J. Endodontic leakage studies reconsidered. Part II. Statistical aspects. **Int Endod J**, v. 26, n. 1, p. 44-52, Jan. 1993.
78. SEVIMAY, S.; KALAYCI, A. Evaluation of apical sealing ability and adaptation to dentine of two resin-based sealers. **J Oral Rehabil**, v. 32, n. 2, p. 105-10, Feb. 2005.
79. SIQUEIRA JR, J. F.; ROÇAS, I. N.; LOPES, H. P.; UZEDA, M. Coronal leakage of two root canal sealers containing calcium hydroxide after exposure to human saliva. **J Endod**, v. 25, n. 1, p. 14-6, Jan. 1999.
80. SMITH, M. A.; STEIMAN, H. R. An in vitro evaluation of microleakage of two new and two old root canal sealers. **J Endod**, v. 20, n. 1, p. 18-21, Jan. 1994.
81. SPANGBERG, L. S. W.; ACIERNO, T. G.; CHA, B. Y. Influence of entrapped air on accuracy of leakage studies using dye penetration methods. **J Endod**, v. 15, n. 11, Nov. 1989.
82. ŞEN, B. H.; PIŞKIN, 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.
83. TAGGER. M.; GREENBERG, B.; SELA G. Interaction between sealers and gutta-percha cones. **J Endod**, v. 29, n. 12, p. 835-7, Dec. 2003.
84. TAGGER. M.; TAGGER, E.; TJAN, A. H.; BAKLAND, L. K. Shearing bond strength of endodontic sealers to gutta-percha. **J Endod**, v. 29, n. 3, p. 191-3, Mar. 2003.
85. TAMSE, A.; KATZ, A.; KABLAN, F. Comparison of apical leakage by four different dyes with two evaluating methods. **Int Endod J**, v. 31, p. 333-7, 1998.
86. TIMPAWAT, S.; AMORNCHAT, C.; TRISUWAN, W. R. Bacterial coronal leakage after obturation with three root canal sealers. **J Endod**, v. 27, n. 1, p. 36-9, Jan. 2001.
87. TORABINEJAD, M., UNG, B., KETTERING, J. D. In vitro bacterial penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. **J Endod**, v. 16, n. 12, p. 566-569, Dec. 1990.
88. VERMILYEA, S. G.; DE SIMON, L. B.; HUGET, E. F. The rheologic properties of endodontic sealers. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v. 46, n. 5, p. 711-6, Nov. 1978.

89. WALTIMO, T. M.; BOIESEN, J.; ERIKSEN, H. M.; ØRSTAVIK, D. Clinical performance of 3 endodontic sealers. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 92, n. 1, p. 89-92, Jul. 2001.
90. WELLS, J. D., PASHLEY, D. H., LOUSHINE, R. J., WELLER, R. N., KIMBROUGH, F., PEREIRA, P. N. Intracoronaral sealing ability of two dental cements. **J Endod**, v. 28, n. 6, p. 443-447, Jan. 2002.
91. WIENER, B. H.; SCHILDER, H. A comparative study of important physical properties of various root canal sealers. II. Evaluation of dimensional changes. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v. 32, n. 5, p. 768-77, Nov. 1971
92. WIENER, B. H.; SCHILDER, H. A comparative study of important physical properties of various root canal sealers. I. Evaluation of setting times. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v. 32, n. 6, p. 928-37, Dec. 1971.
93. WU, M. K.; DE GEE, A. J.; WESSELINK, P. R. Leakage of AH26 and Ketac-Endo used with injected warm gutta-percha. **J Endod**, v. 23, n. 5, p. 331-6, May. 1997.
94. WU, M. K.; DE GEE, A. J.; WESSELINK, P. R.; MOORER, W. R. Fluid transport and bacterial penetration along root canal fillings. **Int Endod J**, v.26, p.203-8, 1993.
95. WU, M. K.; WESSELINK, P. R. Endodontic leakage studies reconsidered. Part I. Methodology, application and relevance. **Int Endod J**, v. 26, p. 37-43, Jan. 1993.
96. WU, M. K.; KONTOKIOTIS, 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, Sep. 1998.
97. YARED, G. M.; BOU DAGHER, F. Sealing ability of the vertical condensation with different root canal sealers. **J Endod**, v. 22, n. 1, p. 6-8, Jan. 1996.
98. YOUNIS, O.; HEMBREE, J. H. Leakage of different root canal sealants. **Oral Surg**, v. 41, n. 6, p. 777-84, Jun. 1976.
99. ZMENER, O.; SPIELBERG, C.; LAMBERGHINI, F.; RUCCI, M. Sealing properties of a new epoxy resin-based root-canal sealer. **Int Endod J**, v. 30, n. 5, p. 332-4, Sep. 1997.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Massa Específica Real dos Grãos	
Material:	Data:
PICNÔMETRO Nº	
TEMPERATURA (°C)	
PICNÔMETRO + ÀGUA (g)	
PICNÔMETRO + ÀGUA + CIMENTO (g)	
CIMENTO (g)	
Massa Específica Real dos Grãos	

APÊNDICE B

ENSAIO DE SEDIMENTAÇÃO								
MATERIAL:								
DATA:								
Peso do Material Úmido (g):								
Peso do Material Seco (g):								
DATA	HORA	TEMPO DECORRIDO	TEMPERATURA (°C)	LEITURA DO DENSÍMETRO	LEITURA CORRIGIDA	ALTURA DE QUEDA (cm)	DIÂMETRO DOS GRÃOS (mm)	P(%) TOTAL
		15 s						
		30 s						
		1 min						
		2 min						
		4 min						
		8 min						
		15 min						
		30 min						
		1 hora						
		2 horas						
		4 horas						
		24 horas						

APÊNDICE C

ENSAIO DE PERMEABILIDADE						
MATERIAL:			DATA: ____/____/____			
DIAS	LEITURA AMOSTRA 1 (cm)	LEITURA AMOSTRA 2 (cm)	LEITURA CONTROLE (cm)	LEITURA REAL (cm)		TEMPERA TURA (°C)
				1	2	
0						
2						
4						
6						
8						
10						
12						
14						
16						
18						
20						
22						
24						
26						
28						

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)