

VITOR HUGO MARÇAL DE CARVALHO

**COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES MÉTODOS DE AQUISIÇÃO E ANÁLISE  
DE IMAGENS RADIOGRÁFICAS NA DETERMINAÇÃO DA RADIOPACIDADE DE  
CIMENTOS ENDODÔNTICOS**

BRASÍLIA, 2015

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE**

**VITOR HUGO MARÇAL DE CARVALHO**

**COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES MÉTODOS DE AQUISIÇÃO E ANÁLISE  
DE IMAGENS RADIOGRÁFICAS NA DETERMINAÇÃO DA RADIOPACIDADE DE  
CIMENTOS ENDODÔNTICOS**

**Dissertação apresentada como requisito parcial  
para obtenção do Título de Mestre em Ciências  
da Saúde pelo Programa de Pós-Graduação em  
Ciências da Saúde da Universidade de Brasília.**

**Orientador: Prof. Dr. Jacy Ribeiro de Carvalho  
Junior**

**BRASÍLIA  
2015**

**VITOR HUGO MARÇAL DE CARVALHO**

**COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES MÉTODOS DE AQUISIÇÃO E ANÁLISE  
DE IMAGENS RADIOGRÁFICAS NA DETERMINAÇÃO DA RADIOPACIDADE DE  
CIMENTOS ENDODÔNTICOS**

**Dissertação apresentada como requisito parcial  
para obtenção do Título de Mestre em Ciências  
da Saúde pelo Programa de Pós-Graduação em  
Ciências da Saúde da Universidade de Brasília.**

**Aprovado em 22/06/2015.**

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Dr. Jacy Ribeiro de Carvalho Junior – (Presidente)  
Universidade de Brasília - UnB**

**Prof. Dr. André Ferreira Leite  
Universidade de Brasília - UnB**

**Prof. Dr. Laudimar Alves de Oliveira  
Universidade de Brasília - UnB**

*A **Deus**, pela oportunidade de receber esse conhecimento, que com aprendizado e humildade será repassado a todos os que dele necessitarem.*

*À **minha esposa, Anahara**, que esteve sempre presente e sempre me apoiou.*

*À **minha família**, que sempre foi um exemplo de amor à profissão.*

*Aos **meus pais, Hugo, Rose, Gusmão e Mariza**, que me deram a possibilidade de estudar e me ensinaram tudo o que sou!*

*Aos **meus irmãos**, que sempre me apoiaram, incentivando a realização dos meus sonhos, principalmente profissionais!*

*Aos **meus amigos**, que sempre me ajudaram e incentivaram nessa busca de mais conhecimento.*

*Aos amigos de Brasília, **Thiago e Flávio**; à minha prima, **Thais**; ao meu irmão e sua esposa, **André e Juliane**; e à minha tia, **Magda**, que me acolheram por tantos dias e noites, durante esta jornada entre Goiânia e Brasília, em busca do conhecimento.*

*Dedico este trabalho...*

## **AGRADECIMENTO ESPECIAL**

*Ao meu orientador, Prof. Dr. Jacy Ribeiro de Carvalho Junior, por acreditar no meu potencial e me acolher como aluno, em mais uma etapa de minha jornada em busca desse objetivo tão sonhado, a docência. Obrigado pela oportunidade de aprender e de receber um pouco de todo o seu conhecimento sobre a Endodontia e a docência.*

## AGRADECIMENTOS

À Universidade de Brasília, na pessoa do Reitor, **Prof. Dr. Ivan Marques de Toledo Camargo**.

À Faculdade de Ciências da Saúde, na pessoa da Diretora, **Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Fátima Sousa**.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, na pessoa da Coordenadora, **Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eliete Neves da Silva Guerra**; aos **professores e funcionários**.

Aos professores da disciplina de Endodontia do Departamento de Odontologia da Universidade de Brasília – UnB, **Prof. Dr. Edson Dias Costa Júnior, Prof. Dr. Roberto Machado Cruz e Prof. Dr. Laudimar Alves de Oliveira**.

Ao **Prof. MSc. Marcos Arruda**, Coordenador do Curso de Especialização em Endodontia do Instituto Lenza, que me mostrou o valor que tem uma pessoa que ama a profissão, que ama ensinar e que ama todos a seu redor.

À **Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Caldas**, do Curso de Especialização em Radiologia da ABO-GO, que com muita cortesia cedeu um pouco de seu tempo para me ajudar nos assuntos específicos do trabalho.

Ao **Prof. Dr. Ricardo Affonso Bernardes**, do Curso de Especialização em Endodontia da ABO – Taguatinga, que com prontidão me ajudou a entrar em contato com a Brasseler USA®, para aquisição do cimento para a realização deste trabalho.

Ao **Prof. Dr. Maurício Barriviera**, da Universidade Católica de Brasília – UCB, e ao técnico de radiologia **Jackson dos Santos Silva**, da Clínica de Radiologia Fenelon, que disponibilizaram o espaço e algum tempo para me auxiliar na realização dos testes piloto deste trabalho.

Aos professores, **Prof. Dr. André Ferreira Leite** e **Prof. Dr. Paulo Tadeu de Souza Figueiredo**, da área de Diagnóstico do Curso de Odontologia da UnB, por me auxiliarem na realização dos testes piloto e por estarem sempre prontos a ajudar; e ao técnico em radiologia do HUB/EBSERH, **Francisco Teixeira de Sousa**, pelo empréstimo do densitômetro óptico para a análise das películas radiográficas.

Aos professores da Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP, **Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Yara T. Correa Silva-Sousa** e **Prof. Dr. Fuad Jacob Abi Rached Junior**, por disponibilizarem a infraestrutura da UNAERP para a utilização do escâner Digora.

Ao **Prof. Dr. Edvaldo Luiz Ramalli**, da Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP, e à **CD Elaine Ramalli**, da Clínica CEDO de Ribeirão Preto, pela impressão de algumas das amostras utilizadas no teste piloto.

Ao técnico do Laboratório de Biomateriais do Departamento de Odontologia da Faculdade de Ciências da Saúde – UnB, **Edivaldo Batista Teles**, pela simpatia com que me acolheu, estando sempre pronto a me ajudar.

Aos colegas de Mestrado, **Tainá Macedo do Vale** e **Marco Antonio Franco Cançado**, por dividirem comigo os desafios e as conquistas em cada uma das etapas desse Mestrado Acadêmico na UnB.

A todos os professores da equipe da Endodontia Contemporânea do Instituto Lenza, pela oportunidade de crescer e melhorar na ciência/arte que se denomina Endodontia.

A **todos aqueles** que, de alguma forma, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, o meu sincero agradecimento.

*"Todo saber é vazio, se não houver trabalho.  
E este é vazio, se não houver amor."  
(Dr. Celso Charuri)*



## RESUMO

O objetivo do presente estudo foi comparar o método radiográfico convencional (MC) com métodos digitais (MD) quanto à determinação da radiopacidade dos cimentos AH Plus, EndoRez, EndoSequence BC, Gutta Flow, MTA Fillapex e Pulp Canal Sealer. Para isso, dez placas de acrílico contendo seis perfurações, com 1 mm de espessura e 5 mm de diâmetro, foram preenchidas com os cimentos. As amostras foram radiografadas acompanhadas de uma escala de alumínio, constituída por 10 degraus. Um aparelho de Raios X (70 kVp e 8mA) foi utilizado. A distância foco-objeto foi de 30 cm e os tempos de exposição foram de 0,5 s para o método convencional e 0,2 s para os métodos digitais. As 10 amostras foram submetidas a cada um dos seis grupos: G1: MC com filme radiográfico, processamento químico (PQ) e análise pelo densitômetro óptico (DS); G2: MC-PQ, escaneamento do filme e análise pelo Adobe Photoshop CC (APH); G3: MD, processamento e análise pelo Digora for Windows 1.5.1 (DW); G4: MD, processamento pelo DW e análise pelo APH; G5: MD, processamento pelo Scanora (SN) e análise pelo APH; G6: MD, processamento pelo DW, impressão em filme e análise pelo DS. Os valores de radiopacidade dos cimentos, expressos em densidade óptica (DO) e densidade de intensidade de pixel (DIP), foram transformados em mm-de-alumínio e submetidos a ANOVA, que apontou não haver diferença entre os métodos testados ( $p > 0,10$ ). Pelo teste de correlação de Pearson, verificou-se forte correlação entre os métodos ( $0,9493 \leq r \leq 0,9999$ ). Todos os cimentos apresentaram valores de radiopacidade acima dos 3 mm de alumínio recomendados pela Especificação nº. 57 da ANSI/ADA. Pode-se concluir que todos os métodos radiográficos testados podem ser utilizados para determinação da radiopacidade de cimentos endodônticos.

Palavras chave: cimentos dentários; propriedades físicas e químicas; densitometria.

## ABSTRACT

The aim of this study was to compare the conventional radiographic method (CM) with digital methods (DM) in determining the radiopacity of various cements, specifically, AH Plus, EndoRez, EndoSequence BC, Gutta Flow, MTA Fillapex, and Pulp Canal Sealer. Ten acrylic plates with 6 perforations, 1mm in depth and 5mm in diameter, were filled with the cements. The test samples were radiographed with a 10-point aluminum stepwedge. An x-ray machine (70 kVp e 8mA) was used. The object-to-film distance was 30 cm and the exposure times were 0.5 s for the conventional method and 0.2 s for the digital methods. All 10 samples were subjected to the following procedures in each of the 6 groups: G1: CM with radiographic film, chemical processing (CP), and optical densitometry analysis (DS); G2: CM-CP, film scanning and Adobe Photoshop CC (APH) analysis ; G3: DM, processing and analysis by Digora for Windows 1.5.1 (DW); G4: DM, processing by DW and analysis by DW and analysis by APH; G5: DM, processing by Scanora (SN) and analysis by APH; G6: DM, processing by DW, film printing and analysis by DS. The radiopacity values of the cements, expressed in optical densities (OD) and radiographic densities (RD), were transformed into aluminum mm. An analysis of variance (ANOVA) test on this data did not show differences among the methods tested ( $p > 0.10$ ), and a Pearson's correlation test yielded a strong correlation among the methods ( $0.9493 \leq r \leq 0.9999$ ). All of the cements presented radiopacity values higher than the 3 mm of aluminum recommended by the ANSI/ADA Standard No. 57. The results showed that all of the radiographic methods tested can be used to determine the radiopacity of dentistry cements.

Keywords: dentistry cements; physical and chemical properties; densitometry

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cimentos Endodônticos utilizados. A) AH Plus, B) EndoRez, C) EndoSequence BC, D) Gutta Flow, E) MTA Fillapex e F) Pulp Canal Sealer.....	33
Figura 2. A) Placa de acrílico (2,2 cm de largura x 4,5 cm de comprimento x 1 mm de espessura) com seis perfurações (5 mm de diâmetro interno), preenchidas com silicona de adição para evitar que o cimento de uma perfuração escoasse para outra perfuração; B) Placa de acrílico preenchida com os cimentos utilizados.....	34
Figura 3. A) Dispositivo de fixação de acrílico. B) Mesa posicionadora do sensor digital/película radiográfica e placas de acrílico com as amostras de cimento e a escala de alumínio.....	36
Figura 4. A) Tanque processador. B) Película radiográfica após o processamento químico.....	37
Figura 5. A) Escâner Digora. B) Imagem padrão da tela do computador após a leitura do sensor radiográfico digital pela leitora óptica do sistema Digora.....	38
Figura 6. Densitômetro óptico utilizado para mensurar a densidade óptica.....	39
Figura 7. Imagem sob análise pelo <i>software Photoshop CC</i> para determinação da densidade radiográfica.....	40
Figura 8. Imagem sob análise pelo <i>software Digora for Windows</i> para determinação da densidade radiográfica.....	41
Figura 9. Imagem sob análise pelo <i>software Photoshop CC</i> para determinação da densidade radiográfica.....	42
Figura 10 - Gráfico de dispersão entre densidade óptica (DO), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G1 - MC-PQ-DS e espessura dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio. São apresentados o coeficiente de Pearson (R), reta e equação da regressão.....	51
Figura 11 - Gráfico de dispersão entre densidade de intensidade de pixel (DIP), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G2 - MC-scanner-APH e espessura dos degraus da escala	

(penetrômetro) de alumínio. São apresentados o coeficiente de Pearson (R), reta e equação da regressão.....	52
Figura 12 - Gráfico de dispersão entre densidade de intensidade de pixel (DIP), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G3 - MD-DW-DW e espessura dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio. São apresentados o coeficiente de Pearson (R), reta e equação da regressão.....	53
Figura 13 - Gráfico de dispersão entre densidade de intensidade de pixel (DIP), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G4 - MD-DW-APH e espessura dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio. São apresentados o coeficiente de Pearson (R), reta e equação da regressão.....	53
Figura 14 - Gráfico de dispersão entre densidade de intensidade de pixel (DIP), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G5 - MD-SN-APH e espessura dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio. São apresentados o coeficiente de Pearson (R), reta e equação da regressão.....	54
Figura 15 - Gráfico de dispersão entre densidade óptica (DO), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G6 - MD-DW- impressão-DS e espessura dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio. São apresentados o coeficiente de Pearson (R), reta e equação da regressão.....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos cimentos endodônticos utilizados neste estudo.....	29
Tabela 2 - Médias dos valores de radiopacidade (desvios padrões) dos cimentos, determinadas por meio de cada um dos métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas, em densidade óptica (DO) e densidade radiográfica (DR).....	42
Tabela 3 - Análise da Variância da densidade óptica (DO), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G1-MC-PQ-DS.....	43
Tabela 4 - Análise da Variância da densidade radiográfica (DR), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G2 - MC-scanner-APH.....	43
Tabela 5 - Análise da Variância da densidade radiográfica (DR), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G3 - MD-DW-DW.....	43
Tabela 6 - Análise da Variância da densidade radiográfica (DR), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G4 - MD-DW-APH.....	43
Tabela 7 – Análise da Variância da densidade radiográfica (DR), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G5 - MD-SN-APH.....	43
Tabela 8 - Análise da Variância da densidade óptica (DO), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G6 - MD-DW-impressão-DS.....	43
Tabela 9 – Teste de Games-Howell: densidade óptica (DO) dos cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G1 - MC-PQ-DS.....	44
Tabela 10 - Teste de Games-Howell: densidade radiográfica (DR) dos cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G2 - MC-scanner-APH.....	45
Tabela 11 - Teste de Games-Howell: densidade radiográfica (DR) dos cimentos	

estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G3 - MD-DW-DW.....	45
Tabela 12 - Teste de Games-Howell: densidade radiográfica (DR) dos cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G4 - MD-DW-APH.....	46
Tabela 13 - Teste de Games-Howell: densidade radiográfica (DR) dos cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G5 - MD-SN-APH.....	46
Tabela 14 - Teste de Games-Howell: densidade óptica (DO) dos cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G6 - MD-DW-impressão-DS.....	47
Tabela 15 - Médias dos valores de radiopacidade (desvios padrões) das espessuras dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio, determinadas por meio de cada um dos métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas, em densidade óptica (DO) e densidade radiográfica (DR).....	47
Tabela 16 - Médias dos valores de radiopacidade (desvio padrão) para os tipos de cimentos e dos métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas, em milímetros de alumínio (mm-AI).....	52
Tabela 17 - Médias dos valores de radiopacidade (desvio padrão) para degraus da escala de alumínio, em milímetros de alumínio (mm-AI).....	52
Tabela 18 - Análise da Variância da radiopacidade, em milímetros de alumínio (mm-AI), dos diferentes cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G1 - MC-PQ-DS.....	54
Tabela 19 - Análise da Variância da radiopacidade, em milímetros de alumínio (mm-AI), dos diferentes cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G2 - MC-scanner-APH.....	54
Tabela 20 - Análise da Variância da radiopacidade, em milímetros de alumínio (mm-AI), dos diferentes cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G3 - MD-DW-DW.....	54
Tabela 21 - Análise da Variância da radiopacidade, em milímetros de alumínio (mm-AI), dos diferentes cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G4 - MD-DW-APH.....	53
Tabela 22 - Análise da Variância da radiopacidade, em milímetros de alumínio	

(mm-AI), dos diferentes cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G5 - MD-SN-APH.....	54
Tabela 23 - Análise da Variância da radiopacidade, em milímetros de alumínio (mm-AI), dos diferentes cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G6 - MD-DW-impressão-DS.....	55
Tabela 24 - Teste de Games-Howell: radiopacidade, em milímetros de alumínio (mm-AI), dos cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G1 - MC-PQ-DS.....	55
Tabela 25 - Teste de Games-Howell: radiopacidade, em milímetros de alumínio (mm-AI), dos cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G2 - MC-scanner-APH.....	56
Tabela 26 - Teste de Games-Howell: radiopacidade, em milímetros de alumínio (mm-AI), dos cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G3 - MD-DW-DW.....	56
Tabela 27 - Teste de Games-Howell: radiopacidade, em milímetros de alumínio (mm-AI), dos cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G4 - MD-DW-APH.....	57
Tabela 28 - Teste de Games-Howell: radiopacidade, em milímetros de alumínio (mm-AI), dos cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G5 - MD-SN-APH.....	57
Tabela 29 - Teste de Games-Howell: radiopacidade, em milímetros de alumínio (mm-AI), dos cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G6 - MD-DW-impressão-DS.....	58
Tabela 30 - Análise da Variância da radiopacidade, em milímetros de alumínio (mm-AI), dos diferentes métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas.....	58
Tabela 31 - Grau de correlação entre a radiopacidade e os métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas.....	59

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ANSI/ADA	American National Standards Institute/American Dental Association
APH	Adobe Photoshop CC
DIP	Densidade de Intensidade de Pixel
DO	Densidade Óptica
DS	Densitômetro Óptico
DW	Digora for Windows
G1	Grupo 1
G2	Grupo 2
G3	Grupo 3
G4	Grupo 4
G5	Grupo 5
G6	Grupo 6
MC	Método Convencional
MD	Método Digital
PQ	Processamento Químico
SN	Scanora
SPSS	Statistical Package for Social Science for Windows



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	18
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	20
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	31
3.1 OBJETIVO GERAL.....	31
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	31
<b>4 MÉTODOS</b> .....	32
4.1 CIMENTOS ENDODÔNTICOS ESTUDADOS.....	32
4.2 RADIOPACIDADE.....	33
4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	43
4.4 INFRAESTRUTURA PARA EXECUÇÃO DA PESQUISA.....	44
<b>5 RESULTADOS</b> .....	45
<b>6 DISCUSSÃO</b> .....	63
<b>7 CONCLUSÃO</b> .....	67
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	68

## 1 INTRODUÇÃO

Dois dos principais objetivos da obturação de um dente tratado endodonticamente consistem em preencher completamente, de forma homogênea e tridimensional, o canal radicular com um material obturador em seu comprimento de trabalho e restringir a extensão desse material ao espaço do canal radicular <sup>(1)</sup>.

Clinicamente, a qualidade da obturação é avaliada por meio de imagens radiográficas realizadas após a conclusão do tratamento endodôntico. Para se avaliar a qualidade da obturação do ponto de vista radiográfico, critérios como comprimento, forma e densidade da obturação devem ser observados <sup>(2)</sup>. O critério densidade da obturação pode ser avaliado com base na radiopacidade do material obturador, que na radiografia é observada, analisando o nível de homogeneidade desse material em cada terço radicular, sendo que as regiões obturadas que apresentam maior conicidade, portanto, maior massa obturadora, devem apresentar maior radiopacidade <sup>(3)</sup>.

Para facilitar a avaliação da qualidade da obturação <sup>(4)</sup> e permitir uma evidente distinção entre material e estruturas anatômicas circunvizinhas, os cimentos endodônticos devem apresentar uma adequada radiopacidade <sup>(4, 5, 6)</sup>.

Com o objetivo de estabelecer a radiopacidade de cimentos endodônticos, a Especificação nº. 57 da ANSI/ADA <sup>(7)</sup> determina que os materiais não devem ter uma radiopacidade inferior ao equivalente a três milímetros de alumínio; que as imagens radiográficas devem ser obtidas pelo processamento químico do filme radiográfico, utilizando soluções reveladoras e fixadoras, lavagem e secagem; e que a radiopacidade mostrada deve ser avaliada por um densitômetro óptico <sup>(5, 8, 9, 10, 11, 12, 13)</sup>.

No entanto, a digitalização de imagens <sup>(13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26)</sup> e a radiografia digital <sup>(21, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34)</sup> vêm se tornando cada vez mais comuns para a avaliação da propriedade de radiopacidade. Segundo Tasdemir et al. <sup>(29)</sup>, são inúmeras as vantagens da radiografia digital, incluindo os diversos pacotes de *softwares* oferecidos para a análise quantitativa de radiografias, possibilitando melhorias tanto no diagnóstico quanto nas decisões de tratamento.

Associado ao avanço nos métodos de aquisição e de avaliação da propriedade de radiopacidade, novos cimentos obturadores também têm sido

desenvolvidos. Essa busca constante baseia-se no anseio de atender a requisitos fundamentais para esses cimentos, como: ser atóxicos, compatíveis com tecidos vivos e apresentar propriedades físico-químicas adequadas para o uso clínico <sup>(16)</sup>. Atualmente, é possível encontrar no mercado diferentes tipos de cimentos endodônticos, com base em suas composições, como: os cimentos à base de óxido de zinco e eugenol, cimentos à base de resina epóxica, cimentos de cura dual à base de resina de metacrilato, cimentos à base de polidimetilsiloxano e cimentos à base de silicato de cálcio.

Assim, torna-se necessário um estudo comparativo entre os diferentes métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas quanto à determinação da radiopacidade dos diferentes tipos de cimentos endodônticos.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Em 1972, Davis et al. <sup>(1)</sup> estudaram a anatomia dos canais radiculares de 217 dentes após o preparo dos mesmos. A partir da injeção de silicone dentro dos canais radiculares, foram obtidos os modelos dos canais. Por meio de um microscópio óptico, foram visualizadas muitas variações na anatomia dos canais radiculares anteriormente preparados, incluindo canais laterais e acessórios, istmos e marcas dos instrumentos nas paredes dos canais. Verificou-se também que a anatomia do canal depois de preparado era muito diferente dos instrumentos utilizados para realizar tal preparo, principalmente no terço apical. Técnicas de instrumentação padrão tendem a deixar uma parte considerável da parede canal intocada. Concluíram, então, que diversos estudos que utilizam métodos semelhantes de pesquisa deveriam ser realizados para ajudar no desenvolvimento de novos instrumentos e técnicas de preparo e obturação do canal.

Em 1981, Beyer-Olsen e Østavik <sup>(5)</sup> apresentaram um método padronizado reprodutível de avaliação da radiopacidade de cimentos obturadores de canais radiculares. O método consistia na confecção de espécimes de tamanhos padronizados de 10 mm de diâmetro e 1 mm de espessura. Os mesmos eram comparados a uma escala de alumínio com degraus de 2 mm. As condições de exposição eram para se utilizar um aparelho de 70 kv, 10 mA, com tempo de sensibilização de três segundos em um filme oclusal ultra-speed. Após a obtenção das imagens, as mesmas foram analisadas quanto à densidade óptica por um densitômetro óptico, comparando com a escala de alumínio e também a 1 mm de dentina e guta-percha. Foi observado que os materiais obturadores tiveram uma variação de 0 a 13,58 mm de alumínio, concluindo que muitos materiais eram mais radiolúcidos que a própria dentina, que teve um valor equivalente a 0,63 mm de alumínio.

Em 1983, Kaffe et al. <sup>(8)</sup> avaliaram a densidade óptica de 14 diferentes tipos de guta percha disponíveis no mercado para observar se as mesmas estavam dentro das conformidades da norma (Especificação nº. 57) da ANSI/ADA de 1983. Partes centrais em cada um dos 14 tipos de guta percha foram selecionadas, aquecidas e amolecidas em uma massa uniforme. Essas massas foram condensadas em um disco com diâmetro interno de 10 mm, produzindo discos de 2

mm de espessura. Um grupo de quatro discos foi radiografado em filme oclusal — Kodak Ultra Filme oclusal velocidade DF (velocidade ANSI D, Rochester, NY) — e foi exposto, juntamente com a escala feita com alumínio 1100, com incrementos de um milímetro de espessura, que variavam de 1 a 20 mm. O aparelho de Raio X (Space Maker II, S.S. White, Philadelphia, PA) com uma escala kV ajustável, de modo que todos os três fatores radiográficos foram mantidos constantes para cada de exposição, de acordo com as especificações: 65 kVp, 10 mA, 1 s de exposição. A distância do alvo para o foco foi de 40 cm (16 polegadas) com um feixe de filtração inerente equivalente a 2,5 mm de alumínio. Após a exposição, as películas foram reveladas em soluções químicas Kodak de acordo com as instruções do fabricante. A densidade óptica de cada amostra foi determinada no densitômetro (Macbeth 504 densitômetro Digital, Macbeth Corp, Newburgh, NY) com a média de quatro leituras obtidas a partir de diferentes áreas de cada disco. O resultado foi, em seguida, comparado com a densidade da escala de alumínio no mesmo filme, e a espessura equivalente de alumínio foi determinada para cada disco. Os resultados das leituras do densitômetro mostraram que os materiais apresentavam uma gama de densidades de 11 a 16 mm de alumínio. Todos os tipos de guta percha provaram ser muito mais radiopacos do que o padrão estabelecido (4 mm de alumínio).

Em 1989, Goldman et al. <sup>(4)</sup> fizeram um estudo *in vitro* para determinar a utilidade dos estudos de penetração de corante. Na parte I, os dentes foram preparados por meio do forame e, em seguida, deixados expostos na região apical, coronal, ou em ambas. Em todos os casos, o corante não penetrou em toda a extensão do canal. A única exceção foi quando as duas extremidades foram deixados expostas e os dentes foram colocados no corante em posição vertical. Na parte II, foi criado um defeito mensurável na obturação de um canal em toda a extensão do canal e deixou exposta a região apical. Quando o dente foi imerso em corante, observou-se uma penetração incompleta do deste produto. Quando o ar foi removido por uma bomba de vácuo, antes da colocação no corante, a penetração foi total. Concluíram, então, que deveria ser revista a forma de se fazer os estudos de penetração de corantes.

Katz et al. <sup>(6)</sup>, em 1990, cientes de que normas nacionais e internacionais exigiam que os cones de guta-percha fossem radiopacos o suficiente para serem distinguidos de estruturas naturais, como dentina — além de permitir a avaliação da densidade da obturação do canal radicular —, decidiram realizar um estudo em

discos de 1 mm de espessura, feito a partir de 15 marcas comerciais e experimentais de cones de guta-percha. Estes foram testados quanto à sua conformidade com os requisitos. A radiopacidade de 1 mm de espessura de dentina radicular foi medida de forma semelhante com um fotodensitômetro. Todas as radiografias foram feitas em filme oclusal D-Speed e replicado no filme E-Speed. A média da radiopacidade dos discos de guta-percha em filme D-Speed foi de 7,26 mm equivalente de alumínio e 7,53 milímetros no filme E-Speed, superando muito a exigência mínima de 3 mm. Eles observaram também que a diferença entre os valores obtidos com os dois tipos de película não foi significativa, sugerindo que os filmes E-Speed poderiam ser usados para o teste. A radiopacidade de lâminas de dentina foram uniformes e equivalente a 1 mm de alumínio, confirmando achados anteriores. Concluíram, então, que em vista as reclamações de desempenho clínico insuficiente, o requisito mínimo para radiopacidade de cones de guta-percha parecia muito baixo.

Buckley e Spangberg <sup>(3)</sup> utilizaram, como modelo, estudos europeus de avaliação da prevalência e padrão técnico dos tratamentos endodônticos em um grupo de pacientes de uma faculdade de odontologia dos Estados Unidos. Uma série de *check-ups* radiográficos foi examinada quanto à presença de raízes obturadas, condições patológicas periapicais e qualidade da restauração da coroa. Também foram registrados a densidade da obturação e o comprimento das mesmas. De 5.272 dentes examinados, 5,5% tinham raízes obturadas. Patologias periapicais foram observadas em 4,1% de todos os dentes analisados e em 31,3% dos dentes com raízes obturadas. A obturação radicular de menor qualidade radiográfica estava fortemente associada à doença periapical quando comparada com raízes obturadas com maior qualidade radiográfica. Além disso, apenas 42% das obturações foram consideradas tecnicamente satisfatórias. Tais dados sugeriram que mais pesquisas deveriam ser direcionadas para o estudo de fatores que afetam o resultado do tratamento.

Silva e Tavano <sup>(36)</sup> analisaram a utilização da densidade radiográfica e densidade radiográfica invertida, obtidas pelo *software* de imagem Adobe Photoshop 4.0, para substituir a densidade óptica na avaliação dos filmes e soluções de processamento. Utilizando tiras de filme TMS-1, após o processamento das mesmas, foi avaliada quanto à densidade óptica, utilizando o fotodensitômetro MRA. Posteriormente, as tiras foram escaneadas pelo *scanner* Scanjet HP 4C/T e

analisadas a densidade radiográfica e densidade radiográfica invertida. O resultado das análises mostrou que a densidade óptica, densidade radiográfica e densidade radiográfica invertida tiveram resultados semelhantes. Ademais, concluíram que as leituras das tiras realizadas pelo fotodensitômetro podem ser substituídas pelas leituras digitalizadas com a vantagem de serem mais objetivas e mais rápidas.

Tagger e Katz <sup>(14)</sup> propuseram desenvolver um novo método para mensuração direta da radiopacidade de cimentos endodônticos. Foram dois os objetivos deste estudo: desenvolver uma técnica facilmente reproduzível para avaliar a radiopacidade de cimentos endodônticos e aplicá-la para medir a radiopacidade de 21 cimentos atuais, colocando-os em seis dispositivos de 1 mm de espessura. Tal como é recomendado na técnica atual, as amostras foram radiografadas ao lado uma escala de alumínio, mas em vez de utilizar um densitômetro óptico para medir a densidade e depois calcular a radiopacidade, a imagem foi digitalizada. O valor de pixel cinza do material de teste é comparado com a escala de alumínio, usando um *software* de computador, para encontrar seu grau correspondente. Concluindo, a radiopacidade das amostras variou de 1,6 mm a mais de 11 mm de alumínio entre os cimentos avaliados.

Em sua tese de doutorado, Coclete et al. <sup>(34)</sup> analisaram a utilização da densidade radiográfica e densidade radiográfica invertida como substitutas da densidade óptica. Para isso, eles expuseram tiras de filmes extra bucais XK-1, e, após o processamento em processadora automática, as tiras foram analisadas quanto à densidade óptica pelo fotodensitômetro MRA. As mesmas tiras foram escaneadas e analisadas quanto à densidade radiográfica pelo *software* Digora for Windows. Os resultados mostraram que as leituras de densidade ópticas realizadas pelo fotodensitômetro MRA podem ser substituídas com vantagens pelas leituras digitalizadas.

Com o objetivo de investigar os efeitos das modificações da relação pó/líquido por endodontistas sobre as propriedades físicas dos cimentos endodônticos à base de óxido de zinco e eugenol — recomendada pelas normas ISSO —, bem como em outras propriedades clinicamente relevantes, Camps et al. <sup>(15)</sup> avaliaram dez misturas de dois cimentos à base de óxido de zinco e eugenol, com a relação pó/líquido em diferentes consistências, feitas por endodontistas diferentes. Foram testadas de acordo com as normas ISO para avaliar as suas propriedades físicas

dentre elas a radiopacidade. O resultado foi que o aumento da proporção de pó/líquido nos dois cimentos diferentes levou a um aumento radiopacidade.

Tanomaru et al. <sup>(16)</sup> avaliaram a radiopacidade de cimentos endodônticos à base de óxido de zinco e eugenol (Endofill), hidróxido de cálcio (Sealapex), resina (Sealer 26 e AH Plus) e silicone (Roeko Seal). Os corpos de prova foram padronizados com dez milímetros de diâmetro e um milímetro de espessura e radiografados juntamente com uma escala de alumínio empregando-se filmes oclusais, de acordo com as Normas ISO 6876/2001. As radiografias foram digitalizadas e as radiopacidades dos cimentos comparadas à escala de alumínio com diferentes espessuras, utilizando o *software* VIXWIN 2000. Os resultados demonstraram que o AH Plus foi o cimento mais radiopaco e o Sealapex apresentou menor radiopacidade, sendo intermediários os resultados para os cimentos Roeko Seal, Endofill e Sealer 26. Sealapex apresenta menor radiopacidade que outros tipos de cimentos endodônticos.

Schaeffer et al. <sup>(2)</sup>, com o objetivo de ajudar a determinar o comprimento de instrumentação e obturação dos canais radiculares, fizeram uma meta-análise para o sucesso/fracasso de diferentes comprimentos das obturações dos canais. Os critérios de inclusão foram: (a) mínimo de retorno de dois anos, (b) dados sobre o tempo da obturação, (c) a definição de sucesso/fracasso, (d) os dados disponíveis sobre o sucesso/fracasso, (e) avaliação radiográfica. As correlações foram feitas para o índice de sucesso/falha relacionada com o comprimento da obturação radicular a partir do ápice. Quando se comparou o grupo A (obturações de 0-1 mm do ápice) com o grupo C (sobreobturações do ápice), usando os testes DerSimonian e Laird, o grupo A apresentou uma taxa de sucesso pouco melhor ( $p < 0,10$ ) do que o grupo C, que foi de 28,8%. O grupo A teve mais sucesso do que o grupo B (obturações > 1 mm do ápice); a diferença era insignificante. Os resultados foram semelhantes após o controle de qualidade do estudo utilizando um único modelo de regressão de efeitos aleatórios. Sendo assim, a meta-análise indicou que uma melhor taxa de sucesso é alcançada quando o tratamento endodôntico consegue uma obturação mais próxima do ápice.

Em 2007, Baksi et al. <sup>(27)</sup> investigaram a radiopacidade de três cimentos endodônticos em canais simulados em blocos de acrílico, por meio de radiografia digital direta. Trinta canais simulados em blocos de acrílico transparente foram preparados com um instrumento taper 4, tamanho 25. Imagens padronizadas dos



blocos com escala de densidade de alumínio foram obtidas utilizando placas de armazenamento de fósforo Digora. Em seguida, três cimentos endodônticos — Roeko™, Diaket, Pulpdent — foram manipulados de acordo com as instruções dos fabricantes. Os cones de guta-percha foram completamente revestidos com um dos cimentos e colocados no canal com o comprimento de trabalho idêntico. As imagens dos blocos foram reobtidas após aplicação do cimento. Os valores médios de cinza MGVs dos canais obturados foram aferidos com ou sem cimento em três níveis diferentes (1 mm, 6 mm, e 11 mm a partir do ápice) usando o *software* Image Tool. Cada medição MGV foi então convertida para o seu equivalente em alumínio, por meio de escala de valores. Um teste padrão foi utilizado para análise estatística. Eles concluíram que o tipo e a espessura de cimentos endodônticos podem influenciar a radiopacidade das obturações dos canais.

Com o objetivo de avaliar a radiopacidade de materiais obturadores de canal radicular usando radiografia digital, Carvalho-Júnior et al. <sup>(28)</sup>, em 2007, analisaram os cimentos AH Plus™, Endofill, EndoREZ™ e Epiphany™ além dos cones de Guta-percha (Dentsply Maillefer) e cones Resilon™. Placas de acrílico, contendo seis discos, medindo 1 mm de profundidade e 5 mm de diâmetro, foram preparadas para o ensaio e foram preenchidas com os materiais. As amostras foram radiografadas juntamente com uma escala de alumínio calibrado em milímetros, de acordo com a Especificação nº. 57 ANSI/ADA. Para a exposição radiográfica, placas de imagem digital e uma máquina de *Raio X a 70 kVp e 8 mA foram usadas. A distância do objeto para a fonte de Raio X foi de 30 cm, e o tempo de exposição, 0,2 s.* Após o processo de leitura do laser óptico, o *software* determinou a radiopacidade de áreas selecionadas, usando valores em escala de cinza, calculando a densidade radiográfica média para cada material. Chegou-se à conclusão de que todos os materiais apresentaram valores de radiopacidade acima de 3 mm de alumínio, recomendados pela Especificação nº. 57 ANSI/ADA.

Também em 2007, Tonomaru-Filho et al. <sup>(18)</sup> avaliaram a radiopacidade de cimentos endodônticos à base de hidróxido de cálcio (Acroseal, Sealapex e Sealer 26), um cimento à base de ionômero de vidro (Activ GP) e um cimento à base de óxido de zinco e eugenol (Intrafill). Foram criados cinco espécimes em forma de disco (10 x 1 mm), para cada um dos materiais, de acordo com a Organização Internacional de Padronização (ISO) padrão 6876/2001. Após o preparo dos materiais, as radiografias foram feitas usando filmes oclusais e uma escala de

alumínio que variam de 2 a 16 mm de espessura. O aparelho de Raio X (GE1000) foi regulado a 50 Kvp, 10 mA , 18 pulsos por segundo e distância de 33,5 cm. As radiografias foram digitalizadas e a radiopacidade foi comparada com a escala de alumínio, utilizando *software* WIXWIN - 2000 (Gendex). Concluíram que os cimentos avaliados neste estudo tiveram diferentes radiopacidades. No entanto, com exceção do cimento à base de ionômero de vidro, todos os materiais tiveram valores de radiopacidade acima do mínimo recomendado pelo padrão ISO.

Bodrumlo et al. (9) avaliaram a radiopacidade de um novo cimento endodôntico, Epiphany™, em relação ao três outros cimentos endodônticos, AH 26, Sealapex e Ketac - Endo. As radiografias foram obtidas de espécimes de 1 mm de espessura de quatro cimentos endodônticos com partes de dentina, bem como escala de alumínio. A densidade radiográfica de cada amostra foi medida e correlacionada com a espessura equivalente de alumínio. Concluíram que a radiopacidade dos cimentos Epiphany™, Ketac - Endo, Sealapex e AH 26 excedeu o mínimo padrão para cimentos endodônticos. Porém o Epiphany™ tem maior radiopacidade do que a dentina. Portanto, este é adequado para cimento de uso endodôntico em termos de avaliação radiográfica.

Tanomaru-Filho et al. (19) avaliaram a radiopacidade de cimentos (MTA-Angelus branco, MTA-Angelus cinza, IRM, Super EBA e Sealer 26). Cinco corpos de prova (10 milímetros de diâmetro x 1 milímetro de espessura) foram feitos para cada material e radiografados juntamente com uma escala de alumínio variando de 2 para 16 mm. As radiografias foram digitalizadas e as radiopacidades dos cimentos comparadas à escala de alumínio com diferentes espessuras, utilizando o *software* VIXWIN 2000. Os dados foram analisados estatisticamente pelo teste ANOVA e Turkey a 5% de significância. Concluíram que os materiais retro-obturadores testados apresentaram diferentes radiopacidades, o MTA branco e cinza e o Super EBA foram os materiais menos radiopacos.

Baksi et al. (10) compararam a radiografia convencional e digital na avaliação da radiopacidade de cimentos endodônticos obturadores de canal radicular e estabeleceram a relação de valores em termos de equivalência de alumínio em métodos diferentes. Discos padrão de cinco cimentos diferentes foram expostos, juntamente com uma escala de alumínio, usando filmes convencionais e placas de fósforo oclusais. A densidade óptica dos cimentos foi avaliada por densitometria de transmissão e a média de valores de cinza foi determinada por análise digital. Os

dados foram analisados por meio da análise de duas vias de variância. Comparações aos pares foram feitas usando teste Turkey e teste t pareado. A ordem do cimento mais radiopaco para o mais radiolúcido foi a mesma para ambos os métodos; no entanto, os valores de alumínio equivalentes determinados por transmissão de densitometria foram significativamente maiores. Os valores de alumínio equivalentes dos dois métodos radiográficos foram diferentes entre 7-20%. Portanto, as Normas da Organização Internacional de Padrão (ISO) para a radiopacidade de cimentos obturadores de canal radicular precisam de modificações para sistemas digitais.

Em 2009, Gorduysus e Avcu <sup>(11)</sup> compararam a radiopacidade de oito cimentos endodônticos em relação à guta-percha e à dentina em discos padrão, e avaliaram o efeito desses cimentos na radiopacidade de obturações de canais radiculares simulados. As radiografias foram obtidas de espécimes de 1 mm de espessura de oito cimentos endodônticos (Diaket, Endion, MTA, Endofil, Roeko Seal, Sealite, sealer 26, AH Plus), guta-percha, parte de dente humano de 1 mm de espessura e escala de alumínio. Canais simulados foram utilizados para avaliar o efeito do cimento na radiopacidade das obturações radiculares. Após o alargamento dos canais simulados com instrumento Protaper, os canais radiculares foram preenchidos com estes oito cimentos sozinhos e com um único cone de guta-percha ProTaper. As radiografias de todos os canais simulados obturados foram obtidas com uma escala de alumínio. Ficou concluído que a radiopacidade dos cimentos, por si só, é mais ou menos de 3 mm de alumínio, e essa propriedade é aumentada quando os cimentos são utilizados em combinação com guta-percha. No entanto, quando os cimentos são usados em conjunto com a guta-percha, podem afetar a radiopacidade da obturação do canal radicular de acordo com o seu tipo e espessura.

Collares et al. <sup>(31)</sup> avaliaram o efeito de diferentes concentrações de hidroxiapatita nanoestruturada na radiopacidade, fluxo e espessura do filme de um cimento endodôntico experimental — um cimento experimental à base de metacrilato misturado com comonômero. Hidroxiapatita nanoestruturada/soluções de tungstato de cálcio nas proporções de 10:90, 20:80, 30:70 e 40:60 foram adicionadas para produzir o cimento. A radiopacidade foi avaliada utilizando um sistema digital e uma escala de alumínio. Os dados foram analisados usando one-way ANOVA e teste de Turkey ( $\alpha = 0,05$ ). As conclusões foram que todos os grupos

tinham níveis de radiopacidade de acordo com a norma ISO 6876 e a adição de hidroxiapatita nanoestruturada em até 40% nos cimentos endodônticos não alteraram a sua radiopacidade.

Em 2012, Akcay et al. <sup>(21)</sup> compararam a radiopacidade de cinco materiais obturadores em filmes E-speed digitalizados, placas armazenamento de fósforo e imagens do sensor CCD. A radiopacidade de cones de Resilon e Epiphany, MM - Seal, EndoREZ e AH Plus foram investigadas. Dez placas de acrílico foram preparadas e preenchidas com os materiais. As amostras foram radiografadas em conjunto com as amostras de dentina e uma escala de alumínio. As imagens foram obtidas com filmes E-speed, placas de armazenamento de fósforo DIGORA e sensor Schick CDR CCD. As radiografias convencionais foram digitalizadas usando um *scanner* de mesa. A média de valores de cinza dos materiais, escala de alumínio e dentina foi medida usando a função de análise de histograma do *software* Photoshop 7.0. Um gráfico de densidade radiográfica contra espessura do alumínio foi desenhado para cada imagem a partir da qual as densidades radiográficas dos materiais foram determinadas em relação à espessura do alumínio. A média foi calculada e os dados foram analisados por meio de testes ANOVA e testes de Bonferroni. Houve diferenças significantes entre as técnicas de obtenção da imagem. Todos os materiais tiveram radiopacidade acima de 3 mm de alumínio. A radiopacidade dos cones de Resilon e do cimento Epiphany foi significativamente maior nas radiografias digitais comparadas às radiografias digitalizadas de filmes E-speed. A conclusão deste estudo foi que a escolha do sistema de imagem pode afetar medidas de radiopacidade. É possível que a radiopacidade registrada em filmes tradicionais digitalizados não seja a mesma da radiopacidade registrada em um sensor digital.

Candeiro et al. <sup>(22)</sup> avaliaram as propriedades físico-químicas de um cimento obturador de canal radicular à base de biocerâmica, Endosequence BC Sealer. A radiopacidade foi analisada e o resultado foi comparado com o cimento AH Plus. A radiopacidade foi avaliada de acordo com as normas ISO 6876/2001. Para a análise da radiopacidade, anéis metálicos com 10 mm de diâmetro e 1 mm de espessura foram preenchidas com os cimentos. Os valores da radiopacidade foram determinados de acordo com a densidade radiográfica (mm Al). O cimento endodôntico de biocerâmica mostrou radiopacidade (3.84 Al mm) significativamente

mais baixa do que a de AH Plus (6,90 mm Al). Endosequence BC mostrou radiopacidade de acordo com as recomendações ISO 6876/2001.

Em 2013, Silva et al. <sup>(23)</sup> avaliaram a citotoxicidade, radiopacidade, pH, e o escoamento de um cimento endodôntico à base de silicato de cálcio e um cimento endodôntico à base de resina epóxi, MTA Fillapex (Angelus, Londrina, PR, Brasil) e AH Plus (Dentsply, Konstanz, Alemanha), respectivamente. A Citotoxicidade, radiopacidade e avaliação escoamento foram realizadas seguindo as exigências da ISO. Embora o AH Plus tenha apresentado maior radiopacidade do que o MTA Fillapex ( $P < 0,05$ ), ambos os cimentos apresentaram valores mínimos exigidos.

Cavenago et al. <sup>(24)</sup> avaliaram a radiopacidade, tempo de presa, nível de pH, liberação de íons cálcio e solubilidade do MTA (Angelus, Londrina, PR, Brasil) com diferentes proporções de pó/água. Foram preparados três grupos de MTA usando as proporções pó/água 4: 1, 3: 1 e 2: 1. Para a análise de radiopacidade, espécimes de 10 mm de diâmetro por 1 mm de espessura foram dispostos em filmes oclusais com um cilindro de dentina e uma escala de alumínio. As radiografias digitalizadas foram avaliadas com o *software* Digora 1.51 para determinar a densidade radiográfica. Eles concluíram que radiopacidade foi maior ( $P < 0,05$ ) quando utilizada a proporção 4: 1 e que a proporção pó/água do MTA interferiu significativamente em todas as propriedades físicas e químicas estudadas neste trabalho.

Viapiana et al. <sup>(25)</sup> avaliaram as propriedades físico-químicas e mecânicas de cimentos experimentais (ES) à base de cimento de Portland com agentes radiopacificadores diferentes (óxido de zircônio e óxido de nióbio, micro/nanopartículas) em comparação com os seguintes cimentos convencionais: AH Plus, MTA Fillapex e Sealapex. Os cimentos experimentais (ES) tiveram valores de radiopacidade inferiores ( $P < 0,05$ ) aos cimentos convencionais.

Sonntag et al. <sup>(12)</sup> compararam determinadas propriedades físico-químicas e propriedades biológicas de um cimento experimental com dois cimentos comercialmente disponíveis. AH Plus e EasySeal foram usados como cimentos modelos à base de amina epóxi comercialmente disponíveis. Eles foram misturados como indicado pelo fabricante. Os dois componentes do cimento experimental EvoSeal A foram misturados 1:1 vol%. A radiopacidade foi medida em um experimento comparando a radiopacidade do cimento ao de uma escala de alumínio. EvoSeal teve uma radiopacidade significativamente maior do que o

EasySeal ( $P \leq 0,001$ ), mas valores significativamente mais baixos do que o AH Plus ( $P \leq 0,001$ ).

Guimarães et al. <sup>(32)</sup> analisaram a alteração de cor, características químicas e radiopacidade do MTA manipulado com dois veículos diferentes após a imersão no sangue ou na água destilada (DW). O MTA foi misturado com 100% de água destilada e com 80% de água destilada mais 20% de propilenoglicol (PG). Os espécimes foram colocados em anéis de borracha e incubados a 37° C e 100% de umidade relativa até a presa. A análise de radiopacidade foi realizada utilizando testes não paramétricos de Kruskal-Wallis e Dunn ( $P < 0,05$ ). Foi observada uma diminuição na radiopacidade ao longo do tempo em todos os grupos, com uma diferença estatisticamente significativa após 30 dias para grupos DW imersos no sangue e 80% DW / 20% imersos em ambos os meios ( $P < 0,05$ ).

### 3 OBJETIVO

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Comparar, por meio de modelo experimental *in vitro*, diferentes métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas quanto à determinação da radiopacidade de diferentes cimentos endodônticos.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar a radiopacidade dos cimentos obturadores AH Plus, EndoRez, EndoSequence BC, Gutta Flow, MTA Fillapex e Pulp Canal Sealer.
- Comparar métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas que fazem uso de película radiográfico e placas de fósforo; processamento por meio convencional e *scanner*; e análise pelo densitômetro óptico e pelos *softwares Adobe Photoshop CC, Digora for Windows 1.5.1 e Scanora* quanto à determinação da radiopacidade de cimentos endodônticos.

## 4 MÉTODOS

### 4.1 CIMENTOS ENDODÔNTICOS ESTUDADOS

Para a realização deste estudo, foram utilizados cimentos endodônticos à base de óxido de zinco e eugenol (Pulp Canal Sealer), à base de resina epóxica (AH Plus), de cura dual à base de resina de metacrilato (EndoREZ), à base de polidimetilsiloxano (GuttaFlow) e à base de silicato de cálcio (MTA Fillapex e EndoSequence BC). Os cimentos endodônticos testados, bem como a sua composição e o respectivo fabricante, estão listados na Tabela 1 e apresentados na Figura 1.

Todos os cimentos utilizados foram manipulados de acordo com as recomendações do fabricante.

Tabela 1 - Descrição dos cimentos endodônticos utilizados nesse estudo

Cimento	Composição	Fabricante
AH Plus™	<b>Pasta A:</b> éter de bisfenol A diglicidil, tungsteanato de cálcio, óxido de zinco, aerosil e óxido de ferro. <b>Pasta B:</b> amina adamantada, N,N-dibenzil-5-oxanonano-diamina-1,9, TCD-diamina, tungsteanato de cálcio, óxido de zircônia, aerosil e óleo de silicone.	Dentsply DeTrey (Konstanz, Alemanha)
EndoREZ® *	Monômero hidrofílico de uretano dimetacrilato (UDMA).	Ultradent Products Inc (South Jordan, Utah, EUA)
EndoSequence® BC *	Óxido de zircônio, silicatos de cálcio, fosfato de cálcio, hidróxido de cálcio e agentes espessantes.	Brasseler USA Dental (Savannah, Georgia, EUA)
GuttaFlow® *	<b>Pó:</b> guta-percha, óxido de zinco, sulfato de bário. <b>Resina:</b> polidimetilsiloxano, óleo de silício, azeite de parafina, dióxido de zircônia, catalisador de platina, pigmentos corantes, prata nanoscópica.	Coltène/Whaledent (Altstätten, Suíça)
MTA Fillapex *	<b>Pasta A:</b> combinação de trióxidos minerais, como óxido de alumínio, óxido férrico, óxido de enxofre e óxido de bismuto, com outras partículas minerais hidrofílicas. <b>Pasta B:</b> composição à base de dissalicilato.	Ângelus Ind. Prod. Odontológicos (Londrina, PR, Brasil)
Pulp Canal Sealer™	<b>Pó:</b> prata precipitada, óxido de zinco, resina, iodeto timo. <b>Líquido:</b> eugenol.	Kerr/Sybron Co., Ltd. (Romulus, Michigan, EUA)

\* O cimento GuttaFlow® apresenta-se em cápsula pré-dosada e os cimentos EndoREZ®, EndoSequence® BC e MTA Fillapex apresentam-se em seringa.





Figura 1. Cimentos endodônticos utilizados: A) AH Plus, B) EndoRez, C) EndoSequence BC, D) Gutta Flow, E) MTA Fillapex e F) Pulp Canal Sealer

O cimento Pulp Canal Sealer apresenta-se na forma pó-líquido; AH Plus e MTA Fillapex na forma pasta/pasta, o Gutta Flow na forma de cápsulas pré-dosadas, que são ativadas com auxílio de instrumentos próprios e o EndoREZ e EndoSequence BC na forma de seringa.

#### 4.2 RADIOPACIDADE

Este estudo utilizou o protocolo da Especificação nº. 57 da ANSI/ADA (2012) para avaliação da propriedade físico-química de radiopacidade dos cimentos acima descritos.

Para a realização deste teste, foram confeccionadas placas de acrílico de 2,2 cm de largura, 4,5 cm de comprimento e 1 mm de espessura. Cada placa apresentava seis perfurações com 5 mm de diâmetro interno (Figura 2A). As placas de acrílico foram, então, preenchidas com silicone de adição para evitar que o cimento de uma perfuração não escoasse para outra perfuração e depois colocadas sobre uma placa de vidro recoberta por papel celofane.

Cada perfuração da placa de acrílico foi preenchida com um dos cimentos testados (Figura 2B) e sobre elas foi colocada uma segunda placa de vidro, também

recoberta por papel celofane. Todo esse conjunto foi pressionado manualmente de forma que o excesso de cimento extravasasse e, dessa forma, obtivesse uma amostra de 1 mm de espessura por 5 mm de diâmetro, de cada cimento.

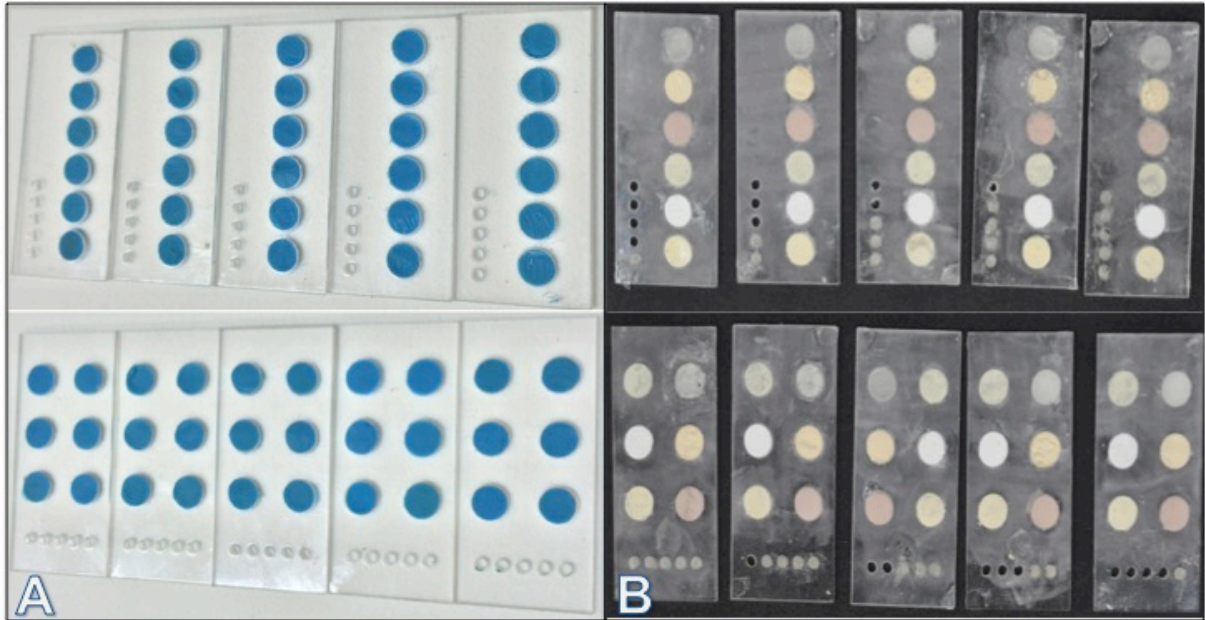


Figura 2. A) Placa de acrílico (2,2 cm de largura x 4,5 cm de comprimento x 1 mm de espessura) com seis perfurações (5 mm de diâmetro interno), preenchidas com silicona de adição para evitar que o cimento de uma perfuração escoasse para outra perfuração; B) Placa de acrílico preenchida com os cimentos utilizados

Os conjuntos foram levados à estufa a 37°C e 95% de umidade relativa, por um período equivalente a três vezes o tempo de presa de cada cimento testado. Cada perfuração foi preenchida com um dos cimentos, seguindo uma sequência baseada no intervalo de tempo de presa do material, sendo, essa ordem do intervalo, do mais longo para o mais curto. Dessa forma, as amostras ficaram prontas para a avaliação radiográfica, simultaneamente.

Uma segunda placa de acrílico de 1,3 cm de largura e 4,5 cm de comprimento com 1 mm de espessura também foi confeccionada, porém, agora, com o objetivo de estabilizar uma escala de alumínio 99% (liga 1100), com espessura variada de 1 a 10 mm, na forma de um penetrômetro com degraus uniformes.

Para se obter a imagem radiográfica das amostras dos cimentos testados e da escala de alumínio, utilizou-se um aparelho de Raios X Spectro 70X (Dabi

Atlante, Ribeirão Preto, SP, Brasil), de 70 kVp, com 8 mA. Os tempos de exposição foram de 0,5 s para o método convencional e 0,2 s para os métodos digitais.

Para a estabilização da corrente elétrica que alimenta o aparelho de Raios x, utilizou-se um estabilizador EXS 30008 Enermax Inside (Winparts Com. Ind. Imp. Exp. Ltda, Varginha, MG, Brasil).

Foram preparadas dez placas de acrílico que, preenchidas com os seis diferentes cimentos, resultaram em dez amostras. Essas mesmas dez amostras foram utilizadas em cada um dos seis grupos experimentais, constituídos, cada um, por um método diferente de aquisição e análise de imagens radiográficas na determinação da radiopacidade dos cimentos.

Para facilitar a visualização e o entendimento sobre quais foram esses seis grupos experimentais, os mesmos foram descritos abaixo:

G1- Método convencional (MC) com uso de filme radiográfico + processamento químico (PQ) + análise pelo densitômetro óptico (DS);

G2- MC com uso de filme radiográfico + escaneamento do filme + análise pelo Adobe Photoshop CC (APH);

G3- Método digital (MD) com uso de sensor radiográfico digital + processamento pelo Digora for Windows 1.5.1 (DW) + análise pelo DW;

G4- MD com uso de sensor radiográfico digital + processamento pelo DW + análise pelo APH;

G5- MD com uso de sensor radiográfico digital + processamento pelo Scanora (SN) + análise pelo APH;

G6- MD com uso de sensor radiográfico digital + processamento pelo DW + impressão em filme radiográfico + análise pelo DS.

## **4.2.1 Métodos de Aquisição da Imagem Radiográfica**

### **4.2.1.1 Método Convencional de Aquisição**

Cada amostra foi colocada em frente a um filme radiográfico AGFA E-speed (Heraeus Kulzer, São Paulo, SP, Brasil), com uma distância foco-objeto de 30 cm, e em conjunto com a amostra foi colocada a placa de acrílico contendo o penetrômetro de alumínio. O posicionamento do cabeçote do aparelho de Raios X à distância correta e num ângulo de 90° em relação à superfície da amostra e do penetrômetro

de alumínio foi possível por meio do uso de um dispositivo de fixação de acrílico, proposto por Silveira <sup>(37)</sup> (Figura 3). O conjunto formado pela amostra — placa de acrílico preenchida com os cimentos — e a placa de acrílico contendo o penetrômetro de alumínio, posicionadas no dispositivo de fixação, permitiu que, com uma única tomada radiográfica, fosse possível obter em uma mesma radiografia imagens dos 10 degraus do penetrômetro de alumínio (Especificação nº. 57 da ANSI/ADA) e dos seis diferentes cimentos utilizados.

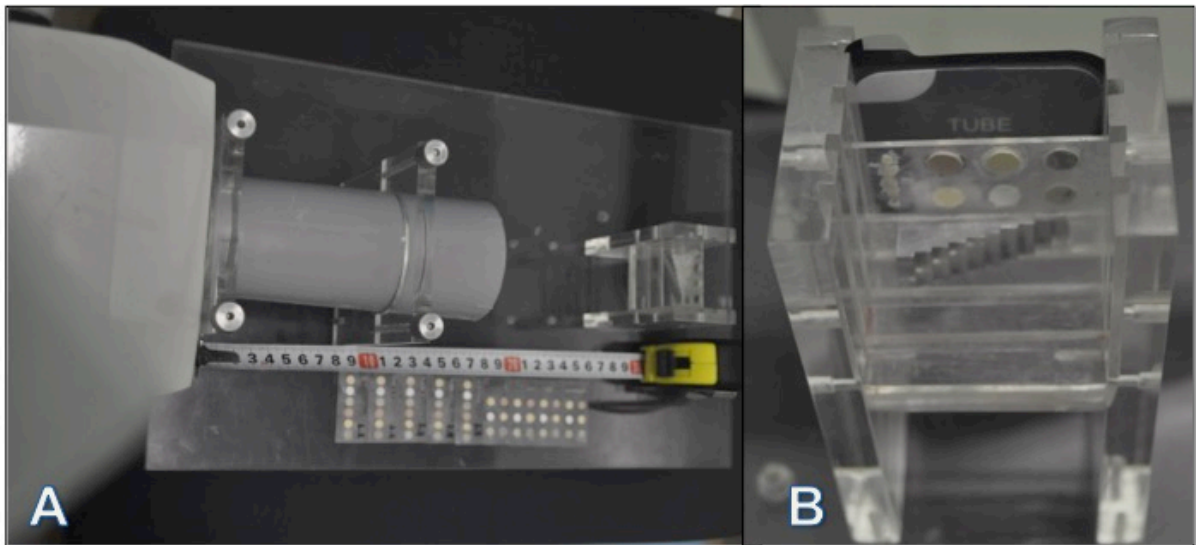


Figura 3. A) Dispositivo de fixação de acrílico. B) Mesa posicionadora do sensor digital/película radiográfica e placas de acrílico com as amostras de cimento e a escala de alumínio

Os filmes radiográficos sensibilizados, após a tomada radiográfica, foram processados quimicamente utilizando soluções de revelador e fixador para processamento manual (Kodak, São José dos Campos, SP, Brasil). O processamento manual foi realizado em câmara escura, com o uso de uma colgadura de 12 grampos. Foram imersos todos os filmes radiográficos, de uma única vez, pelo período de um minuto em solução reveladora; logo após, foram lavados por um minuto em água corrente e, posteriormente, foram imersos em solução fixadora por três minutos. Ao término desse ciclo, os filmes foram lavados por 10 minutos em água corrente e secos naturalmente. Os filmes radiográficos processados podem ser observados na Figura 4.



Figura 4. A) Tanque processador. B) Película radiográfica após o processamento químico

#### 4.2.1.2 Método Digital de Aquisição

Para o método digital de aquisição da imagem radiográfica, cada amostra foi colocada em frente a um sensor radiográfico (placa de fósforo). A distância foco-objeto de 30 cm foi mantida e, em conjunto com a amostra, foi colocada a placa de acrílico contendo o penetrômetro de alumínio. O posicionamento correto do cabeçote do aparelho de Raios X em relação à superfície da amostra também foi conseguido por meio do uso do mesmo dispositivo de fixação de acrílico proposto por Silveira <sup>(37)</sup>, utilizado no Método Convencional de Aquisição da Imagem Radiográfica. O conjunto formado pela amostra — placa de acrílico preenchida com os cimentos — e a placa de acrílico contendo o penetrômetro de alumínio, posicionadas no dispositivo de fixação, também permitiu que, com uma única tomada radiográfica, fosse possível obter em uma mesma radiografia imagens dos 10 degraus do penetrômetro de alumínio (Especificação n°. 57 da ANSI/ADA) e dos seis diferentes cimentos utilizados.

O sensor digital radiográfico de imagem sensibilizado, após a tomada radiográfica, foi introduzido na leitora óptica a laser do sistema radiográfico digital Digora (Soredex Orion Corporation, Helsinki, Finlândia), que processou a imagem. Para minimizar possíveis interferências, um mesmo sensor radiográfico foi utilizado em todas as tomadas e processamentos radiográficos realizados na parte experimental deste estudo. Uma imagem radiográfica digital pode ser observada na Figura 5.

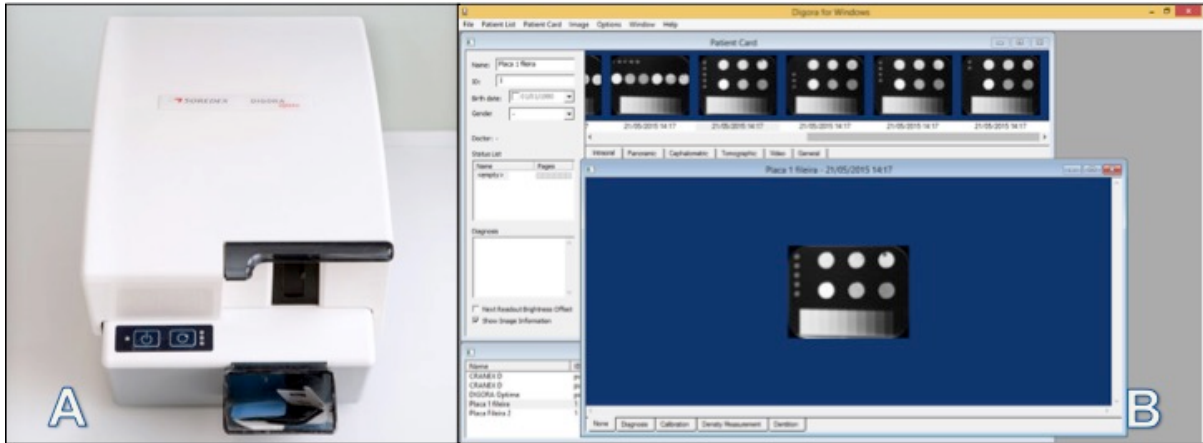


Figura 5. A) Escâner Digora. B) Imagem padrão da tela do computador após a leitura do sensor radiográfico digital pela leitora óptica do sistema Digora

## 4.2.2 Análise da Imagem Radiográfica e Determinação da Radiopacidade

### 4.2.2.1 Determinação analógica da radiopacidade por meio do fotodensitômetro óptico

As dez películas radiográficas convencionais processadas quimicamente foram analisadas com auxílio do Fotodensitômetro MRA (Indústria de Equipamentos Eletrônicos Ltda, Ribeirão Preto, SP, Brasil). O densitômetro permite determinar valores de densidade óptica num intervalo de zero a 4,00 DO, utilizando uma fonte de luz regulada, colimada por fenda, fornecida por meio de três medidas diferentes de diâmetros de aberturas de luz (1,0; 2,0 e 3,0 mm), selecionadas de acordo com a necessidade. Para leitura de DO entre 0 e 2,5 DO, foi utilizada a fenda com abertura de 1,0 mm para leitura das imagens dos cimentos e dos degraus do penetrômetro de alumínio contidos nas películas radiográficas <sup>(38)</sup>. A imagem do fotodensitômetro durante a mensuração da densidade óptica pode ser observada na Figura 6.

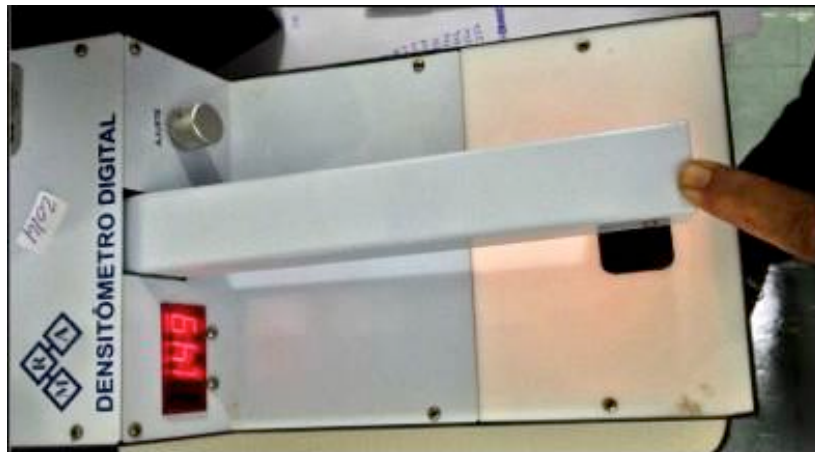


Figura 6. Densitômetro óptico utilizado para mensurar a densidade óptica

#### 4.2.2.2 Escaneamento das películas radiográficas e determinação digital da radiopacidade por meio do *software* Adobe Photoshop CC

As películas radiográficas convencionais processadas quimicamente foram escaneadas no escâner Epson (Epson do Brasil Indústria e Comércio LTDA, Tamboré, SP, Brasil) e as imagens salvas, com resolução de 400 dpi e tamanho original, em uma pasta. As imagens foram analisadas no *software Photoshop CC* (Adobe Systems Incorporated, San Jose, CA, EUA). A descrição do passo a passo no *software Photoshop CC* foi a seguinte: clicou-se na aba superior [ARQUIVO]; em seguida, em [ABRIR]; procurou-se a pasta e selecionaram-se as imagens. Ao abrir uma janela de nome [PERFIL AUSENTE], clicou-se em [OK]. Na aba superior [JANELA], localizou-se a ferramenta [HISTOGRAMA], na janela [HISTOGRAMA], clicou-se na seta à direita que está circulada em detalhe na (Figura 7) e selecionou-se [VISUALIZAÇÃO EXPANDIDA]. Com o cursor, foi determinada uma área de 2 mm<sup>2</sup> (44,5 x 44,5 pixels), utilizada para cada amostra das imagens radiográficas dos cimentos. O valor da densidade de intensidade de pixel (DIP) apareceu na janela [HISTOGRAMA] com o nome média.

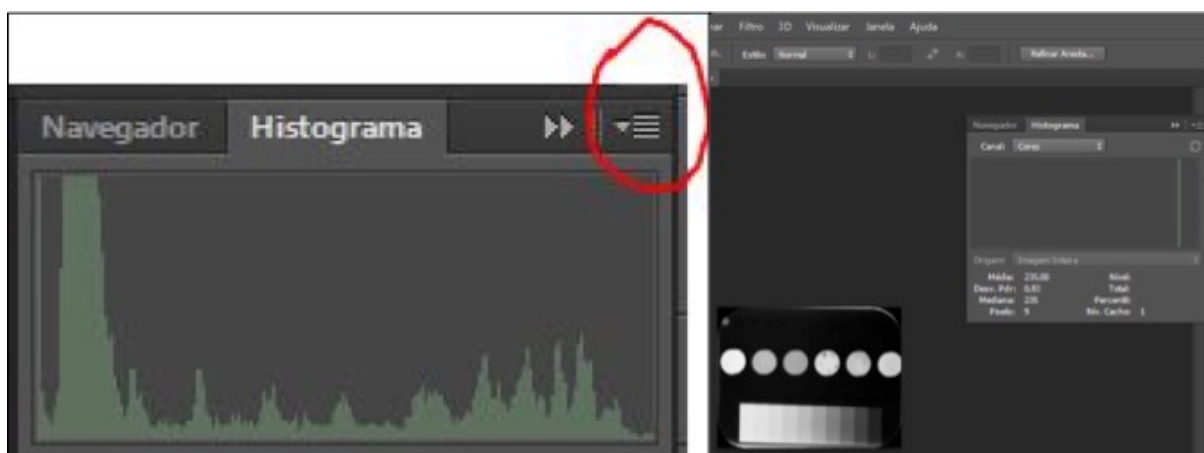


Figura 7. Imagem da tela do computador durante a análise pelo *software Photoshop CC* para determinação da densidade de intensidade de pixel. Detalhe circulado em vermelho, mostra onde se deve clicar para chegar na ferramenta de mensuração

#### 4.2.2.3 Processamento e determinação digitais da radiopacidade por meio do *software Digora for Windows*

O sensor digital sensibilizado foi escaneado no escâner Digora (Soredex, Milwaukee, WI, EUA) e a imagem foi processada e analisada pelo *software Digora for Windows*. A descrição do passo a passo no *software Digora for Windows* (DFW) foi a seguinte: uma vez no programa DFW, clicou-se na aba [PATIENT CARD], selecionou-se a opção [NEW] e nomeou-se o paciente. Fez-se a leitura do sensor digital e as imagens geradas foram salvas na pasta do paciente, já renomeada. Clicou-se duas vezes na imagem processada e, na aba inferior da janela, clicou-se em [DENSITY MEASUREMENT]. Com o cursor em cima da parte da amostra escolhida, o valor da densidade apareceu em [VALOR DENSITY], conforme Figura 8.



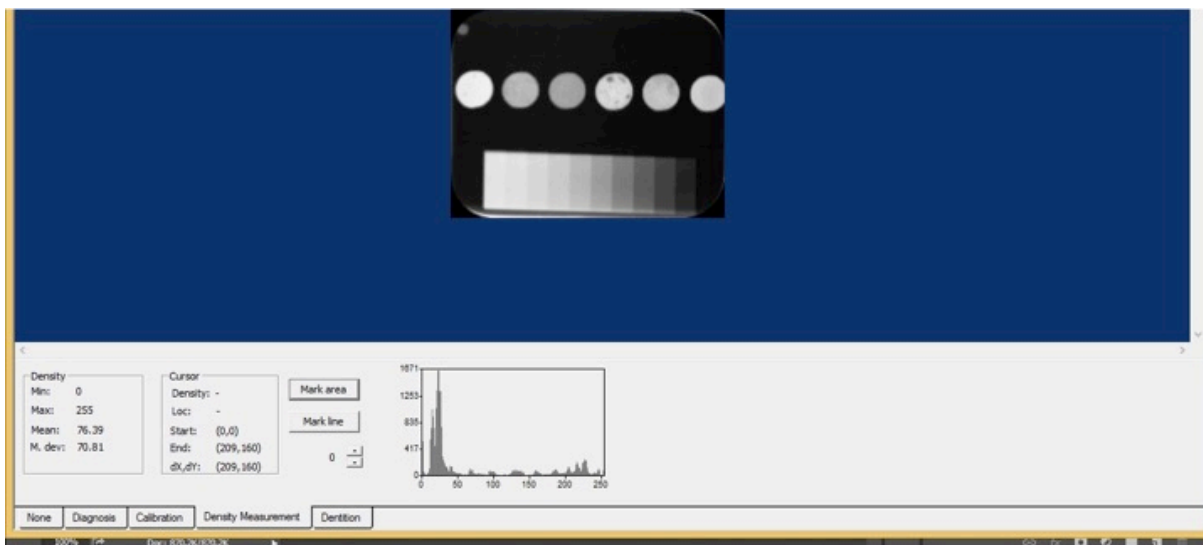


Figura 8. Imagem da tela do computador durante análise pelo software *Digora for Windows* para determinação da densidade de intensidade de pixel (DIP)

#### 4.2.2.4 Processamento digital por meio do *software* Digora for Windows e determinação digital da radiopacidade por meio do *software* Adobe PhotoShop CC

O sensor digital sensibilizado foi escaneado no escâner Digora (Soredex, Milwaukee, WI, EUA), a imagem foi processada pelo *software* *Digora for Windows* e a análise realizada pelo *software* *Photoshop CC*. A descrição do passo a passo nos *softwares* *Digora for Windows* (DFW) e *Photoshop CC* foi a seguinte: no programa DFW, clicou-se na aba [PATIENT CARD], selecionou-se a opção [NEW] e nomeou-se o paciente. Fez-se a leitura do sensor digital e as imagens geradas foram salvas na pasta do paciente, já renomeada. Na aba [IMAGE], clicou-se em [EXPORT] e salvou-se a imagem em uma pasta. No *Photoshop CC*, clicou-se na aba superior [ARQUIVO], depois em [ABRIR], procurou-se a pasta das imagens e selecionou-se a imagem. Ao abrir uma janela de nome [PERFIL AUSENTE], clicou-se em [OK]. Na aba superior [JANELA], localizou-se a ferramenta [HISTOGRAMA]. Na janela [HISTOGRAMA], clicou-se na seta à direita (Figura 9) e selecionou-se [VISUALIZAÇÃO EXPANDIDA]. Com o cursor, foi determinada uma área de 2 mm<sup>2</sup> (44,5 x 44,5 pixels), utilizada para cada amostra nas imagens radiográficas dos cimentos. O valor da densidade de intensidade de pixel (DIP) apareceu na janela [HISTOGRAMA] com o nome média.

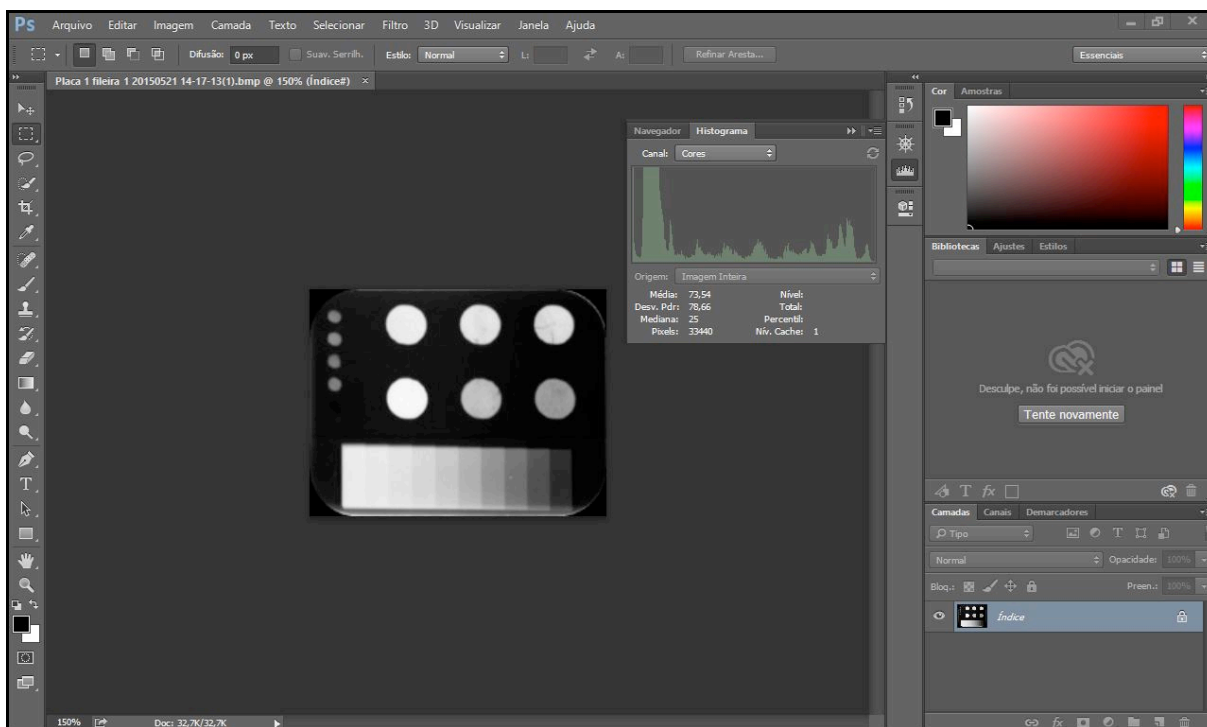


Figura 9. Imagem da tela do computador durante análise pelo software *Photoshop CC* para determinação da densidade de intensidade de pixel (DIP)

#### 4.2.2.5 Processamento digital por meio do *software* Scanora e determinação digital da radiopacidade por meio do *software* Adobe PhotoShop CC

O sensor digital sensibilizado foi escaneado no escâner Digora (Soredex, Milwaukee, WI, EUA), a imagem foi processada pelo *software* Scanora (Soredex, Milwaukee, WI, EUA) e a análise realizada pelo *software* *Photoshop CC*. A descrição do passo a passo no *software* *Photoshop CC* foi a seguinte: a imagem foi exportada em formato JPEG para uma pasta. No *Photoshop CC*, clicou-se na aba superior [ARQUIVO], depois em [ABRIR], procurou-se a pasta das imagens e selecionou a imagem. Ao abrir uma janela de nome [PERFIL AUSENTE], clicou-se em [OK]. Na aba superior [JANELA], localizou-se a ferramenta [HISTOGRAMA]. Na janela [HISTOGRAMA], clicou-se na seta à direita e selecionou-se [VISUALIZAÇÃO EXPANDIDA]. Com o cursor foi determinada uma área de 2 mm<sup>2</sup> (44,5 x 44,5 pixels), utilizada para cada amostra nas imagens radiográficas dos cimentos. O valor da densidade de intensidade de pixel (DIP) apareceu na janela [HISTOGRAMA] com o nome média.

4.2.2.6 Processamento digital por meio do *software* Digora for Windows, impressão em filme radiográfico e determinação analógica da radiopacidade por meio do fotodensitômetro

O sensor digital sensibilizado foi escaneado no escâner Digora (Soredex, Milwaukee, WI, EUA) e a imagem foi processada e analisada pelo *software Digora for Windows*. A imagem digital obtida foi então impressa em papel radiográfico e analisada pelo fotodensitômetro óptico MRA (Indústria de Equipamentos Eletrônicos Ltda, Ribeirão Preto, SP, Brasil).

### 4.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Com a análise das dez películas radiográficas no densitômetro óptico, foi possível obter dez valores de densidades ópticas (DO) das imagens, tanto dos cimentos testados quanto dos degraus do penetrômetro de alumínio. Esses valores de DO expressam radiopacidade. Para determinar a radiopacidade de cada cimento testado e de cada degrau do penetrômetro de alumínio, calculou-se a média aritmética dos valores médios das densidades ópticas, obtendo-se um valor único, sendo este o resultado final para cada cimento testado e cada degrau do penetrômetro.

Já a análise das dez imagens radiográficas digitais obtidas a partir de um mesmo sensor radiográfico digital permitiu obter dez valores de densidades radiográficas (DR) das imagens tanto dos cimentos testados quanto dos degraus do penetrômetro de alumínio. Esses valores de DR também expressam radiopacidade, assim como os valores de DO obtidos por meio do densitômetro óptico. Dessa forma, para também determinar a radiopacidade de cada cimento testado e de cada degrau do penetrômetro de alumínio, calculou-se a média aritmética dos valores médios das densidades radiográficas, obtendo-se um valor único, sendo este o resultado final para cada cimento testado e cada degrau do penetrômetro.

De posse de todos os dados de radiopacidade, expressos tanto em DO quanto em DR, estes foram transformados em suas respectivas equivalências de milímetros de alumínio para que os testes estatísticos preliminares pudessem ser aplicados para verificar a normalidade da distribuição amostral. Foram aplicados os testes estatísticos de Análise de Variância (ANOVA) para verificar a diferença entre

os seis métodos e os seis cimentos testados, além do teste complementar de Games-Howell, para também verificar a diferença entre os métodos e os cimentos, com nível de significância de 5% ( $\alpha=0,05$ ). O teste de correlação de Pearson também foi aplicado com o objetivo de verificar a existência de correlação entre os métodos testados. O Software utilizado foi o Statistical Package for Social Science for Windows (SPSS).

#### 4.4 INFRAESTRUTURA PARA EXECUÇÃO DA PESQUISA

O teste piloto foi realizado na Clínica de Radiologia Fenelon, em Brasília, e na Clínica CEDO, em Ribeirão Preto.

O presente estudo foi executado no Laboratório de Biomateriais do Curso de Odontologia da Universidade de Brasília, em conjunto com o Laboratório de Pesquisa em Odontologia da Universidade de Ribeirão Preto - UNAERP.

## 5- RESULTADOS

Os valores médios de radiopacidade, incluindo os desvios padrões, dos seis cimentos endodônticos determinados por meio de cada um dos seis métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas, estão representados na Tabela 2.

Tabela 2 - Médias dos valores de radiopacidade (desvios padrões) dos cimentos, determinadas por meio de cada um dos métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas, em densidade óptica (DO) e densidade de intensidade de pixel (DIP)

Cimentos	Métodos para determinação da radiopacidade					
	G1 MC-PQ-DS DO	G2 MC- scanner- APH DR	G3 MD-DW- DW DR	G4 MD-DW- APH DR	G5 MD-SN- APH DR	G6 MD-DW- impressão -DS DO
<b>AH Plus</b>	<b>68,9</b> (13,3)	<b>150,7</b> (37,7)	<b>245,4</b> (2,9)	<b>244,9</b> (2,8)	<b>244,6</b> (2,8)	<b>25,2</b> (2,7)
<b>EndoSequence BC</b>	<b>112,8</b> (12,3)	<b>82,8</b> (22,0)	<b>196,0</b> (6,3)	<b>195,8</b> (5,9)	<b>195,3</b> (6,1)	<b>50,1</b> (7,8)
<b>MTA Fillapex</b>	<b>142,2</b> (4,6)	<b>63,8</b> (16,8)	<b>139,0</b> (5,3)	<b>139,1</b> (4,3)	<b>138,8</b> (4,1)	<b>78,2</b> (3,6)
<b>Gutta Flow</b>	<b>87,4</b> (12,9)	<b>129,3</b> (34,6)	<b>230,3</b> (5,0)	<b>229,5</b> (5,2)	<b>230,3</b> (5,1)	<b>31,5</b> (3,6)
<b>EndoREZ</b>	<b>92,9</b> (7,5)	<b>118,0</b> (25,5)	<b>214,9</b> (9,8)	<b>214,4</b> (9,7)	<b>214,2</b> (10,2)	<b>38,6</b> (5,0)
<b>Pulp Canal Sealer</b>	<b>91,7</b> (11,0)	<b>121,0</b> (32,1)	<b>213,3</b> (8,9)	<b>212,9</b> (8,5)	<b>212,8</b> (7,9)	<b>41,4</b> (4,6)

Para facilitar a visualização e o entendimento sobre quais foram esses seis grupos experimentais, os mesmos estão descritos abaixo:

G1- Método convencional (MC) com uso de filme radiográfico + processamento químico (PQ) + análise pelo densitômetro óptico (DS);

G2- MC com uso de filme radiográfico + escaneamento do filme + análise pelo Adobe Photoshop CC (APH);

G3- Método digital (MD) com uso de sensor radiográfico digital + processamento pelo Digora for Windows 1.5.1 (DW) + análise pelo DW;

G4- MD com uso de sensor radiográfico digital + processamento pelo DW + análise pelo APH;

G5- MD com uso de sensor radiográfico digital + processamento pelo Scanora (SN) + análise pelo APH;

G6- MD com uso de sensor radiográfico digital + processamento pelo DW + impressão em filme radiográfico + análise pelo DS.

Inicialmente, foi realizada a comparação dos dados de radiopacidade dos cimentos endodônticos para cada um dos métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas, separadamente. Para isso, foram utilizados os valores originais de densidade óptica (DO) e densidade de intensidade de pixel (DIP) determinados pelos métodos.

Como a distribuição amostral foi normal, porém não homogênea, realizou-se a Análise de Variância para cada um dos métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas, separadamente, que demonstrou diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,01$ ) entre os cimentos endodônticos testados (Tabelas 3, 4, 5, 6, 7 e 8).

Tabela 3 - Análise da Variância da densidade óptica (DO), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G1 - MC-PQ-DS

<b>Causas da Variação</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Probabilidade</b>
<b>Cimentos</b>	31871,483	5	6374,297	55,026	,000
<b>Resíduo</b>	6255,500	54	115,843		
<b>Total</b>	38126,983	59			

Tabela 4 - Análise da Variância da densidade de intensidade de pixel (DIP), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G2 - MC-scanner-APH

<b>Causas da Variação</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Probabilidade</b>
<b>Cimentos</b>	50830,333	5	10166,067	12,039	,000
<b>Resíduo</b>	45597,400	54	844,396		
<b>Total</b>	96427,733	59			

Tabela 5 - Análise da Variância da densidade de intensidade de pixel (DIP), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G3 - MD-DW-DW

<b>Causas da Variação</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Probabilidade</b>
<b>Cimentos</b>	68629,483	5	13725,897	297,491	,000
<b>Resíduo</b>	2491,500	54	46,139		
<b>Total</b>	71120,983	59			

Tabela 6 - Análise da Variância da densidade de intensidade de pixel (DIP), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G4 - MD-DW-APH

<b>Causas da Variação</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Probabilidade</b>
<b>Cimentos</b>	67632,200	5	13526,440	319,914	,000
<b>Resíduo</b>	2283,200	54	42,281		
<b>Total</b>	69915,400	59			

Tabela 7 - Análise da Variância da densidade de intensidade de pixel (DIP), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G5 - MD-SN-APH

Causas da Variação	S.Q.	G.L.	Q.M.	Valor F	Probabilidade
<b>Cimentos</b>	68242,600	5	13648,520	323,623	,000
<b>Resíduo</b>	2277,400	54	42,174		
<b>Total</b>	70520,000	59			

Tabela 8 - Análise da Variância da densidade óptica (DO), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G6 - MD-DW-impressão-DS

Causas da Variação	S.Q.	G.L.	Q.M.	Valor F	Probabilidade
<b>Cimentos</b>	17522,933	5	3504,587	150,987	,000
<b>Resíduo</b>	1253,400	54	23,211		
<b>Total</b>	18776,333	59			

Com o intuito de esclarecer quais cimentos apresentaram valores de radiopacidade diferentes entre si — para cada um dos métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas, porém sabendo-se que as variâncias não foram homogêneas —, o teste estatístico mais recomendado foi o teste de Games-Howell, sendo, portanto, aplicado.

Quando a radiopacidade foi determinada por meio do método G1 - MC-PQ-DS, o cimento AH Plus ( $68,9 \pm 13,3$ ) apresentou a menor média de DO entre todos os cimentos estudados ( $p < 0,05$ ), seguido dos cimentos EndoREZ ( $92,9 \pm 7,5$ ), Pulp Canal Sealer ( $91,7 \pm 11,0$ ) e Gutta Flow ( $87,4 \pm 12,9$ ), com valores de DO estatisticamente semelhantes entre si ( $p > 0,05$ ). Na sequência ascendente, apresentou-se o cimento EndoSequence BC ( $112,8 \pm 12,3$ ), estatisticamente diferente dos demais cimentos estudados ( $p < 0,05$ ). Já o cimento MTA Fillapex ( $142,2 \pm 4,6$ ) apresentou a maior média de DO ( $p < 0,05$ ) (Tabela 9). Ressalta-se que, para a análise da densidade óptica, quanto menor o valor de DO, maior o nível de radiopacidade do material.

Tabela 9 - Teste de Games-Howell: densidade óptica (DO) dos cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G1 - MC-PQ-DS

Cimentos endodônticos	Média e DP
AH Plus	<b>68,9 ± 13,3 a</b>
EndoSequence BC	<b>112,8 ± 12,3 c</b>
MTA Fillapex	<b>142,2 ± 4,6 d</b>
Gutta Flow	<b>87,4 ± 12,9 b</b>
EndoREZ	<b>92,9 ± 7,5 b</b>
Pulp Canal Sealer	<b>91,7 ± 11,0 b</b>

Letras iguais indicam valores estatisticamente semelhantes ( $p > 0,05$ ).

Para a determinação da radiopacidade por meio do método G2 - MC-scanner-APH, os cimentos AH Plus ( $150,7 \pm 37,7$ ), Gutta Flow ( $129,3 \pm 34,6$ ), Pulp Canal Sealer ( $121,0 \pm 32,1$ ) e EndoREZ ( $118,0 \pm 25,5$ ) apresentaram as maiores médias

de DR, porém, somente os cimentos AH Plus e Gutta Flow foram estatisticamente diferentes dos demais cimentos estudados ( $p < 0,05$ ). Os cimentos Pulp Canal Sealer e EndoREZ, apesar dos elevados valores de DR, apresentaram valores estatisticamente semelhantes ( $p > 0,05$ ) ao cimento EndoSequence BC, que apresentou média intermediária de DR ( $82,8 \pm 22,0$ ). Já o cimento MTA Fillapex ( $63,8 \pm 16,8$ ), apesar de apresentar a menor média de DR, foi estatisticamente semelhante ( $p > 0,05$ ) ao EndoSequence BC e diferente ( $p < 0,05$ ) do Pulp Canal Sealer e do EndoREZ (Tabela 10).

Tabela 10 - Teste de Games-Howell: densidade de intensidade de pixel (DIP) dos cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G2 - MC-scanner-APH

<b>Cimentos endodônticos</b>	<b>Média e DP</b>
AH Plus	<b>150,7 <math>\pm</math> 37,7 a</b>
EndoSequence BC	<b>82,8 <math>\pm</math> 22,0 b,c</b>
MTA Fillapex	<b>63,8 <math>\pm</math> 16,8 c</b>
Gutta Flow	<b>129,3 <math>\pm</math> 34,6 a</b>
EndoREZ	<b>118,0 <math>\pm</math> 25,5 a,b</b>
Pulp Canal Sealer	<b>121,0 <math>\pm</math> 32,1 a,b</b>

Letras iguais indicam valores estatisticamente semelhantes ( $p > 0,05$ ).

Quando o método G3 - MD-DW-DW foi utilizado para determinar a radiopacidade, o cimento AH Plus ( $245,4 \pm 2,9$ ) apresentou a maior média de DR entre todos os estudados ( $p < 0,05$ ), seguido do Gutta Flow ( $230,3 \pm 5,0$ ), com valores de DR estatisticamente diferentes entre si ( $p < 0,05$ ). Os cimentos EndoREZ e Pulp Canal Sealer apresentaram valores intermediários de DR ( $214,9 \pm 9,8$  e  $213,3 \pm 8,9$ , respectivamente), estatisticamente semelhantes entre si ( $p > 0,05$ ). Na sequência descendente, apresentou-se o cimento EndoSequence BC ( $196,0 \pm 6,3$ ), estatisticamente diferente dos demais estudados ( $p < 0,05$ ). Já o MTA Fillapex ( $139,0 \pm 5,3$ ) apresentou a menor média de DR ( $p < 0,05$ ) (Tabela 11).

Tabela 11 - Teste de Games-Howell: densidade de intensidade de pixel (DIP) dos cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G3 - MD-DW-DW

<b>Cimentos endodônticos</b>	<b>Média e DP</b>
AH Plus	<b>245,4 <math>\pm</math> 2,9 a</b>
EndoSequence BC	<b>196,0 <math>\pm</math> 6,3 d</b>
MTA Fillapex	<b>139,0 <math>\pm</math> 5,3 e</b>
Gutta Flow	<b>230,3 <math>\pm</math> 5,0 b</b>
EndoREZ	<b>214,9 <math>\pm</math> 9,8 c</b>
Pulp Canal Sealer	<b>213,3 <math>\pm</math> 8,9 c</b>

Letras iguais indicam valores estatisticamente semelhantes ( $p > 0,05$ ).



Quando a radiopacidade foi determinada por meio do método G4 - MD-DW-APH, o cimento AH Plus ( $244,9 \pm 2,8$ ) apresentou a maior média de DR entre todos os estudados ( $p < 0,05$ ), seguido do Gutta Flow ( $229,5 \pm 5,2$ ), com valores de DR estatisticamente diferentes entre si ( $p < 0,05$ ). Os cimentos EndoREZ e Pulp Canal Sealer apresentaram valores intermediários de DR ( $214,4 \pm 9,7$  e  $212,9 \pm 8,5$ , respectivamente), estatisticamente semelhantes entre si ( $p > 0,05$ ). Na sequência descendente, apresentou-se o cimento EndoSequence BC ( $195,8 \pm 5,9$ ), estatisticamente diferente dos demais estudados ( $p < 0,05$ ). Já o MTA Fillapex ( $139,1 \pm 4,3$ ) apresentou a menor média de DR ( $p < 0,05$ ) (Tabela 12).

Tabela 12 - Teste de Games-Howell: densidade de intensidade de pixel (DIP) dos cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G4 - MD-DW-APH

<b>Cimentos endodônticos</b>	<b>Média e DP</b>
AH Plus	<b>244,9 ± 2,8 a</b>
EndoSequence BC	<b>195,8 ± 5,9 d</b>
MTA Fillapex	<b>139,1 ± 4,3 e</b>
Gutta Flow	<b>229,5 ± 5,2 b</b>
EndoREZ	<b>214,4 ± 9,7 c</b>
Pulp Canal Sealer	<b>212,9 ± 8,5 c</b>

Letras iguais indicam valores estatisticamente semelhantes ( $p > 0,05$ ).

Para a determinação da radiopacidade por meio do método G5 - MD-SN-APH, o cimento AH Plus ( $244,6 \pm 2,8$ ) apresentou a maior média de DR entre todos os estudados ( $p < 0,05$ ), seguido do Gutta Flow ( $230,3 \pm 5,1$ ), com valores de DR estatisticamente diferentes entre si ( $p < 0,05$ ). Os cimentos EndoREZ e Pulp Canal Sealer apresentaram valores intermediários de DR ( $214,2 \pm 10,2$  e  $212,8 \pm 7,9$ , respectivamente), estatisticamente semelhantes entre si ( $p > 0,05$ ). Na sequência descendente, apresentou-se o cimento EndoSequence BC ( $195,3 \pm 6,1$ ), estatisticamente diferente dos demais estudados ( $p < 0,05$ ). Já o MTA Fillapex ( $138,8 \pm 4,1$ ) apresentou a menor média de DR ( $p < 0,05$ ) (Tabela 13).

Tabela 13 - Teste de Games-Howell: densidade de intensidade de pixel (DIP) dos cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G5 - MD-SN-APH

<b>Cimentos endodônticos</b>	<b>Média e DP</b>
AH Plus	<b>244,6 ± 2,8 a</b>
EndoSequence BC	<b>195,3 ± 6,1 d</b>
MTA Fillapex	<b>138,8 ± 4,1 e</b>
Gutta Flow	<b>230,3 ± 5,1 b</b>
EndoREZ	<b>214,2 ± 10,2 c</b>
Pulp Canal Sealer	<b>212,8 ± 7,9 c</b>

Letras iguais indicam valores estatisticamente semelhantes ( $p > 0,05$ ).

Quando o método G6 - MD-DW-impressão-DS foi utilizado para determinar a radiopacidade, o cimento AH Plus ( $25,2 \pm 2,7$ ) apresentou a menor média de DO entre todos os estudados ( $p < 0,05$ ), seguido do Gutta Flow ( $31,5 \pm 3,6$ ), com valores de DO estatisticamente diferentes entre si ( $p < 0,05$ ). Os cimentos EndoREZ e Pulp Canal Sealer apresentaram valores intermediários de DO ( $38,6 \pm 5,0$  e  $41,4 \pm 4,6$ , respectivamente), estatisticamente semelhantes entre si ( $p > 0,05$ ). Na sequência ascendente, apresentou-se o cimento EndoSequence BC ( $50,1 \pm 7,8$ ), estatisticamente diferente dos demais estudados ( $p < 0,05$ ). Já o MTA Fillapex ( $78,2 \pm 3,6$ ) apresentou a maior média de DO ( $p < 0,05$ ) (Tabela 14). Ressalta-se novamente que, para a análise da densidade óptica, quanto menor o valor de DO, maior o nível de radiopacidade do material.

Tabela 14 - Teste de Games-Howell: densidade óptica (DO) dos cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G6 - MD-DW-impressão-DS

<b>Cimentos endodônticos</b>	<b>Média e DP</b>
AH Plus	<b>25,2 ± 2,7 a</b>
EndoSequence BC	<b>50,1 ± 7,8 d</b>
MTA Fillapex	<b>78,2 ± 3,6 e</b>
Gutta Flow	<b>31,5 ± 3,6 b</b>
EndoREZ	<b>38,6 ± 5,0 c</b>
Pulp Canal Sealer	<b>41,4 ± 4,6 c</b>

Letras iguais indicam valores estatisticamente semelhantes ( $p > 0,05$ )

Adicionalmente, as médias e desvios padrões referentes à radiopacidade das espessuras dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio também foram determinados por meio de cada um dos seis métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas (Tabela 15).

Tabela 15 - Médias dos valores de radiopacidade (desvios padrões) das espessuras dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio, determinados por meio de cada um dos métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas, em densidade óptica (DO) e densidade de intensidade de pixel (DIP)

Degraus da escala de alumínio	Métodos para determinação da radiopacidade					
	G1 MC-PQ-DS (DO)	G2 MC-scanner- APH (DR)	G3 MD-DW- DW (DR)	G4 MD-DW- APH (DR)	G5 MD-SN- APH (DR)	G6 MD-DW- impressão- DS (DO)
1mm	<b>226,7</b> (12,2)	<b>14,7</b> (3,2)	<b>41,7</b> (1,9)	<b>41,3</b> (1,8)	<b>41,8</b> (1,5)	<b>177,1</b> (7,5)
2mm	<b>190,8</b> (11,4)	<b>24,6</b> (4,7)	<b>72,2</b> (2,0)	<b>71,9</b> (1,4)	<b>72,1</b> (1,7)	<b>137,6</b> (5,7)
3mm	<b>164,7</b> (10,0)	<b>38,3</b> (8,0)	<b>111,7</b> (1,6)	<b>101,4</b> (1,3)	<b>101,5</b> (2,0)	<b>108,3</b> (5,7)

4mm	<b>142,5</b> (9,4)	<b>54,6</b> (11,9)	<b>132,4</b> (1,9)	<b>131,6</b> (1,2)	<b>132,3</b> (1,5)	<b>83,4</b> (4,8)
5mm	<b>125,0</b> (8,4)	<b>71,2</b> (15,0)	<b>163,2</b> (1,7)	<b>163,3</b> (1,8)	<b>163,1</b> (4,2)	<b>62,4</b> (4,1)
6mm	<b>110,5</b> (8,1)	<b>87,2</b> (18,1)	<b>189,0</b> (2,6)	<b>188,7</b> (2,0)	<b>188,5</b> (2,3)	<b>48,2</b> (3,9)
7mm	<b>100,6</b> (7,2)	<b>103,4</b> (21,3)	<b>207,3</b> (1,9)	<b>207,3</b> (1,4)	<b>206,7</b> (2,2)	<b>39,0</b> (2,7)
8mm	<b>91,8</b> (7,6)	<b>116,0</b> (23,8)	<b>220,2</b> (1,5)	<b>220,0</b> (1,6)	<b>220,3</b> (1,6)	<b>32,9</b> (1,9)
9mm	<b>85,3</b> (8,6)	<b>124,7</b> (25,6)	<b>228,5</b> (1,4)	<b>228,1</b> (1,3)	<b>228,3</b> (1,1)	<b>29,6</b> (2,2)
10mm	<b>80,5</b> (9,0)	<b>129,7</b> (26,2)	<b>233,1</b> (1,3)	<b>232,4</b> (1,1)	<b>232,7</b> (1,2)	<b>27,2</b> (2,1)

A Figura 10 apresenta a dispersão dos dados entre densidade óptica (DO), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G1 - MC-PQ-DS e espessura dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio. Observou-se correlação linear inversa significativa ( $R= 0,92078$ ), entre as variáveis; ou seja, quanto maior a espessura dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio, menor a densidade óptica (DO) determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G1 - MC-PQ-DS. As Figuras 10 a 15, apresentadas a seguir, ilustram apenas a equação linear da média.

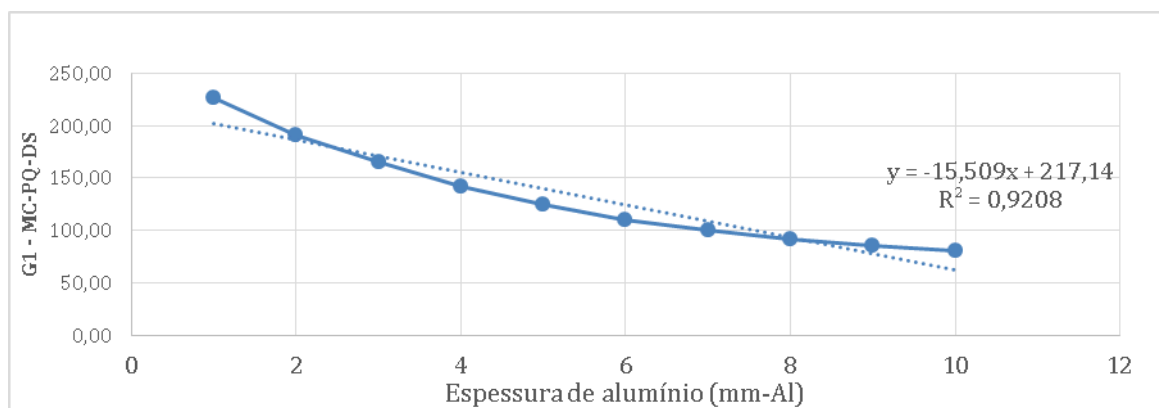


Figura 10 - Gráfico de dispersão entre densidade óptica (DO), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G1 - MC-PQ-DS e espessura dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio. São apresentados o coeficiente de Pearson (R), reta e equação da regressão

A Figura 11 apresenta a dispersão dos dados entre densidade de intensidade de pixel (DIP), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G2 - MC-scanner-APH e espessura dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio. Observou-se correlação linear direta significativa ( $R=$

0,9883) entre as variáveis; ou seja, quanto maior a espessura dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio, maior a densidade de intensidade de pixel (DIP) determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G2 - MC-scanner-APH.

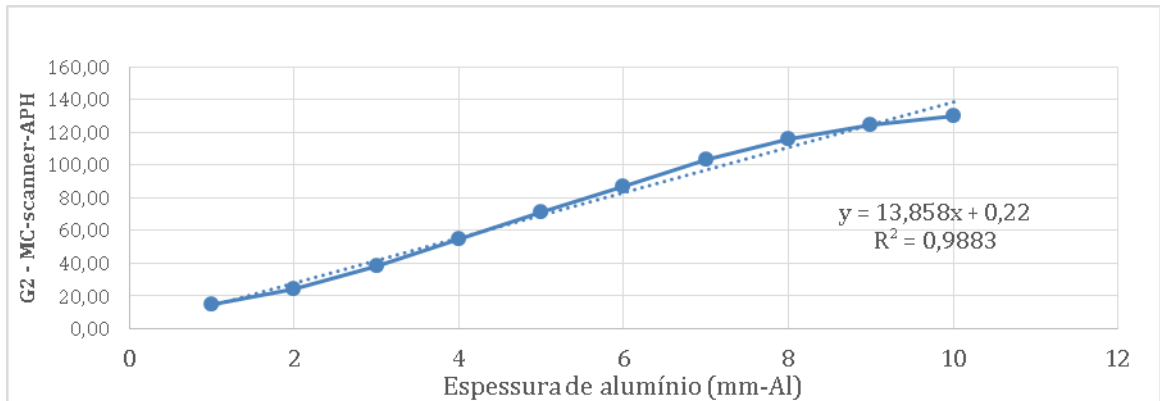


Figura 11 - Gráfico de dispersão entre densidade de intensidade de pixel (DIP), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G2 - MC-scanner-APH e espessura dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio. São apresentados o coeficiente de Pearson (R), reta e equação da regressão

A Figura 12 apresenta a dispersão dos dados entre densidade de intensidade de pixel (DIP), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G3 - MD-DW-DW e espessura dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio. Observou-se correlação linear direta significativa ( $R = 0,95269$ ) entre as variáveis; ou seja, quanto maior a espessura dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio, maior a densidade de intensidade de pixel (DIP) determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G3 - MD-DW-DW.

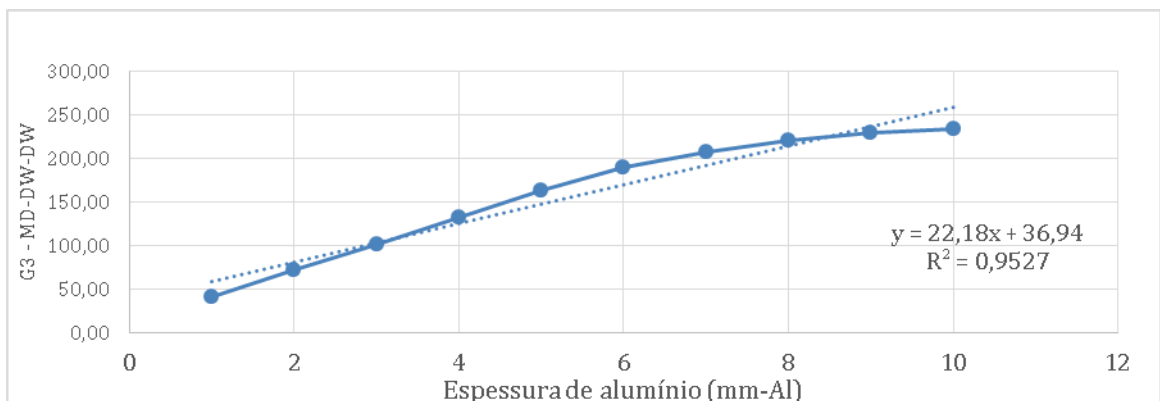


Figura 12 - Gráfico de dispersão entre densidade de intensidade de pixel (DIP), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G3 - MD-DW-DW e espessura dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio. São apresentados o coeficiente de Pearson (R), reta e equação da regressão

A Figura 13 apresenta a dispersão dos dados entre densidade de intensidade de pixel (DIP), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G4 - MD-DW-APH e espessura dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio. Observou-se correlação linear direta significativa ( $R= 0,95173$ ) entre as variáveis; ou seja, quanto maior a espessura dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio, maior a densidade de intensidade de pixel (DIP) determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G4 - MD-DW-APH.

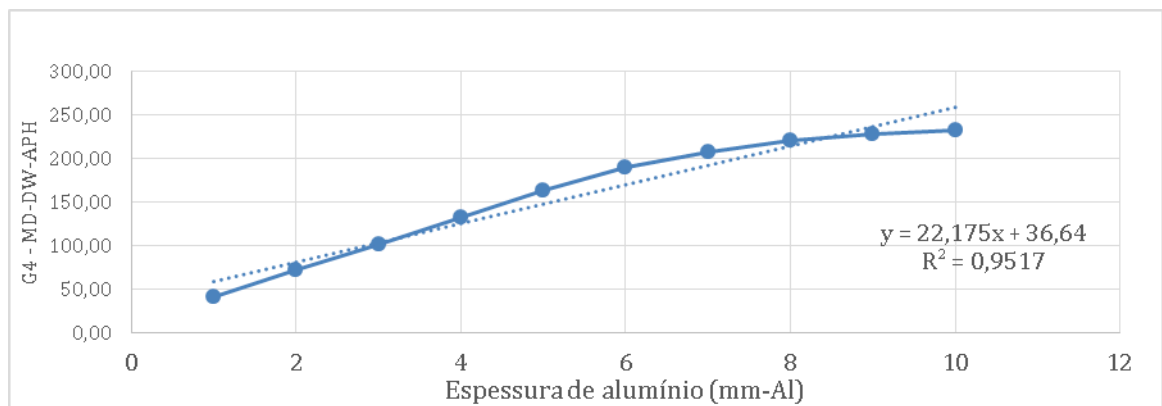


Figura 13 - Gráfico de dispersão entre densidade de intensidade de pixel (DIP), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G4 - MD-DW-APH e espessura dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio. São apresentados o coeficiente de Pearson ( $R$ ), reta e equação da regressão

A Figura 14 apresenta a dispersão dos dados entre densidade de intensidade de pixel (DIP), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G5 - MD-SN-APH e espessura dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio. Observou-se correlação linear direta significativa ( $R= 0,95294$ ) entre as variáveis; ou seja, quanto maior a espessura dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio, maior a densidade de intensidade de pixel (DIP) determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G5 - MD-SN-APH.

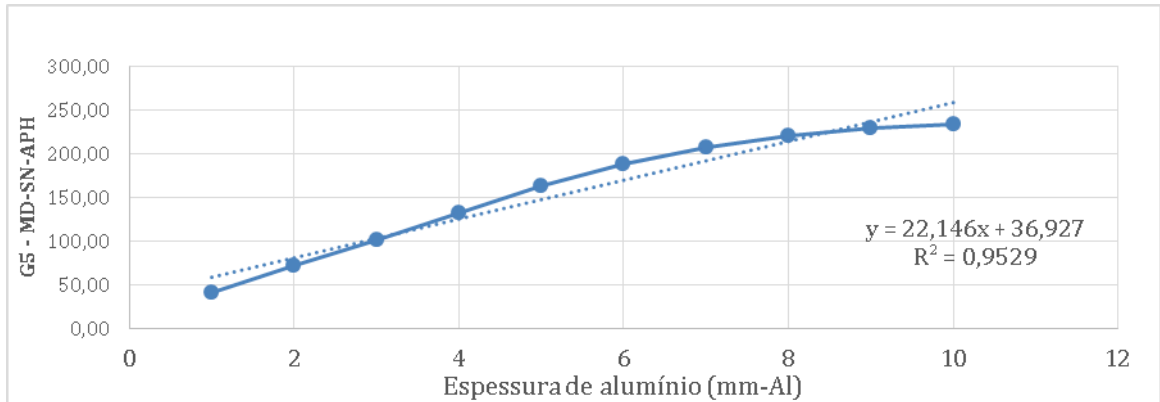


Figura 14 - Gráfico de dispersão entre densidade de intensidade de pixel (DIP), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G5 - MD-SN-APH e espessura dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio. São apresentados o coeficiente de Pearson (R), reta e equação da regressão

A Figura 15 apresenta a dispersão dos dados entre densidade óptica (DO), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G6 - MD-DW-impressão-DS e espessura dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio. Observou-se correlação linear inversa significativa ( $R = 0,8799$ ) entre as variáveis; ou seja, quanto maior a espessura dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio, menor a densidade óptica (DO) determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G6 - MD-DW-impressão-DS.

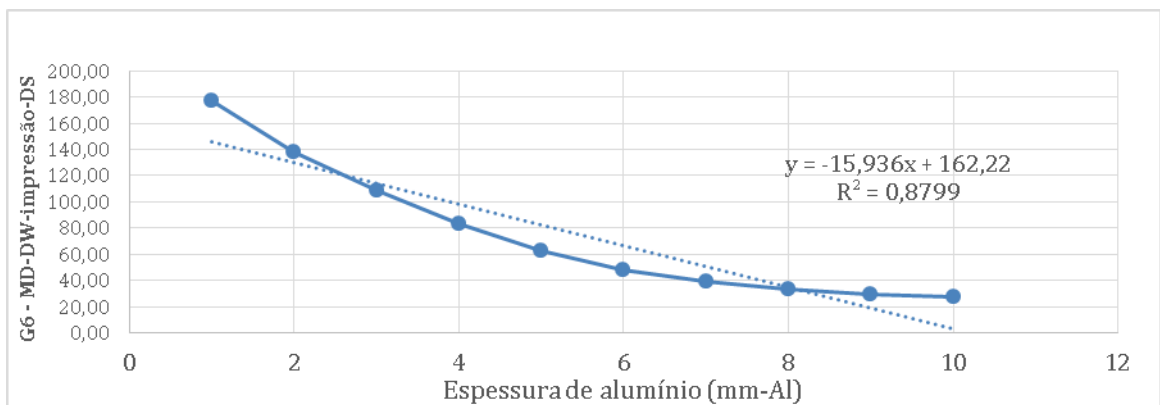


Figura 15 - Gráfico de dispersão entre densidade óptica (DO), determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G6 - MD-DW-impressão-DS e espessura dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio. São apresentados o coeficiente de Pearson (R), reta e equação da regressão

Uma vez que o objetivo desse estudo foi comparar os diferentes métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas na determinação da radiopacidade de cimentos endodônticos, porém de posse de valores de radiopacidade apresentados com unidades de medida diferentes (apresentando-se em DO nos grupos G1 e G6 e

em DR nos grupos G2, G3, G4 e G5), realizou-se a transformação dos valores de radiopacidade de todos os grupos experimentais para uma mesma unidade de medida. A unidade de medida utilizada para a transformação dos valores foi a de milímetros de alumínio (mm-Al). Os valores foram convertidos em mm-Al utilizando-se das equações lineares ( $y = ax + b$ ) obtidas da relação entre densidade óptica (DO) ou radiográfica (DR) e espessura dos degraus da escala (penetrômetro) de alumínio. A conversão foi realizada amostra por amostra (Tabelas 16 e 17).

Tabela 16 - Médias dos valores de radiopacidade (desvio padrão) para os tipos de cimentos e dos métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas, em milímetros de alumínio (mm-Al)

Cimentos	Métodos para determinação da radiopacidade						Média e DP
	G1 MC-PQ- DS	G2 MC- scanner- APH	G3 MD-DW- DW	G4 MD-DW- APH	G5 MD-SN- APH	G6 MD-DW- impressã o-DS	
AH Plus	9,57 (0,56)	10,90 (1,57)	9,40 (0,12)	9,39 (0,10)	9,38 (0,12)	8,60 (0,17)	9,40 (0,12)
EndoSequence BC	6,74 (0,48)	5,92 (0,94)	7,17 (0,24)	7,18 (0,23)	7,15 (0,26)	7,04 (0,42)	7,17 (0,24)
MTA Fillapex	4,82 (0,57)	4,53 (0,52)	4,60 (0,22)	4,62 (0,18)	4,60 (0,24)	5,27 (0,18)	4,60 (0,22)
Gutta Flow	8,37 (0,74)	9,23 (1,10)	8,72 (0,23)	8,70 (0,22)	8,73 (0,24)	8,20 (0,27)	8,72 (0,23)
EndoREZ	8,01 (0,27)	8,48 (0,54)	8,02 (0,46)	8,02 (0,43)	8,01 (0,47)	7,76 (0,35)	8,02 (0,46)
Pulp Canal Sealer	8,10 (0,46)	8,69 (1,15)	7,95 (0,38)	7,95 (0,35)	7,94 (0,33)	7,58 (0,26)	7,95 (0,38)
Média e DP	7,60 (1,59)	7,96 (2,36)	7,64 (1,56)	7,64 (1,55)	7,63 (1,56)	7,41 (1,12)	

Tabela 17 - Médias dos valores de radiopacidade (desvio padrão) para degraus da escala de alumínio, em milímetros de alumínio (mm-Al)

Degraus da escala de alumínio	Métodos para determinação da radiopacidade						Média e DP
	G1 MC-PQ- DS	G2 MC- scanner- APH	G3 MD-DW- DW	G4 MD-DW- APH	G5 MD-SN- APH	G6 MD-DW- impressã o-DS	
1mm	-0,62 (0,14)	1,07 (0,19)	0,21 (0,02)	0,21 (0,02)	0,22 (0,03)	-0,94 (0,14)	0,03 (0,66)
2mm	1,70 (0,11)	1,76 (0,08)	1,59 (0,02)	1,59 (0,02)	1,59 (0,03)	1,54 (1,10)	1,63 (0,10)
3mm	3,38 (0,10)	2,74 (0,07)	2,92 (0,03)	2,92 (0,02)	2,92 (0,05)	3,39 (0,10)	3,04 (0,26)

4mm	4,81 (0,16)	3,90 (0,16)	4,30 (0,03)	4,28 (0,03)	4,31 (0,03)	4,95 (0,13)	4,42 (0,37)
5mm	5,94 (0,11)	5,11 (0,13)	5,69 (0,02)	5,71 (0,05)	5,70 (0,05)	6,27 (0,13)	5,74 (0,36)
6mm	6,88 (0,12)	6,27 (0,16)	6,86 (0,06)	6,86 (0,05)	6,84 (0,06)	7,16 (0,12)	6,81 (0,28)
7mm	7,51 (0,12)	7,45 (0,14)	7,68 (0,05)	7,70 (0,05)	7,67 (0,08)	7,73 (0,08)	7,62 (0,14)
8mm	8,08 (0,13)	8,36 (0,10)	8,26 (0,02)	8,27 (0,04)	8,28 (0,05)	8,11 (0,06)	8,23 (0,12)
9mm	8,50 (0,11)	8,98 (0,13)	8,64 (0,02)	8,63 (0,03)	8,64 (0,04)	8,32 (0,04)	8,62 (0,21)
10mm	8,81 (0,10)	9,35 (0,17)	8,84 (0,03)	8,83 (0,03)	8,84 (0,03)	8,47 (0,05)	8,85 (0,27)
<b>Média e DP</b>	<b>5,50</b> (3,01)	<b>5,50</b> (2,91)	<b>5,50</b> (2,96)	<b>5,50</b> (2,96)	<b>5,50</b> (2,96)	<b>5,50</b> (3,08)	

Em seguida, foi realizada a comparação dos valores convertidos em mm-AI.

Como a distribuição amostral foi normal, porém não homogênea, realizou-se a Análise de Variância para cada um dos métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas, separadamente, que demonstrou diferença estatisticamente significativa ( $p < 0,01$ ) entre os cimentos endodônticos testados (Tabelas 18, 19, 20, 21, 22 e 23).

Tabela 18 - Análise da Variância da radiopacidade, em milímetros de alumínio (mm-AI), dos diferentes cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G1 - MC-PQ-DS

Causas da Variação	S.Q.	G.L.	Q.M.	Valor F	Probabilidade
Cimentos	133,198	5	26,640	93,986	,000
Resíduo	15,306	54	,283		
Total	148,504	59			

Tabela 19 - Análise da Variância da radiopacidade, em milímetros de alumínio (mm-AI), dos diferentes cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G2 - MC-scanner-APH

Causas da Variação	S.Q.	G.L.	Q.M.	Valor F	Probabilidade
Cimentos	269,675	5	53,935	50,079	,000
Resíduo	58,158	54	1,077		
Total	327,834	59			

Tabela 20 - Análise da Variância da radiopacidade, em milímetros de alumínio (mm-AI), dos diferentes cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G3 - MD-DW-DW

Causas da Variação	S.Q.	G.L.	Q.M.	Valor F	Probabilidade
Cimentos	139,524	5	27,905	310,378	,000
Resíduo	4,855	54	,090		
Total	144,379	59			



Tabela 21 - Análise da Variância da radiopacidade, em milímetros de alumínio (mm-AI), dos diferentes cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G4 - MD-DW-APH

<b>Causas da Variação</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Probabilidade</b>
<b>Cimentos</b>	137,558	5	27,512	357,857	,000
<b>Resíduo</b>	4,151	54	,077		
<b>Total</b>	141,710	59			

Tabela 22 - Análise da Variância da radiopacidade, em milímetros de alumínio (mm-AI), dos diferentes cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G5 - MD-SN-APH

<b>Causas da Variação</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Probabilidade</b>
<b>Cimentos</b>	139,181	5	27,836	332,956	,000
<b>Resíduo</b>	4,515	54	,084		
<b>Total</b>	143,696	59			

Tabela 23 - Análise da Variância da radiopacidade, em milímetros de alumínio (mm-AI), dos diferentes cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G6 - MD-DW-impressão-DS

<b>Causas da Variação</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Probabilidade</b>
<b>Cimentos</b>	69,110	5	13,822	163,156	,000
<b>Resíduo</b>	4,575	54	,085		
<b>Total</b>	73,685	59			

Com o intuito de verificar, após a transformação dos valores de DO e DR para mm-AI, quais cimentos apresentaram valores de radiopacidade diferentes entre si, para cada um dos métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas, porém sabendo-se que as variâncias não foram homogêneas, o teste estatístico mais recomendado foi o teste de Games-Howell, sendo, portanto, aplicado.

Quando a radiopacidade foi determinada em milímetros de alumínio (mm-AI), por meio do método G1 - MC-PQ-DS, o cimento AH Plus apresentou a maior média ( $9,57 \pm 0,56$ ) entre todos os estudados ( $p < 0,05$ ), seguido dos cimentos Gutta Flow ( $8,37 \pm 0,74$ ), Pulp Canal Sealer ( $8,10 \pm 0,46$ ) e EndoREZ ( $8,01 \pm 0,27$ ), com valores em mm-AI estatisticamente semelhantes entre si ( $p > 0,05$ ). Na sequência descendente, apresentou-se o EndoSequence BC ( $6,74 \pm 0,48$ ), estatisticamente diferente dos demais estudados ( $p < 0,05$ ). Já o MTA Fillapex ( $4,82 \pm 0,57$ ) apresentou a menor média em mm-AI ( $p < 0,05$ ) (Tabela 24).

Tabela 24 - Teste de Games-Howell: radiopacidade, em milímetros de alumínio (mm-AI), dos cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G1 - MC-PQ-DS

<b>Cimentos endodônticos</b>	<b>Média e DP</b>
AH Plus	<b><math>9,57 \pm 0,56</math> a</b>
EndoSequence BC	<b><math>6,74 \pm 0,48</math> c</b>
MTA Fillapex	<b><math>4,82 \pm 0,57</math> d</b>
Gutta Flow	<b><math>8,37 \pm 0,74</math> b</b>
EndoREZ	<b><math>8,01 \pm 0,27</math> b</b>

Pulp Canal Sealer

**8,10 ± 0, 46 b**

Letras iguais indicam valores estatisticamente semelhantes (p&gt;0,05)

Para a determinação, em mm-Al, da radiopacidade por meio do método G2 - MC-scanner-APH, o cimento AH Plus apresentou a maior média (10,90 ± 1,57) entre todos os estudados (p<0,05), exceto para o Gutta Flow (9,23 ± 1,10), que foi estatisticamente semelhante ao AH Plus (p>0,05). Os cimentos Gutta Flow (9,23 ± 1,10), Pulp Canal Sealer (8,69 ± 1,15) e EndoREZ (8,48 ± 0,54) apresentaram valores de radiopacidade, expressos em mm-Al, estatisticamente semelhantes entre si (p>0,05). Na sequência descendente, apresentou-se o EndoSequence BC (5,92 ± 0,94), estatisticamente diferente dos demais estudados (p<0,05). Já o MTA Fillapex (4,53 ± 0,52) apresentou a menor média em mm-Al (p<0,05) (Tabela 25).

Tabela 25 - Teste de Games-Howell: radiopacidade, em milímetros de alumínio (mm-Al), dos cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G2 - MC-scanner-APH

<b>Cimentos endodônticos</b>	<b>Média e DP</b>
AH Plus	<b>10,90 ± 1,57 a</b>
EndoSequence BC	<b>5,92 ± 0,94 c</b>
MTA Fillapex	<b>4,53 ± 0,52 d</b>
Gutta Flow	<b>9,23 ± 1,10 a,b</b>
EndoREZ	<b>8,48 ± 0,54 b</b>
Pulp Canal Sealer	<b>8,69 ± 1,15 b</b>

Letras iguais indicam valores estatisticamente semelhantes (p&gt;0,05)

Quando o método G3 - MD-DW-DW foi utilizado para determinar a radiopacidade, em mm-Al, o cimento AH Plus (9,40 ± 0,12) apresentou a maior média entre todos os estudados (p<0,05), seguido do Gutta Flow (8,72 ± 0,23), com valores em mm-Al estatisticamente diferentes entre si (p<0,05). Os cimentos EndoREZ e Pulp Canal Sealer apresentaram valores intermediários (8,02 ± 0,46 e 7,95 ± 0,38, respectivamente), estatisticamente semelhantes entre si (p>0,05). Na sequência descendente, apresentou-se o EndoSequence BC (7,17 ± 0,24), estatisticamente diferente dos demais estudados (p<0,05). Já o MTA Fillapex (4,60 ± 0,22) apresentou a menor média de DR (p<0,05) (Tabela 26).

Tabela 26 - Teste de Games-Howell: radiopacidade, em milímetros de alumínio (mm-Al), dos cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G3 - MD-DW-DW

<b>Cimentos endodônticos</b>	<b>Média e DP</b>
AH Plus	<b>9,40 ± 0,12 a</b>
EndoSequence BC	<b>7,17 ± 0,24 d</b>

MTA Fillapex	4,60 ± 0,22 e
Gutta Flow	8,72 ± 0,23 b
EndoREZ	8,02 ± 0,46 c
Pulp Canal Sealer	7,95 ± 0,38 c

Letras iguais indicam valores estatisticamente semelhantes ( $p > 0,05$ )

Quando a radiopacidade, em mm-Al, foi determinada por meio do método G4 - MD-DW-APH, o cimento AH Plus ( $9,39 \pm 0,10$ ) apresentou a maior média em mm-Al entre todos os estudados ( $p < 0,05$ ), seguido do Gutta Flow ( $8,70 \pm 0,22$ ), com valores em mm-Al estatisticamente diferentes entre si ( $p < 0,05$ ). Os cimentos EndoREZ e Pulp Canal Sealer, apresentaram valores intermediários em mm-Al ( $8,02 \pm 0,43$  e  $7,95 \pm 0,35$ , respectivamente), estatisticamente semelhantes entre si ( $p > 0,05$ ). Na sequência descendente, apresentou-se o EndoSequence BC ( $7,18 \pm 0,23$ ), estatisticamente diferente dos demais estudados ( $p < 0,05$ ). Já o MTA Fillapex ( $4,62 \pm 0,18$ ) apresentou a menor média em mm-Al ( $p < 0,05$ ) (Tabela 27). **(IDEM)**

Tabela 27 - Teste de Games-Howell: radiopacidade, em milímetros de alumínio (mm-Al), dos cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G4 - MD-DW-APH

<b>Cimentos endodônticos</b>	<b>Média e DP</b>
AH Plus	9,39 ± 0,10 a
EndoSequence BC	7,18 ± 0,23 d
MTA Fillapex	4,62 ± 0,18 e
Gutta Flow	8,70 ± 0,22 b
EndoREZ	8,02 ± 0,43 c
Pulp Canal Sealer	7,95 ± 0,35 c

Letras iguais indicam valores estatisticamente semelhantes ( $p > 0,05$ )

Para a determinação da radiopacidade, em mm-Al, por meio do método G5 - MD-SN-APH, o cimento AH Plus ( $9,38 \pm 0,12$ ) apresentou a maior média em mm-Al entre todos os estudados ( $p < 0,05$ ), seguido do Gutta Flow ( $8,73 \pm 0,24$ ), com valores em mm-Al estatisticamente diferentes entre si ( $p < 0,05$ ). Os cimentos EndoREZ e Pulp Canal Sealer, apresentaram valores intermediários em mm-Al ( $8,01 \pm 0,47$  e  $7,94 \pm 0,33$ , respectivamente), estatisticamente semelhantes entre si ( $p > 0,05$ ). Na sequência descendente, apresentou-se o EndoSequence BC ( $7,15 \pm 0,26$ ), estatisticamente diferente dos demais estudados ( $p < 0,05$ ). Já o MTA Fillapex ( $4,60 \pm 0,24$ ) apresentou a menor média em mm-Al ( $p < 0,05$ ) (Tabela 28).

Tabela 28 - Teste de Games-Howell: radiopacidade, em milímetros de alumínio (mm-Al), dos cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G5 - MD-SN-APH

<b>Cimentos endodônticos</b>	<b>Média e DP</b>
AH Plus	<b>9,38 ± 0,12 a</b>
EndoSequence BC	<b>7,15 ± 0,26 d</b>
MTA Fillapex	<b>4,60 ± 0,24 e</b>
Gutta Flow	<b>8,73 ± 0,24 b</b>
EndoREZ	<b>8,01 ± 0,47 c</b>
Pulp Canal Sealer	<b>7,94 ± 0,33 c</b>

Letras iguais indicam valores estatisticamente semelhantes (p>0,05)

Quando o método G6 - MD-DW-impressão-DS foi utilizado para determinar a radiopacidade, em mm-AI, o cimento AH Plus (8,60 ± 0,17) apresentou a maior média em mm-AI entre todos os estudados (p<0,05), seguido do Gutta Flow (8,20 ± 0,27), com valores em mm-AI estatisticamente diferentes entre si (p<0,05). O cimento Gutta Flow apresentou média de radiopacidade, em mm-AI, estatisticamente semelhante (p>0,05) ao EndoREZ (7,76 ± 0,35), que também apresentou-se estatisticamente semelhante ao Pulp Canal Sealer (7,58 ± 0,26), apesar de este ser estatisticamente diferente do cimento Gutta Flow (p<0,05). Na sequência descendente, apresentou-se o EndoSequence BC (7,04 ± 0,42), estatisticamente diferente dos demais estudados (p<0,05). Já o MTA Fillapex (5,27 ± 0,18) apresentou a maior média de DO (p<0,05) (Tabela 29).

Tabela 29 - Teste de Games-Howell: radiopacidade, em milímetros de alumínio (mm-AI), dos cimentos estudados, determinada por meio do método de aquisição e análise de imagens radiográficas G6 - MD-DW-impressão-DS

<b>Cimentos endodônticos</b>	<b>Média e DP</b>
AH Plus	<b>8,60 ± 0,17 a</b>
EndoSequence BC	<b>7,04 ± 0,42 d</b>
MTA Fillapex	<b>5,27 ± 0,18 e</b>
Gutta Flow	<b>8,20 ± 0,27 b</b>
EndoREZ	<b>7,76 ± 0,35 b,c</b>
Pulp Canal Sealer	<b>7,58 ± 0,26 c</b>

Letras iguais indicam valores estatisticamente semelhantes (p>0,05)

Em seguida, foi realizada a comparação entre todos os métodos.

Como a distribuição amostral foi normal, porém não homogênea, realizou-se a Análise de Variância para cada um dos métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas, separadamente, que não demonstrou diferença estatisticamente significativa (p>0,05) entre os métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas (Tabela 30).

Tabela 30 - Análise da Variância da radiopacidade, em milímetros de alumínio (mm-AI), dos diferentes métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas

<b>Causas da Variação</b>	<b>S.Q.</b>	<b>G.L.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Probabilidade</b>
<b>Cimentos</b>	,000	5	,000	,000	1,000

<b>Resíduo</b>	5271,338	594	8,874
<b>Total</b>	5271,338	599	

Observou-se também, por meio da correlação de Pearson, que existe um coeficiente de correlação fortíssimo, positivo e significativo entre a radiopacidade e os métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas (Tabela 31).

Tabela 31 – Grau de correlação entre a radiopacidade e os métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas

<b>Descrição</b>	<b>R (sem transformar)</b>	<b>R (transformado)</b>	<b>Grau de correlação</b>
G1 - MC-PQ-DS x G2 - MC-scanner-APH	-0,8999	0,9657	Correlação fortíssima
G1 - MC-PQ-DS x G3 - MD-DW-DW	-0,9760	0,9920	Correlação fortíssima
G1 - MC-PQ-DS x G4 - MD-DW-APH	-0,9756	0,9919	Correlação fortíssima
G1 - MC-PQ-DS x G5 - MD-SN-APH	-0,9757	0,9919	Correlação fortíssima
G1 - MC-PQ-DS x G6 - MD-DW-impressão-DS	0,9889	0,9964	Correlação fortíssima
G2 - MC-scanner-APH x G3 - MD-DW-DW	0,9107	0,9870	Correlação fortíssima
G2 - MC-scanner-APH x G4 - MD-DW-APH	0,9101	0,9867	Correlação fortíssima
G2 - MC-scanner-APH x G5 - MD-SN-APH	0,9102	0,9871	Correlação fortíssima
G2 - MC-scanner-APH x G6 - MD-DW-impressão-DS	-0,8771	0,9493	Correlação fortíssima
G3 - MD-DW-DW x G4 - MD-DW-APH	0,9999	0,9999	Correlação fortíssima
G3 - MD-DW-DW x G5 - MD-SN-APH	0,9999	0,9999	Correlação fortíssima
G3 - MD-DW-DW x G6 - MD-DW-impressão-DS	-0,9828	0,9857	Correlação fortíssima
G4 - MD-DW-APH x G5 - MD-SN-APH	0,9998	0,9999	Correlação fortíssima
G4 - MD-DW-APH x G6 - MD-DW-impressão-DS	0,9828	0,9858	Correlação fortíssima
G5 - MD-SN-APH x G6 - MD-DW-impressão-DS	-0,9827	0,9856	Correlação fortíssima

R (sem transformar) são os valores em DO e D; R (transformado) são os valores em mm-AI

Dessa forma, as análises estatísticas apresentadas apontaram para uma consistência entre os diferentes métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas, uma vez que valores semelhantes foram encontrados.

## 6- DISCUSSÃO

Para a avaliação do preenchimento do canal durante a sua obturação, o exame radiográfico se faz necessário. Deste modo, a radiopacidade é uma das propriedades físicas requeridas para os materiais obturadores endodônticos, pela qual se avalia o preenchimento do sistema de canais radiculares <sup>(37)</sup>.

Apesar de a Especificação nº. 57 da ANSI/ADA, de 2000, <sup>(7)</sup> determinar — em seu protocolo de avaliação da propriedade física de radiopacidade de cimentos endodônticos — que seja utilizado um método analógico para essa análise, com o uso de películas radiográficas tipo D-speed ou E-speed, além de um densitômetro óptico, com intervalo de 0,0 a 2,55, para medir a densidade óptica das radiografias, diversos estudos na literatura <sup>(13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34)</sup> têm proposto o uso de métodos digitais para determinar os valores de densidade de intensidade de pixel (DIP).

Com base nos resultados encontrados nesse estudo, pôde-se observar que, tanto o método analógico proposto pela Especificação nº. 57 da ANSI/ADA (2000), descrito como G1 (método convencional com uso de filme radiográfico + processamento químico + análise pelo densitômetro óptico); quanto os métodos digitais, descritos como G2 (método convencional com uso de filme radiográfico + escaneamento do filme + análise pelo Adobe Photoshop CC); G3 (método digital com uso de sensor radiográfico digital + processamento e análise pelo Digora for Windows 1.5.1); G4 (método digital com uso de sensor radiográfico digital + processamento pelo Digora + análise pelo Photoshop); G5 (método digital com uso de sensor radiográfico digital + processamento pelo Scanora + análise pelo Photoshop) e G6 (método digital com uso de sensor radiográfico digital + processamento pelo Digora + impressão em filme radiográfico + análise pelo densitômetro óptico) de aquisição e análise de imagens radiográficas mostraram-se eficientes para a determinação da radiopacidade, quando essa foi determinada em mm-Al. A correlação estatística apresentou-se fortíssima entre os diferentes métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas.

Ferreira et al. <sup>(34)</sup> explicam que na fotodensitometria obtém-se a densidade óptica, que se refere à passagem de luz pela radiografia, também avaliada como transmitância, enquanto que na digitalização tem-se a densidade radiográfica

diretamente, porque os pixels já têm os seus tons de cinza determinados, fornecendo diretamente os valores na escala de 0 a 255, por meio do programa.

Aznar et al. <sup>(26)</sup> afirmaram que diversos estudos utilizaram a fotodensitometria e as escalas de alumínio para realizar este tipo de avaliação, conforme o recomendado pela ANSI/ADA, com o objetivo de comparar a radiopacidade dos cimentos. Com o advento das imagens digitais, este tipo de avaliação passou a ser mais eficaz e rápido, já que, com imagens digitalizadas, temos a densidade radiográfica obtida diretamente, porque os pixels já têm os seus tons de cinza determinados. As imagens radiográficas podem ser obtidas pelo método direto, em que um sensor substitui o filme radiográfico; e pelo método indireto, pela digitalização de imagens radiográficas obtidas de forma convencional, por meio de filmes radiográficos. Uma das mais úteis operações no uso de imagens digitais é a comparação entre imagens pixel por pixel, podendo assim determinar a diferença de radiopacidade entre elas.

De acordo com Constante et al. <sup>(33)</sup>, a avaliação da radiopacidade de materiais odontológicos tem sido feita por meio da análise da densidade radiográfica nos sistemas digitais, substituindo a avaliação da densidade ótica do sistema convencional.

Aznar et al. <sup>(26)</sup> citam que a grande vantagem da obtenção de imagens digitais radiográficas pelo método indireto é a possibilidade de se obter tamanhos e formas de imagens e de resolução espacial desta, que dependerá principalmente da resolução (número de pixels) que o sistema de escaneamento oferece.

Watanabe et al. <sup>(40)</sup> observaram que os novos sistemas digitais apresentavam padrões de imagens aceitáveis, sem a utilização de processos químicos. Mas, mesmo assim, possuem apenas a metade da qualidade da imagem em comparação com os filmes radiográficos convencionais.

Pavan e Tavano <sup>(13)</sup> analisaram a utilização de densidade radiográfica como substituto da densidade ótica, comparando a avaliação do fotodensitômetro com um programa computadorizado de imagem. Concluíram que o fotodensitômetro pode ser substituído pela avaliação digitalizada de filmes radiográficos processados manualmente.

Tagger e Katz <sup>(14)</sup> e Tanomaru et al. <sup>(16)</sup> avaliaram a radiopacidade de cimentos endodônticos pela análise de intensidade de pixel, usando o aparato em degraus de alumínio como referencial na análise do material estudado. A



intensidade de pixel de cada material e dos degraus de alumínio foi obtida em um programa específico. Concluíram que todos os materiais estudados estão de acordo com os padrões de radiopacidade em vigor, isto é, maior que 3 mm de alumínio, com exceção do Sealapex.

Coclete et al. <sup>(39)</sup> citam que, dentre as vantagens da imagem digital sobre a radiografia tradicional, tem-se o arquivo, a transmissão, as intensificações das imagens, a redução do tempo de exposição dos pacientes à radiação X e a possibilidade de análise automatizada.

Cada sistema de radiografia digital possui um *software* próprio para a aquisição das imagens digitais. Dentro desses *softwares* existem ferramentas que podem ser utilizadas na análise da densidade de intensidade de pixel (DIP) das imagens digitais. No entanto, alguns sistemas possuem apenas a ferramenta para a aquisição da imagem, sendo necessária a utilização de outros *softwares* para realizar a análise da densidade de intensidade de pixel (DIP).

O sistema de radiografia digital Digora, bastante explorado em pesquisas <sup>(13, 22, 23, 24, 28, 30, 34, 39)</sup>, possui o *software* DFW 1.5.1, que possibilita a mensuração da densidade de intensidade de pixel (DIP). Esse *software* recentemente foi substituído pelo Scanora, que não possui a ferramenta de avaliação da densidade de intensidade de pixel (DIP). Entretanto, ainda é possível adquirir o *software* DFW de forma gratuita na versão demo.

O *software* Adobe Photoshop, que passou a ser também utilizado em estudos que avaliam a radiopacidade <sup>(21, 31, 36)</sup>, possui a ferramenta de análise da densidade de intensidade de pixel (DIP). É um *software* que possibilita a importação de vários formatos de imagens, podendo ser utilizado para mensuração da densidade de intensidade de pixel (DIP) nos métodos de aquisição direto (placas de fósforo) e indireto (*scanner* ou fotografia). A desvantagem desse *software* se dá pelo fato de não ser gratuito.

Beyer-Olsen e Ørstavik <sup>(5)</sup> apresentaram um método para estabelecer um sistema estandardizado de mensuração da radiopacidade de vários cimentos endodônticos. As amostras eram radiografadas ao lado de um aparato em degraus de alumínio, em que cada degrau tinha uma espessura de alumínio conhecida. As imagens obtidas eram então colocadas em um fotodensitômetro, e a densidade ótica de cada degrau era medida, correlacionando com as densidades dos cimentos, que

eram medidos simultaneamente. Concluíram não haver um padrão nas radiopacidades dos cimentos estudados.

De acordo com Weckwerth et al. <sup>(35)</sup>, os agentes radiopacificadores que são normalmente utilizados em materiais dentários são o óxido de bismuto, carbonato de bismuto, subnitrito de bismuto e óxido de zircônio. Todas as combinações servem para proporcionar uma maior radiopacidade sobre a dentina, em conformidade com a especificação n°. 57 da ANSI/ADA, que corresponde aos valores mínimos exigidos de 3 mm de alumínio.

Neste estudo, verificou-se a composição dos diferentes cimentos na literatura e na bula dos mesmos. Observou-se que todos, apesar da composição extremamente variada, possuem agentes radiopacificadores, compatíveis com substâncias de peso atômico elevado. Entre eles estão: sulfato de bário, óxido de zinco, óxido de bismuto, dióxido de titânio, óxido de chumbo, subnitrito de bismuto, prata precipitada, tungsteanato de cálcio, óxido de ferro, óxido de zircônio, óxido de nióbio e tungstênio. O cimento AH Plus tem em sua composição o óxido de zircônio, óxido de ferro e o tungsteanato de cálcio, como agentes radiopacificadores. O EndoRez tem como radiopacificador o oxiclreto de bismuto. O agente radiopacificador do EndoSequence BC é o óxido de zircônia. O GuttaFlow possui nano-prata, dióxido de zircônio e sulfato de bário como agentes radiopacificadores. O MTA Fillapex possui como agente radiopacificador o óxido de bismuto. Já o Pulp Canal Sealer possui prata precipitada para dar radiopacidade ao cimento <sup>(18, 23, 25, 34,35)</sup>.

A comparação entre métodos experimentais serve não só para identificar o método mais eficiente para uma determinada análise, mas também para reforçar a validade de outros estudos quando a comparação aponta para a forte correlação entre os diferentes métodos, como para os métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas para determinação da radiopacidade de cimentos endodônticos.

## 7- CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos a partir dos estudos apresentados, pôde-se concluir:

1- Os cimentos AH Plus, EndoRez, EndoSequence BC, Gutta Flow, MTA Fillapex e Pulp Canal Sealer apresentaram valores de radiopacidade acima dos 3 mm de alumínio, recomendados pela Especificação nº. 57 da ANSI/ADA;

2- Quanto à radiopacidade dos cimentos testados, estes apresentaram-se na seguinte ordem decrescente: AH Plus, Guta Flow, EndoREZ, Pulp Canal Sealer, EndoSequence BC e MTA Fillapex.

3- Os métodos de aquisição e análise de imagens radiográficas que fazem uso de película radiográfica e sensor digital; processamento por meio convencional e scanner; e análise pelo densitômetro óptico e pelos *softwares* Adobe Photoshop CC, Digora for Windows 1.5.1 e Scanora testados podem ser utilizados para determinação da radiopacidade de cimentos endodônticos.

## 8- REFERÊNCIAS

1. Davis SR, Brayton SM, Goldman M. The morphology of the prepared root canal: a study utilizing injectable silicone. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1972 Oct; 34(4):642-8.
2. Schaeffer MA, White RR, Walton RE. Determining the optimal obturation length: a meta-analysis of literature. *J Endod.* 2005 Apr; 31(4):271-4.
3. Buckley M, Spångberg LS. The prevalence and technical quality of endodontic treatment in an American subpopulation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1995 Jan; 79(1):92-100.
4. Goldman M, Simmonds S, Rush R. The usefulness of dye-penetration studies reexamined. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1989 Mar; 67(3):327-32.
5. Beyer-Olsen EM, Orstavik D. Radiopacity of root canal sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1981 Mar; 51(3):320-8.
6. Katz A, Kaffe I, Littner M, Tagger M, Tamse A. Densitometric measurement of radiopacity of Gutta-percha cones and root dentin. *J Endod.* 1990 May; 16(5):211-3.
7. American National Standard Institute/American Dental Association ANSI/ADA Standard No. 57. Endodontic Sealing Materials. Reaffirmed by ANSI 2012 Ago; 1-16.
8. Kaffe I, Littner MM, Tagger M, Tamse A. Is the radiopacity standard for gutta-percha sufficient in clinical use? *J Endod.* 1983 Feb; 9(2):58-9.
9. Bodrumlu E, Sumer AP, Gungor K. Radiopacity of a new root canal sealer, Epiphany. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007 Nov; 104(5):59-61.
10. Baksi BG, Sen BH, Eyuboglu TF. Differences in aluminum equivalent values of endodontic sealers: conventional versus digital radiography. *J Endod.* 2008 Sep; 34(9):1101-4.
11. Gordusius M, Avcu N. Evaluation of the radiopacity of different root canal sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009 Sep; 108(3):135-40.
12. Sonntag D, Ritter A, Burkhart A, Fischer J, Mondrzyk A, Ritter H. Experimental amine-epoxide sealer: a physicochemical study in comparison with AH Plus and EasySeal. *Int Endod J.* 2014 Aug; 13.

13. Pavan ÂJ, Tavano O. Avaliação da solução Kodak no que se refere às densidades ótica e radiográfica, analisadas pelo fotodensitômetro MRA e pelo sistema digital Digora, no filme Kodak DF-58. *Rev FOB*. 2000 Jan; 8(1): 51-57.
14. Tagger M, Katz A. Radiopacity of endodontic sealers: development of a new method for direct measurement. *J Endod*. 2003 Nov; 29(11):751-5.
15. 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*. 2004 Dec; 20(10):915-23.
16. Tanomaru JM, Cezare L, Gonçalves M, Tanomaru Filho M. Evaluation of the radiopacity of root canal sealers by digitization of radiographic images. *J Appl Oral Sci*. 2004 Dec; 12(4):355-7.
17. Gambarini G, Testarelli L, Pongione G, Gerosa R, Gagliani M. Radiographic and rheological properties of a new endodontic sealer. *Aust Endod J*. 2006 Apr; 32(1):31-4.
18. Tanomaru-Filho M, Jorge EG, Tanomaru JM, Gonçalves M. Evaluation of the radiopacity of calcium hydroxide- and glass-ionomer-based root canal sealers. *Int Endod J*. 2007 Jan; 41(1):50-3.
19. Tanomaru-Filho M, da Silva GF, Duarte MA, Gonçalves M, Tanomaru JM. Radiopacity evaluation of root-end filling materials by digitization of images. *J Appl Oral Sci*. 2008 Nov-Dec; 16(6):376-9.
20. Tanomaru JM, Duarte MAH, Gonçalves M, Tanomaru Filho M. Radiopacity evaluation of root canal sealers containing calcium hydroxide and MTA. *Braz Oral Res*. 2009 Apr-Jun; 23(2):119-23
21. Akcay I, Ilhan B, Dundar N. Comparison of conventional and digital radiography systems with regard to radiopacity of root canal filling materials. *Int Endod J*. 2012 Aug; 45(8):730-6.
22. Candeiro GT, Correia FC, Duarte MA, Ribeiro-Siqueira DC, Gavini G. Evaluation of Radiopacity, pH, Release of Calcium Ions, and Flow of a Bioceramic. Root Canal Sealer *J Endod* 2012 Jun; 38(6):842-5.
23. Silva EJ, Rosa TP, Herrera DR, Jacinto RC, Gomes BP, Zaia AA. Evaluation of cytotoxicity and physicochemical properties of calcium silicate-based endodontic sealer MTA Fillapex. *J Endod*. 2013 Feb; 39(2):274-7.
24. Cavenago BC, Pereira TC, Duarte MA, Ordinola-Zapata R, Marciano MA, Bramante CM, Bernardineli N. Influence of powder-to-water ratio on radiopacity,

- setting time, pH, calcium ion release and a micro-CT volumetric solubility of white mineral trioxide aggregate. *Int Endod J.* 2014 Feb; 47(2):120-6.
25. Viapiana R, Flumignan DL, Guerreiro-Tanomaru JM, Camilleri J, Tanomaru-Filho M. Physicochemical and mechanical properties of zirconium oxide and niobium oxide modified Portland cement-based experimental endodontic sealers. *Int Endod J.* 2014 May; 47(5):437-48.
26. Aznar FDC, Bueno CES, Nishiyama CK, Martin AS. Radiopacidade de sete cimentos endodônticos avaliada através de radiografia digital. *RGO.* 2010 Apr; 58(2):181-184.
27. Baksi BG, Eyüboğlu TF, Sen BH, Erdilek N. The effect of three different sealers on the radiopacity of root fillings in simulated canals. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007 Jan; 103(1):138-41.
28. Carvalho-Junior JR, Correr-Sobrinho L, Correr AB, Sinhorette MA, Consani S, Sousa-Neto MD. Radiopacity of root filling materials using digital radiography. *Int Endod J.* 2007 Jul; 40(7):514-20.
29. Taşdemir T, Yesilyurt C, Yildirim T, Er K. Evaluation of the radiopacity of new root canal paste/sealers by digital radiography. *J Endod.* 2008 Nov; 34(11):1388-90.
30. Resende LM, Rached-Junior FJ, Versiani MA, Souza-Gabriel AE, Miranda CE, Silva-Sousa YT, Sousa Neto MD. A comparative study of physicochemical properties of AH Plus, Epiphany, and Epiphany SE root canal sealers. *Int Endod J.* 2009 Sep; 42(9):785-93.
31. Collares FM, Leitune VC, Rostirolla FV, Trommer RM, Bergmann CP, Samuel SM. Nanostructured hydroxyapatite as filler for methacrylate-based root canal sealers. *Int Endod J.* 2012 Jan; 45(1):63-7.
32. Guimarães BM, Tartari T, Marciano MA, Vivian RR, Mondeli RF, Camilleri J, Duarte MA. Color Stability, Radiopacity, and Chemical Characteristics of White Mineral Trioxide Aggregate Associated with 2 Different Vehicles in Contact with Blood. *J Endod.* 2015 Jun; 45(6):947-952.
33. Constante IGT, Bardauil MRRS, Carvalho CF, Davidowicz H, Moura AAM. Avaliação da Radiopacidade de Cimentos Endodônticos pelo Sistema RVG. *Rev Inst Ciênc Saúde.* 2007; 25(1):47-53.
34. Ferreira FBA, Souza PARSE, Vale MS, Tavano O. Radiopacidade de cimentos endodônticos avaliada pelo sistema de radiografia digital. *Rev FOB.* 1999 Jan; 7(1):55-60.

35. Weckwerth PH, Machado ACO, Kuga MC, Vivan RR, Polleto RS, Duarte MAH. Influence of radiopacifying agents on the solubility, pH and antimicrobial activity of Portland cement. *Braz Dent J.* 2012; 23(5): 515-20.
36. Silva PG, Tavano O. Comparação das Densidades Ópticas e Radiográficas Analisadas pelo Fotodensitômetro M.R.A. e pelo Programa Adobe Photoshop dos filmes TMS - 1 Processados na Solução Kodak RP X-OMAT, a Diferentes Temperaturas na Processadora Cronex T4. *Rev FOB.* 1999 Jul; 7(3):39-45.
37. Silveira GP Comparative study of the radiopacity of the light-cured dental composite resins of high or low flowable, using digital image. São Paulo. Thesis [Doctorate in Dentistry] - School of Dentistry of USP. 2002.
38. Netto TG. Garantia de Qualidade em Radiodiagnóstico. Ribeirão Preto: CARP, 1998.
39. Coclete GA, Tavano O, Pavan, ÂJ. Comparação das densidades ótica e radiográfica, analisadas pelo Fotodensitômetro MRA e pelo Sistema Digital Digora. *Rev Odont UNESP.* 2003; 32(1):93-98.
40. Watanabe PCA, Tanaka E, Fenyopereira M, Panela J. Estudo atual da arte de imagem digital em odontologia. *Rev APCD.* 1999; 53(4):320-325.