

MATEUS ERICSON FLORES

C.D.

**AVALIAÇÃO DA RADIOPACIDADE DE RESINAS  
COMPOSTAS POR MEIO DE SISTEMAS DIGITAIS E FILME  
RADIOGRÁFICO INSIGHT®**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, como um dos requisitos para a obtenção do título de **Doutor em Radiologia Odontológica**

**PIRACICABA**

**2001**

i

**UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE**

MATEUS ERICSON FLORES

C.D.

**AVALIAÇÃO DA RADIOPACIDADE DE RESINAS  
COMPOSTAS POR MEIO DE SISTEMAS DIGITAIS E FILME  
RADIOGRÁFICO INSIGHT®**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, como um dos requisitos para a obtenção do título de **Doutor em Radiologia Odontológica**

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Francisco Haiter Neto (Orientador)  
Prof. Dr. Simonides Consani  
Profa. Dra. Marlene Fenyo Soeiro de Matos Pereira  
Profa. Dra. Solange Maria de Almeida  
Profa. Dra. Monica Campos Serra

Este exemplar foi devidamente corrigido,  
de acordo com a Resolução CCPG-036/83

CPG, 01/10/01

Assinatura do Orientador

PIRACICABA

2001

2003.139

### Ficha Catalográfica

F663a Flores, Mateus Ericson.  
Avaliação da radiopacidade de resinas compostas por meio de sistemas digitais e filme radiográfico InSight®. / Mateus Ericson Flores. – Piracicaba, SP : [s.n], 2001.  
viii, 70p. : il.

Orientador : Prof. Dr. Francisco Haiter Neto.  
Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Materiais Dentários. 2. Molares. 3. Radiologia. 4. Raios X. 5. Resinas compostas. I. Haiter Neto, Francisco. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Marilene Girello CRB/8-6159, da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP.



FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de DOUTORADO, em sessão pública realizada em 21 de Agosto de 2001, considerou o candidato MATEUS ERICSON FLORES aprovado.

1. Prof. Dr. FRANCISCO HAITER NETO \_\_\_\_\_

2. Profa. Dra. MARLENE FENYO SOEIRO DE MATOS PEREIRA \_\_\_\_\_

3. Profa. Dra. MÔNICA CAMPOS SERRA \_\_\_\_\_

4. Prof. Dr. SIMONIDES CONSANI \_\_\_\_\_

5. Profa. Dra. SOLANGE MARIA DE ALMEIDA \_\_\_\_\_

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

## DEDICO ESTA TESE

A Deus, pelo dom da vida.

Meus pais, Cilo e Astrid, pelo amor e carinho ao longo de tantos anos.

Gisele, minha fiel escudeira, que com seu amor me alimenta.

Minha irmã Márcia e meus irmãos Marcelo, Maurício e Márcio, "...que sempre esperaram por mim!"

Santo e Therezinha, minha segunda família, que sempre torcem pelo meu sucesso.

Ao amigo Fábio, companheiro de longa jornada em Piracicaba, cúmplice desta conquista.

## **AGRADECIMENTO ESPECIAL**

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba - Unicamp, na figura de seu diretor, Professor Doutor Antônio Sallum, por acolher e formar novos docentes.

À Faculdade de Odontologia de Passo Fundo - RS, na pessoa de seu diretor, Professor Rui Getúlio Soares, por fomentar a capacitação docente de nossa faculdade.

Ao Professor Doutor Francisco Haiter Neto, Professor do Departamento de Diagnóstico Oral - Área de Radiologia da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - Unicamp, por seu interesse na evolução individual de cada aluno, sendo um exemplo para mim, que levarei sempre comigo.

Ao Professor Doutor Frab Norberto Boscolo, Professor do Departamento de Diagnóstico Oral - Área de Radiologia da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - Unicamp, por seu espírito superior, com palavras certas nas horas incertas.

A Professora Doutora Solange Maria de Almeida, Professora do Departamento de Diagnóstico Oral - Área de Radiologia da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - Unicamp, por seu carinho e sua vocação a docência que contamina a todos.

Ao Professor Doutor Agenor Montebello Filho, Professor do Departamento de Diagnóstico Oral - Área de Radiologia da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - Unicamp, por sempre se mostrar solícito e interessado na realização de meu doutorado.

## AGRADECIMENTOS

Ao Professor Fernando Martorelli, da Disciplina de Periodontia da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - Unicamp, por ceder gentilmente o seu sistema digital CDR-Schick para a elaboração desta pesquisa.

Ao Professor Antônio Pereira, da Disciplina de Odontologia Social da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - Unicamp, por ceder gentilmente o seu sistema digital Sens-A-Ray para a elaboração desta pesquisa.

A Área de Materiais Dentários, em especial ao Professor Doutor Simonides Consani e pelo funcionário Marcos Bueno, por cederem instrumentos que complementaram a confecção dos corpos-de-prova.

Ao professor Roger William Fernandes Moreira, da área de Cirurgia Buco Maxilo Facial da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - Unicamp, pelas ideias, sugestões e pelo apoio nas estadas em Piracicaba.

A Professora Doutora Dileta Cechetti, da Universidade de Passo Fundo, pela colaboração na elaboração na análise estatística.

A Gisele Rovani, da Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo, pela colaboração na digitação dos dados desta pesquisa.

A Melissa Feres Damian, da Faculdade de Odontologia da Universidade de Passo Fundo, pela ajuda na digitação dos dados estatísticos deste tese.

Aos colegas de pós-graduação, pelo convívio agradável em todos estes anos.

Aos funcionários Waldek, Raquel, Giselda e Gislaine, por serem sempre prestativos aos nossos chamados. Obrigado.

# SUMÁRIO

## LISTAS

Lista de abreviaturas .....	1
Lista de figuras .....	3
Lista de gráficos .....	5
Lista de tabelas .....	6
<b>RESUMO .....</b>	<b>7</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>8</b>
<b>1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2 - REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 - Radiopacidade dos materiais restauradores .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2 - Sistemas Digitais .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3 - Radiopacidade de materiais restauradores utilizando sistemas digitais .....</b>	<b>29</b>
<b>3 - PROPOSIÇÃO .....</b>	<b>33</b>
<b>4 - METODOLOGIA .....</b>	<b>34</b>
<b>4.1 - Materiais .....</b>	<b>34</b>
<b>4.2 - Método .....</b>	<b>41</b>
<b>5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>47</b>
<b>6 - CONCLUSÕES .....</b>	<b>56</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>65</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

**ADA** - Associação Dental Americana

**Al** - alumínio

**apud** - expressão em latin que significa "em"

**CCD** - *charge couple device*

**CDR** - *computed dental radiography* (marca comercial)

**C. D.** - Cirurgião-Dentista

**cm** - centímetro

**Co.** - companhia

**et al.** - abreviatura da expressão em latin *et alii*, que significa "e outros".

**G. L.** - graus de liberdade

**Inc.** - Incorporada

**ISO** - *International Standards Organization*

**kg** - quilograma

**kVp** - quilovolt pico

**Ltd.** - limitada

**mA** - miliamperagem

**MB** - megabite

**min** - minuto

**mm** - milímetro

**mW/cm<sup>2</sup>** - miliwatt por centímetro quadrado

**p** - probabilidade

**Q. M.** - quadrado médio

® - marca registrada

**RAM** - *read armazened memory*

**RVG** - *radiovisiograph* (marca comercial)

**S-A-R** - *Sens-A-Ray* (marca comercial)

**s** - segundo

**SPIP** - *storage phosphor imagem plate* (placas de fósforo fotoestimuladas)

**USA** - Estados Unidos da América

°C - grau centígrado

& - "e" comercial

% - porcentagem

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Resinas compostas utilizadas nesta pesquisa: ALERT (1), Charisma (2), Definite (3), FillMagic (4), P60 (5), Prodigy (6), SureFil (7) e Z250 (8) .....	35
<b>Figura 2</b> - Matriz de plexiglass utilizada para a confecção dos corpos-de-prova .....	36
<b>Figura 3</b> - Escala de densidade e disco de chumbo .....	37
<b>Figura 4</b> - Imagem dos quatro sensores: DenOptix (1), Digora (2), Sens-A-Ray (3) e CDR (4) .....	39
<b>Figura 5</b> - Corpos-de-prova prontos .....	42
<b>Figura 6</b> - Posicionamento da escala de densidade, resinas, chumbo e dente sobre o sensor CDR .....	42
<b>Figura 7</b> - Imagem da tela de trabalho do software CDR <sup>®</sup> - Computed Dental Radiography for Microsoft <sup>®</sup> Windows <sup>®</sup> .....	44
<b>Figura 8</b> - Imagem da tela de trabalho do software Emago 3.01 for Microsoft <sup>®</sup> Windows <sup>®</sup> .....	44
<b>Figura 9</b> - Imagem da tela de trabalho do software VixWin 2000 - Gendex Dental Systems .....	45

**Figura 10** - Imagem da tela de trabalho do software

Digora for Windows version 1.51 ..... 45

**Figura 11** - Imagem do filme InSight escaneado ..... 46

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Médias dos valores equivalentes em milímetros de alumínio, para todas as resinas, esmalte e dentina, em todos os sistemas digitais e filme convencional .....	54
--	----

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Nome das resinas analisadas, fabricantes e porcentagem de carga .....	34
<b>Tabela 2</b> - Características dos sensores digitais utilizados nesta pesquisa .....	38
<b>Tabela 3</b> - Quadro da análise de variância para os valores em equivalente em alumínio das resinas, esmalte e dentina, em todos os sistemas avaliados ....	47
<b>Tabela 4</b> - Médias dos valores em equivalente em alumínio (mm) das resinas, esmalte e dentina, para cada sistema separadamente .....	49
<b>Tabela 5</b> - Médias dos valores em equivalente em alumínio (mm) das resinas, esmalte e dentina, em todos os aparelhos .....	52
<b>Tabela 6</b> - Alumínio equivalente do esmalte e dentina e sua conversão para porcentagem de alumínio .....	55

## RESUMO

O nosso estudo teve como objetivo avaliar a radiopacidade de oito tipos de resinas compostas indicadas para restaurações de classe II. Para tanto foram confeccionados corpos-de-prova de 2mm de espessura e 4mm de largura, que foram comparados com esmalte, dentina e alumínio, utilizando-se quatro sistemas digitais, sendo dois semi-diretos por placas de fósforo fotoestimuladas - Digora e DenOptix, dois CCD - Sens-A-Ray e CDR, e também o filme radiográfico convencional Kodak Insight IS-21 (Eastman Kodak Co., Rochester, U.S.A.). As radiografias foram escaneadas, obtendo-se imagem digital indireta e juntamente com as imagens digitais diretas e semi-diretas, suas densidades radiográficas avaliadas em software específicos. Os valores de *pixel* da escala de alumínio foram submetidos a uma regressão linear, de onde se pode obter o equivalente em milímetros para o esmalte, dentina e resinas. Todas as resinas, em todos os sistemas de avaliação, mostraram radiopacidade igual ou superior ao esmalte ( $p=0,05$ ). Houve correlação estatística entre os sistemas CDR e Sens-A-Ray e entre Digora e DenOptix, sendo que o Sens-A-Ray apresentou correlação também com o filme radiográfico. As médias de densidade em equivalente em mm de alumínio em porcentagem, para esmalte e dentina foram de 199,6% e 101,6%, respectivamente.

## ABSTRACT

The aim of this study was to compare the radiodensities 8 composite resins (2mm thickness and 4mm diameter) and enamel, dentin, aluminum stepwedge. We used two storage phosphor image plate systems, the Digora (Soredex Finndent, Orion Corporation Ltd, Helsinki, Finland) and DenOptix (Gendex, Phillips Medical Systems Inc., Monza, Italy), two CCD-based system, the Sens-A-Ray (Regam Medical Systems, AB, Sundsvall, Sweden) and Computed Dental Radiography (CDR, Schick Industries, Long Island City, USA), and conventional dental x-ray film Kodak Insight IS-21 (Eastman Kodak Co., Rochester, USA). The radiographies were scanned and with digital images, the composite resins densities were measured without any gray-scale adjustments. A linear regression was developed with aluminum stepwedge, and enamel, dentin and resins aluminum equivalent were determined. All resins in all digital systems and conventional dental x-ray film showed radiopacities similar or greater than enamel ( $p=0.05$ ). Between CDR and Sens-A-Ray and between Digora and DenOptix there were no significant difference, but only Sens-A-Ray showed no significant difference with conventional dental X-ray film. The mean values of enamel and dentin in alluminium equivalent were 199.6% e 101.6%, respectively.

## 1 - INTRODUÇÃO

O surgimento das resinas compostas, forneceu grande possibilidade de restabelecer a estética em restaurações dentais. Porém, para ideal análise do contorno da restauração, ponto de contato, adaptação marginal, formação de *gap* e presença de cáries secundárias, se faz necessário que estes materiais apresentem radiopacidade suficiente, para que possam ser observados no exame radiográfico, de acordo com as normas ADA<sup>3,4</sup> e da ISO 4049<sup>19</sup>, que estabelecem que o material restaurador deve ter radiopacidade superior ao seu equivalente em alumínio.

A utilização dos sistemas digitais na Odontologia a partir da década de oitenta, trouxe benefícios ao paciente, no tocante à redução da dose de exposição, como também ao profissional no que diz respeito à velocidade de obtenção das imagens, na possibilidade de manipulá-las e enviá-las à distância, através da rede<sup>33,38</sup>. Introduzidos no final da década de oitenta, os sensores CCD permitiram imagens semelhantes aos filmes convencionais, porém com a pequena desvantagem da presença de ruído nas imagens<sup>29</sup>. As placas de fósforo fotoestimuladas (SPIP) surgiram comercialmente na década de noventa, e como característica, possuem menor ruído, maior escala de densidade do que os filmes radiográficos e os sensores CCD<sup>18</sup>. Pesquisas em imagens digitais são centradas sobre a resolução das imagens digitais entre CCD e SPIP, formação de ruído,

escala de densidade, compressão de arquivos e suas conseqüências para o diagnóstico clínico<sup>20, 23, 36</sup>. Porém poucas pesquisas utilizaram os sistemas digitais para avaliação das radiopacidades de resinas compostas<sup>11, 15, 19</sup>. Este estudo procura verificar a existência ou não de uniformidade de resultados entre tipos diferentes de sistemas digitais e filme radiográfico, que poderá ou não interferir nos resultados de uma pesquisa.

## 2 - REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 - Radiopacidade dos materiais restauradores

O requisito de radiopacidade em materiais restauradores para dentes posteriores, se tornou padronizada a partir da elaboração da ISO 4049<sup>19</sup> em 1985. Essa norma estabeleceu que todo material restaurador para dentes posteriores, deveria ter radiopacidade superior ou igual a densidade radiográfica da dentina, que por sua vez, apresenta radiopacidade semelhante à do alumínio (1:1). A radiopacidade dos materiais restauradores é medida em equivalente em milímetro de alumínio. Quando for igual ou superior a 100%, significa que o material está de acordo com a ISO 4049<sup>19</sup>. Muitos estudos sobre esta característica são realizados por meio da densitometria óptica e mais recentemente nas imagens dos sistemas digitais.

Já demonstrando preocupação quanto a radiopacidade das resinas compostas que ABOU-TABL *et al.*<sup>1</sup> (1979) avaliaram sobre este aspecto, dezoito tipos de resinas, tendo como referência de radiopacidade uma escala de alumínio e um espécime de dentina e esmalte com a mesma espessura dos corpos-de-prova. Todas as densidades ópticas foram determinadas por um microdensitômetro. Por este meio, concluíram que somente quatro materiais

eram mais radiopacos do que a dentina e um maior que o esmalte. Os demais apresentavam radiopacidade menor do que a dentina.

COOK<sup>8</sup> em 1981, avaliou a radiopacidade de trinta e três tipos de resinas, verificando elementos que poderiam afetar a padronização destes tipos de estudo. O autor variou a espessura dos corpos-de-prova, tipos de filmes radiográficos, tipos de tubo de raios X, distância foco-filme, filtração e dose de exposição. O autor concluiu que de todos estes fatores, a radiopacidade dos materiais estudados variou significativamente de acordo com a quilovoltagem usada. Segundo o autor, todos os materiais eram tão ou mais radiopacos do que a dentina e deveriam ser mais radiopacos do que o esmalte.

Em 1986, OMER *et al.*<sup>25</sup> estudaram a radiopacidade de 21 marcas de resinas compostas, indicadas para dentes posteriores, em relação a uma escala de alumínio, ao esmalte e a dentina. A radiopacidade dos materiais foi estabelecida através de densitometria óptica. Os autores concluíram que treze resinas possuíam radiopacidades maior ou igual ao esmalte, estando portanto dentro das normas preconizadas; três materiais apresentavam radiopacidade entre a dentina e o esmalte; e cinco, eram menos radiopacos do que a dentina.

No ano seguinte, STANDFORD *et al.*<sup>31</sup> estudaram a radiopacidade, por meio de densitometria óptica, de onze resinas compostas em relação a mesma espessura de esmalte e dentina em duas espessuras - 1 e 2 mm. Encontraram valores equivalentes em alumínio na ordem de 79% para a dentina e 222% para o esmalte, o que levou os autores a concluir que todas as resinas se mostraram mais radiopacas do que a dentina e menos do que o esmalte, independente da espessura dos corpos-de-prova.

Ainda em 1987, WATTS<sup>35</sup> avaliou a radiopacidade de dez resinas compostas, através da densitometria óptica em radiografias periapicais, em relação a porcentagem dos agentes de carga - bário e estrôncio. Pelos resultados encontrados, o autor concluiu que a resina que apresentava maior quantidade do agente de carga com bário, possuía maior radiopacidade do que a resina com estrôncio, por esta se apresentar com menor volume e menor número atômico.

Procurando estabelecer uma relação da radiopacidade de dentes extraídos recentemente e de dentes armazenados em solução de formaldeído a 1%, que WILLIAMS & BILLINGTON<sup>41</sup> (1987) utilizaram dentes permanentes e decíduos. Os dentes eram cortados nos sentidos longitudinal e horizontal, sendo os cortes radiografados juntamente com uma escala de alumínio, sendo as radiografias analisadas em um espectrofotômetro. A porcentagem média dos

valores em milímetros de alumínio para a dentina e esmalte, foi de 100% e 210%, respectivamente. Os autores encontraram que os dentes armazenados possuem menor radiopacidade que os dentes com extração recente. Foi comentado ainda que o método de analisar a densidade radiográfica pelo espectrofotômetro é um método rápido e preciso.

VAN DIJKEN *et al.*<sup>34</sup> em 1989 investigaram as diferenças de radiopacidade de dezoito tipos de resinas compostas em diferentes tipos de cores. Cada amostra de resina era radiografada isoladamente, porém junto com um espécime de dentina e esmalte (da mesma espessura), uma escala de alumínio e um disco de chumbo. Os resultados mostraram que onze resinas foram mais radiopacas do que o esmalte; duas resinas apresentaram radiopacidade entre a dentina e o esmalte; e cinco resinas possuíam radiopacidade inferior a da dentina.

No ano de 1990 CURTIS, JR *et al.*<sup>9</sup> estudaram radiograficamente, em três etapas distintas, a radiopacidade de resinas compostas. Numa primeira etapa, procuraram estabelecer uma relação entre as estruturas dentais (esmalte e dentina) com uma escala de alumínio, em quatro espessuras diferentes (1mm, 2mm, 3mm e 4mm). Depois compararam radiograficamente, catorze (14) tipos de resinas compostas, com espessura de 2mm, tendo como padrão uma escala de densidade de alumínio. Na fase final, os autores simularam lesões de cárie em

blocos de alumínio de 3mm, com orifícios de 0,5mm, 1mm e 1,5mm. Sobre estes blocos foram colocadas escalas de resinas com 1mm, 2mm, 3mm, 4mm e 5mm de espessura, que eram então radiografadas. Concluíram que a relação média entre o alumínio e o esmalte foi de 1,02, com desvio médio de  $\pm 0,05$  e um coeficiente de variação de 4,90%. Para a dentina, a relação média com o alumínio foi de 1,13, com desvio médio de  $\pm 0,03$  e um coeficiente de variação de 2,65%. Das resinas compostas, os autores concluíram que nove resinas eram radiopacas (densidades semelhantes ou maior que o equivalente em alumínio) e que cinco se apresentavam radiolúcidas (densidades menores do que o equivalente em alumínio). Sobre a visualização das cáries simuladas, as espessuras de 1mm e 1,5mm foram facilmente detectadas, porém somente cinco resinas permitiram visualizar defeitos de 0,5mm, com qualquer espessura de resina sobre ele.

Ainda no ano de 1990, GOSHIMA & GOSHIMA<sup>14</sup> realizaram um estudo radiográfico interobservadores *in vivo*, sobre a capacidade de se detectar cáries secundárias em dentes restaurados com dois tipos de resinas compostas (P30 da 3M e Occlusin - ICI Dental). Utilizando pré-molares extraídos recentemente, cavidades classe II foram confeccionadas. Os dentes eram restaurados com cada um dos materiais alternadamente, pois as resinas não eram polimerizadas e podiam ser removidas facilmente após radiografadas. Depois foram feitas

pequenas cavidades de 1,0mm e 1,6mm, simulando cáries recorrentes, também sem polimerização das resinas, permitindo assim que o mesmo dente fosse avaliado com as duas resinas e em três situações - sem cárie, com 1,0mm e 1,6mm de cavitação. As radiografias destas combinações foram avaliadas por dez cirurgiões-dentistas (três professores de radiologia, um professor de cirurgia, um professor de dentística, dois especialistas em prótese e três clínicos gerais). Os autores concluíram que a destreza do cirurgião-dentista é mais importante do que a radiopacidade em si dos materiais restauradores, pois houve grande variação entre as avaliações dos voluntários, mas que quanto mais semelhante a radiopacidade com o esmalte, maior a chance de um correto diagnóstico.

Com o intuito de investigar a radiopacidade de 32 materiais restauradores (em corpos-de-prova com 5mm de diâmetro e 3mm de espessura), PRÉVOST *et al.*<sup>28</sup> (1990) avaliaram através da densitometria óptica, comparando-os com esmalte, dentina, polpa e amálgama, de mesma espessura e diâmetro, determinando assim uma escala descendente de radiopacidade. Os resultados mostraram que 14 materiais eram menos radiopacos que a dentina; que 4 materiais possuíam radiopacidade entre a dentina e o esmalte e que 14, eram mais radiopacos que o esmalte. Os autores entendem, que para o uso clínico, os materiais restauradores deveriam ser mais radiopaco que a dentina para assegurar

uma diferenciação de cárie dentinária, e que materiais de pobre radiopacidade deveriam ser evitados como base de restaurações.

WILLIAMS & BILLINGTON<sup>42</sup> também em 1990, avaliaram radiograficamente esmalte e dentina de dentes extraídos recentemente e armazenados em solução de formaldeído a 1% por meses, juntamente com doze tipos de ionômeros de vidro indicados para restaurações, forramento e cimentação, em corpos-de-prova de 1mm de espessura, utilizando um espectrofotômetro para determinar suas densidades. Os autores concluíram que seis tipos de ionômeros (um de forramento e cinco restauradores) apresentaram radiopacidade maior do que o esmalte sendo suficiente para uma avaliação clínica. Sobre os dentes, a relação de radiopacidade entre o esmalte/mmAl foi de 220% e 100% para a dentina. Os autores afirmam que dentes armazenados perdem radiopacidade e que o método de avaliação com o espectrofotômetro é preciso e rápido de ser executado.

No ano de 1991, EL-MOWAFY *et al.*<sup>10</sup> avaliaram dois tipos de materiais cerâmicos utilizados em restaurações *inlays*, uma resina composta, um compômero e uma porcelana, quanto a radiopacidade. Utilizaram corpos-de-prova, espécime de dentina e esmalte da mesma espessura e escala de alumínio, que foram radiografados e as densitometrias ópticas determinadas. As

porcentagens médias encontradas em milímetros de alumínio foi de 116% para a dentina e 184% para o esmalte. A resina (Occlusin Uni-tips), o compômero (Isosit) e um dos materiais cerâmicos para *inlays* (Dicor MGC) apresentaram radiopacidade maior do que o esmalte. Já a porcelana (Vita VMJ 68) apresentou radiopacidade semelhante a dentina. Porém, o outro material cerâmico para *inlays* (Cerec Vita Blocks), apresentou radiopacidade menor do que a dentina. A partir desses resultados, os autores afirmaram que deveria-se utilizar cimentos radiopacos para cimentar as próteses feitas em Cerec Vita Blocks, para permitir a diferenciação de cáries secundária.

No mesmo ano, WILLEMS *et al.*<sup>40</sup> compararam a radiopacidade de 55 tipos de resinas compostas indicadas para restaurações em dentes anteriores e posteriores, através da densitometria óptica, em relação ao esmalte, dentina e uma escala de alumínio. Os autores concluíram que 17 tipos de resinas eram mais radiopacas que o esmalte; que 9 eram tão radiopacas quanto o esmalte; que 5, eram mais radiopacas quanto a dentina e menos que o esmalte; que 5, eram tão radiopacas quanto a dentina; e que 19 eram menos radiopacas que a dentina.

AKERBOOM *et al.*<sup>2</sup> em 1993, compararam através de densitometria óptica, sete resinas compostas para dentes posteriores, sete cimentos resinosos e

seis ionômeros de vidro para forramento, em relação a mesma espessura de alumínio. Concluíram que todas as resinas compostas eram mais radiopacas do que o alumínio; um cimento resinoso e um ionômero de vidro eram menos radiopacos que o alumínio. Os autores comentaram que as resinas apresentavam maior radiopacidade que seus forradores, o que pode acarretar erros no diagnóstico de cáries e formação de *gap*.

No mesmo ano, TOYOOKA *et al.*<sup>32</sup> avaliaram a radiopacidade de doze diferentes tipos de resinas composta - sendo quatro indicadas para dentes anteriores (Silux Plus - 3M, E. U. A.; Brilliant Lux - Coltene, Suíça; Photoclearfil Bright - Kuraray, Japão; Palfique Estilite - Tokuyama Soda, Japão), uma para anteriores e posteriores (Charisma - Kulzer, Alemanha), seis para posteriores (P50 - 3M, E. U. A.; Occlusin - ICI, Alemanha; Estilux Posterior XR, Kulzer, Alemanha; Heliomolar Radiopaque - Vivadent, Lichtenstein; Clearfil Photo Posterior - Kuraray, Japão; Palfique Liteposterior - Tokuyama Soda, Japão) e uma resina para *inlays* (Estilux Posterior C VS- Kulzer, Alemanha), através de corpos-de-prova em três espessuras (1, 2 e 3mm), que foram radiografados juntamente com uma escala de alumínio e uma amostra de dentina e esmalte da mesma espessura dos corpos-de-prova. As radiografias foram avaliadas em um fotodensitômetro de transmissão. Os resultados mostraram que duas resinas utilizadas em dentes anteriores (Silux Plus e Photoclearfil Bright)

eram menos radiopacas do que a dentina; que duas resinas utilizadas em dentes anteriores (Brilliant Lux e Palfique Estilite) e a resina utilizada para dentes anteriores e posteriores (Charisma), tinham radiopacidade semelhante ao esmalte; que três resinas utilizadas em dentes posteriores (Estilux Posterior XR, Heliomolar Radiopaque e Clearfil Photo Posterior) e a resina para *inlays* (Estilux Posterior C VS) eram levemente mais radiopacas do que o esmalte, que três resinas utilizadas em dentes posteriores (P50, Occlusin e Palfique Liteposterior) eram mais radiopacas do que o esmalte.

SIDHU *et al.*<sup>30</sup> em 1996, avaliaram a radiopacidade de três tipos de resinas modificadas por ionômeros de vidro (Vitremar - 3M, E. U. A.); Fuji II LC - GC Dent Co, Japão; e Photac-Fil - ESPE, Alemanha), dois ionômeros de vidro convencionais (ChemFil - De Tray Dentsply; e Fuji Cap II - GP Dent Co, Japão), além de uma resina modificada por ionômero de vidro experimental (V-66 - ESPE, Alemanha), tendo como controle um corpo de prova em amálgama. As radiopacidades foram obtidas através de fotodensitometria de transmissão das radiografias dos corpos-de-prova. Os resultados mostraram que uma resina modificada por ionômero de vidro (Photac-Fil) e o ionômero de vidro convencional (ChemFil e Photac-Fil) eram menos radiopacos do que a dentina e os demais materiais restauradores eram mais radiopacos do que o esmalte.

Procurando estudar a variação de radiopacidade em diferentes cores de materiais restauradores, que MAROUF & SIDHU<sup>22</sup> (1998) avaliaram *in vitro* a radiopacidade de três tipos de resinas compostas modificadas por ionômero de vidro (Fuji II LC - GC Dent Co, Japão; Vitremer - 3M, E. U. A.; e Photac-Fil - ESPE, Alemanha), num total de vinte e um tipos diferentes de cores, por meio da densitometria óptica e regressão linear (equivalente em alumínio). Os autores encontraram diferença estatisticamente significativa entre os tipos de resina, mas não entre as cores de cada grupo.

No ano de 1999, BOUSCHLICHER *et al.*<sup>7</sup> avaliaram radiograficamente, vinte materiais restauradores e forradores, sendo dois sistemas adesivos (All-Bond 2 D/E Resin - Bisco; e OptiBond FL Adhesive - Kerr), três compômeros (Compoglass - Ivoclar/Vivadent; Dyrect - Dentsply; e Hytac Aplitip - ESPE), seis resinas fluidas (AeliteFlo - Bisco; FloRestore - Den/Mat; Flow-It - Jeneric/Paltron; Revolution - E&D; Tetric-Flow - Ivoclar/Vivadent; Ultraseal XT - ESPE - Alemanha), uma resina quimicamente ativada (Bis-Fil-2B - Bisco), uma resina de micropartícula (Heliomolar RO - Ivoclar/Vivadent) e sete resinas híbridas utilizados para dentes posteriores (Charisma - Haraeus Kulzer; Herculite XRV Dentin - Kerr; Herculite XRV Enamel - Kerr; Z100 - 3M; TPH - L D Caulk/Dentsply; Pertac II - ESPE; Prodigy - Kerr), através da densitometria óptica. Foram feitas comparações com esmalte, dentina, chumbo e uma escala de

alumínio. Através de uma regressão linear, os autores chegaram ao equivalente em alumínio para cada resina, dentina (100%) e esmalte (165%). Os resultados mostraram que todos os materiais testados apresentavam radiopacidade igual ou maior do que a dentina, com exceção do sistema adesivo sem carga All-Bond 2 D/E Resin. Catorze materiais testados eram mais radiopacos do que o esmalte e os cinco (OptiBond FL Adhesive, Ultraseal XT, FloRestore, AeliteFlo e Revolution), possuíam radiopacidade entre a dentina e o esmalte.

HARA *et al.*<sup>16</sup>, em 2001, compararam a radiopacidade de treze diferentes tipos de materiais restauradores, um cimento de ionômero de vidro quimicamente ativado - Ketac-Fil (ESPE), três cimentos de ionômeros de vidro modificados por resina - Fuji II - LC (GC), Vitrimer (3M) e Photac-Fil (ESPE), seis resinas modificadas por ionômero de vidro - Variglass (De Tray División-Densply), Compoglass (Vivadent), Dyract (De Tray División-Densply), Freedom (Southern Dental), Resinomer (Bisco) e F2000 (3M), uma resina composta de micropartícula - Durafil VS (Heraeus Kulzer) e duas resinas compostas microhíbridas (Tetric Ceram -Vivadent e Z100 - 3M), em dois grupos de seis, sendo que o Photac-Fil, pertenceu aos dois grupos, sendo que no segundo grupo sua composição era diferente. Além dos materiais, foram utilizadas uma escala de alumínio e uma amostra de tecido dental da mesma espessura dos corpos-de-prova. Através da densitometria óptica de transmissão, os autores concluíram que

os materiais Varioglass, Compoglass, Tetric ceram, Dyract, Fuji II - LC, Photac-Fil e Z100, se apresentaram mais radiopacos do que a estrutura dental. O ionômero modificado por resina composta Freedom apresentou radiopacidade estatisticamente semelhante a estrutura dental. Por outro lado, o Resinomer, Ketac-Fil, Photac-Fil e o Durafill, eram menos radiopacos do que a estrutura dental. Além disso, os autores afirmaram que materiais de uma mesma classe podem apresentar radiopacidades diferentes e que materiais com radiopacidade inferior a estrutura dental, devem ser evitados para restaurações em dentes posteriores.

## **2.2 - Sistemas digitais**

SANDERINK<sup>29</sup>, em 2000, relatou que a utilização dos sistemas digitais vem sendo alvo de estudos comparativos entre os tipos de sensores - CCD x SPIP e também em relação aos filmes convencionais. A aquisição de imagens digitais pode ocorrer de três formas: indireta, semi-direta e direta. A forma indireta é aquela onde uma radiografia convencional é escaneada em um escaner com tampa refletora. Após escaneada, a imagem pode ser manipulada e armazenada. Na semi-direta, placas de fósforo fotoestimuladas armazenam uma imagem latente por um período. A imagem latente é o resultado da excitação de elétrons dos cristais de fósforo. Para a aquisição dessa imagem, um feixe de laser

percorre a placa, liberando a energia em forma de luz, que é então capturada por um sensor fotomultiplicador, que converte o sinal ampliado em valores de *pixel*. Pela forma direta, a intensidade do feixe de raios X é medida diretamente em um meio eletrônico constituído de um grande número de elementos fotosensíveis (CCD). O sinal é então enviado para o computador como um sinal elétrico e convertido digitalmente. A superfície do sensor é coberta por uma camada intensificadora, para ampliar o sinal recebido. Os sistemas CCD são mais suscetíveis a formação de ruído, que é a excitação exagerada de um *pixel* que interfere na imagem de outro *pixel*. Esse efeito pode ser isolado, em linha e colunas inteiras.

No intuito de avaliar o ruído das imagens obtidas por três sensores digitais diretos - RVG, Sens-A-Ray e Visualix, WENZEL<sup>37</sup>, em 1994, utilizou um *phantom* e expôs a mesma região com três tempos distintos - 0,20s, 0,46s e 0,60s, com dez repetições. Todas as imagens foram importadas para um software específico onde se realizou a subtração radiográfica, dentro de cada faixa de tempo e para cada sistema digital. Por esse estudo, a autora conclui que existe diferença estatisticamente significativa entre os sistemas e que numa avaliação subjetiva, a densidade das imagens obtidas com o Visualix (0,20s) era similar a do RVG (0,46s) e Sens-A-Ray (0,60s), isto é, semelhantes porém com tempos de

exposição distintos. A autora também afirmou que quanto maior for a sensibilidade do sensor, maior será a produção de ruído nas imagens obtidas.

HARADA *et al.*<sup>17</sup> em 1995 avaliaram a relação entre a qualidade do feixe de radiação X - variando tensão, corrente e o tempo de exposição, como também as características das imagens do sensor CCD (Sens-A-Ray) - ruído, sensibilidade e contraste. Foram utilizados um disco de chumbo, uma escala de densidade de alumínio e a subtração radiográfica para este fim. Os resultados mostraram que o ruído aumenta em proporção ao tempo de exposição e que a sensibilidade e o contraste das imagens são inversamente proporcionais ao tempo de exposição.

Procurando comparar três sistemas digitais - Sens-A-Ray, Visualix/Vixa II e Digora entre si e com o filme intra-oral Kodak Ektaspeed Plus, em vários tempos de exposição, que BORG & GRÖNDAHL<sup>6</sup>, em 1996, avaliaram por análise interobservadores (cinco radiologistas, dois clínicos gerais e um aluno formando) vários fatores que podem interferir na qualidade da imagem radiográfica. Foram avaliados a qualidade subjetiva das imagens radiográficas de um *phantom* com dentes naturais; a presença de velamento no diâmetro cervical, para identificar velamento cervical de acordo com o aumento do tempo de exposição; a detecção de pequenas diferenças de massa em um bloco de alumínio

com vários furos, para simular lesões de cárie e a presença de velamento cervical por outro método, utilizando cilindros plásticos e de alumínio que eram colocados sobre os dentes. Os autores concluíram que o sistema Digora apresentou médias de qualidade de imagem similares ao filme, mas em faixas de tempo de exposição superior, enquanto os sistemas CCD estudados apresentaram imagens com qualidade inferior, porém com um menor tempo de exposição. Os resultados mostraram que o Digora foi o único sistema que reproduziu todos os furos do bloco de alumínio e que o diâmetro cervical dos dentes foi severamente afetados pela saturação dos sensores CCD e pelo velamento cervical dos filmes radiográficos, como também em relação aos cilindros de alumínio e plásticos utilizados para simular velamento cervical.

No ano de 1999, PAVAN<sup>26</sup> avaliou a possibilidade da utilização da densidade radiográfica invertida em lugar da densidade óptica, para o controle de qualidade em processamento radiográfico. O autor sensibilizou filmes radiográficos em cinco faixas distintas com vários tempos de exposição e os processou em diferentes combinações de temperatura/tempo. As radiopacidades foram avaliadas por fotodensitometria e também pelo método digital indireto, onde as radiografias foram digitalizadas e suas imagens foram avaliadas através dos valores de *pixel*. O autor concluiu que os as combinações de temperatura/tempo 30°C/1min, 35°C/30s e 40°C/20s, apresentaram valores

semelhantes ao padrão (20°C/5min). A utilização do sistema digital permitiu uma maior precisão dos resultados e rapidez no cálculo das leituras, sendo portanto capaz de substituir o método convencional.

ARAKI *et al.*<sup>5</sup> em 2000, compararam as propriedades sensitométricas e a resolução de quatro sistemas digitais, sendo três CCD (RVG-4, CDR e Dixel) e um sistema de placa de fósforo fotoestimulada (Digora). Os autores usaram um pequeno objeto metálico com 10µm de espessura, que ficava inclinado em relação ao sensor, que foi exposto com vários tempos de exposição, com o qual poderiam medir tanto a resolução como também a sensibilidade dos sistemas digitais. Os autores encontraram que o tamanho do *pixel* de cada aparelho não é o único fator que influencia na resolução das imagens dos sistemas digitais, pois o ruído também pode ser responsabilizado. Os estudos também permitiram concluir que o RVG-4 mostrou menor latitude, melhor resolução em relação ao Digora no entanto ressaltaram que essas características podem não afetar os resultados.

Também em 2000, KITAGAWA *et al.*<sup>21</sup> compararam três sistemas digitais semi-diretos - DenOptix, Digora e CD-Dent, sendo que para o DenOptix, foram usados duas diferentes placas de fósforo - BAS300 e HR300. Os autores utilizaram uma mandíbula de um cadáver com dentes e tecidos moles e

utilizando vários tempos de exposição, avaliaram de forma subjetiva por cinco profissionais, seis reparos anatômicos e um instrumental endodôntico. Como conclusões, os autores relataram que as imagens feitas com a combinação DenOptix/BAS300 apresentaram a melhor qualidade de imagem no geral, embora o sistema Digora tenha apresentado os melhores resultados para avaliação de tecidos moles.

PFEIFFER *et al.*<sup>27</sup> em 2000 utilizando *in vitro*, osso medular e dentes humanos, compararam os efeitos de diferentes fatores: tempo de exposição, distância, quilovoltagem, em relação ao detalhe, nitidez, contraste, de três sistemas digitais (dois CCD e um SPIP) e também com o filme convencional (Kodak Ektaspeed Plus). Os autores encontraram que o tempo entre 0,02 e 0,13 segundos, que a distância entre 33 a 40 cm e a tensão de 60 kVp, foram os fatores que apresentaram os melhores resultados na imagem digital, em comparação ao filme convencional, no que tange o detalhe, nitidez e contraste. Os autores afirmaram que o tempo de exposição para os sistemas digitais deve ser a metade do usado para filmes convencionais, mas que todas as imagens digitais tiveram que ser ajustadas em contraste e brilho, antes de serem avaliadas.

### 2.3 - Radiopacidade de materiais restauradores utilizando sistemas digitais

FARMAN *et al.*<sup>11</sup> (1996) compararam a sensibilidade de três sistemas digitais - dois CCD (CDR e Sens-A-Ray) e um SPIP (Digora), e filme Ektaspeed Plus (Kodak), em relação a radiopacidade de seis tipos diferentes de resinas - P 30 (3M), P40 (3M), Charisma (Kulzer), Oclusin (ICI), Ionosit (DGM) e Fuji Lining LC (GC) . Foram confeccionadas escalas de densidade de 1 a 5mm com as resinas estudadas e radiografadas em quatro diferentes tempos de exposição. As densidades foram avaliadas por densitometria óptica (para os filmes) e pelos valores de *pixel* (para os sistemas digitais). Os autores não encontraram diferenças estatisticamente significativas entre as resinas. Entre os métodos de aquisição de imagem, o CDR foi o mais sensível, seguido por Digora, Sens-A-Ray e o filme Ektaspeed Plus.

Em 1998, FENYO-PEREIRA<sup>12</sup> comparou a radiopacidade de seis diferentes tipos de porcelana - Noritake (Noritake), VMK 95 (United Co.), Vita Omega (Vita Zahnfabrik), Vitadur Alfa (Vita Zahnfabrik), Ceramco II (Ceramco Inc.) e Duceram LFC (Degussa S/A), utilizadas para a confecção de *inlay* e *onlay*, por meio dos métodos convencionais (filme/densitometria) e digital (leitura do valor de *pixel*), em relação ao dente humano. A autora concluiu que todos os materiais se mostraram menos radiopacos que o esmalte e que os dois

métodos se equivalem em uma relação inversa, pois no fotodensitômetro, quanto maior a densidade, maior o valor encontrado, ao contrário dos sistemas digitais, que quanto maior a densidade, menor será o valor encontrado.

No mesmo ano GÜRDAL & AKDENIZ<sup>15</sup> comparam a radiopacidade de nove diferentes tipos de resinas compostas em dois tipos de sistemas: densitometria digital de transmissão e análise do histograma das imagens digitalizadas. Em ambos os métodos, os resultados se mostraram semelhantes, com a mesma distribuição de radiopacidade para as resinas. Porém os autores relataram uma maior precisão na análise do histograma para pequenos detalhes.

Ainda no ano de 1998, WENZEL *et al.*<sup>39</sup> compararam *in vivo*, por meio de dois sistemas digitais - CCD (Siderix) e SPIP (Digora) e filmes periapicais Ektaspeed Plus (Kodak), a possibilidade de distinção entre as radiopacidades de diversos materiais dentários - resinas auto e fotopolimerizáveis, amálgama, ionômero de vidro auto e fotopolimerizável, e ionômero de vidro reforçado, em molares e caninos. Nos molares foram feitas cavidades classe II que foram e restauradas com amálgama, resina composta fotopolimerizável, cimento de ionômero de vidro, cimento de ionômero de vidro reforçado e resinas quimicamente ativadas. Nos caninos, foram feitas cavidades de classe III e restaurados com dois tipos de ionômero de vidro fotopolimerizável e uma resina

composta fotopolimerizável. A radiopacidade dos filmes era mensurada por meio da densitometria óptica e a dos sensores, por meio da leitura do valor do *pixel*. Os autores concluíram que os sistemas digitais se mostraram menos precisos para a identificação do tipo de material restaurador em relação ao filme convencional e que isso pode ter conseqüências odontológicas.

FIGUEIREDO *et al.*<sup>13</sup> em 1999 compararam quatro resinas compostas - Z100 (3M), TPH spectrum (Dentsply), Charisma (Kulzer) e Durafil VS (Kulzer), através do sistema digital Sens-A-Ray, analisando os valores de *pixel* e do padrão colorimétrico. Os resultados mostram que a resina Z100 apresentou maior radiopacidade em relação as resinas Charisma, TPD Spectrum e Durafil VS.

Também em 1999, MURCHISON *et al.*<sup>24</sup> avaliaram a radiopacidade de oito tipos de resinas compostas condensáveis - Aeliteflo (Bisco Dental), Crystal-Essence (Confi-Dental), FloRestore (Dent-Mat), Flow-it LF (Jeneric/Peltron), Revolution (Kerr/Sybron), Versaflo (Centrix), UltraSean XT Plus (Ultradent), Tetric Flow (Ivocler), em relação a uma escala de alumínio, estrutura dental de mesma espessura e uma resina amplamente utilizada, a Herculite XRV(Kerr/Sybron). Para a avaliação, utilizaram fotodensitometria de transmissão as radiografias foram também digitalizadas e o valor do *pixel* foi analisado em software apropriado. Os resultados mostraram não haver diferença

entre os métodos de avaliação e que em ambos os métodos, cinco materiais possuíam radiopacidade semelhante a dentina (AeliteFlo, Revolution, VersaFlo, UltraSeal XT Plus e FloRestore) e portanto não deveriam ser utilizados em restaurações em dentes posteriores. Quatro materiais (Herculite XRV, Crystal-Essence, Tetric Flow, Flow-it LF) apresentaram radiopacidade igual ou superior ao equivalente em esmalte.

### **3 - PROPOSIÇÃO**

Com base na literatura pesquisada e a constatação da poucos trabalhos comparando os vários sistemas digitais para o estudos das resinas compostas, propusemo-nos a:

- verificar a radiopacidade de resinas compostas fotopolimerizáveis, obtidas por meio de quatro sistemas digitais e do filme radiográfico do tipo F, de acordo com os padrões técnicos da ISO 4049;
- comparar, através da radiopacidade das resinas, os sistemas digitais e o filme radiográfico intra-bucal tipo F;
- avaliar se o percentual de radiopacidade do esmalte e da dentina quando obtido pelos sistemas digitais e pelo filme radiográfico InSight.

## 4 - METODOLOGIA

### 4.1 - Materiais

#### 4.1.1 - Resinas

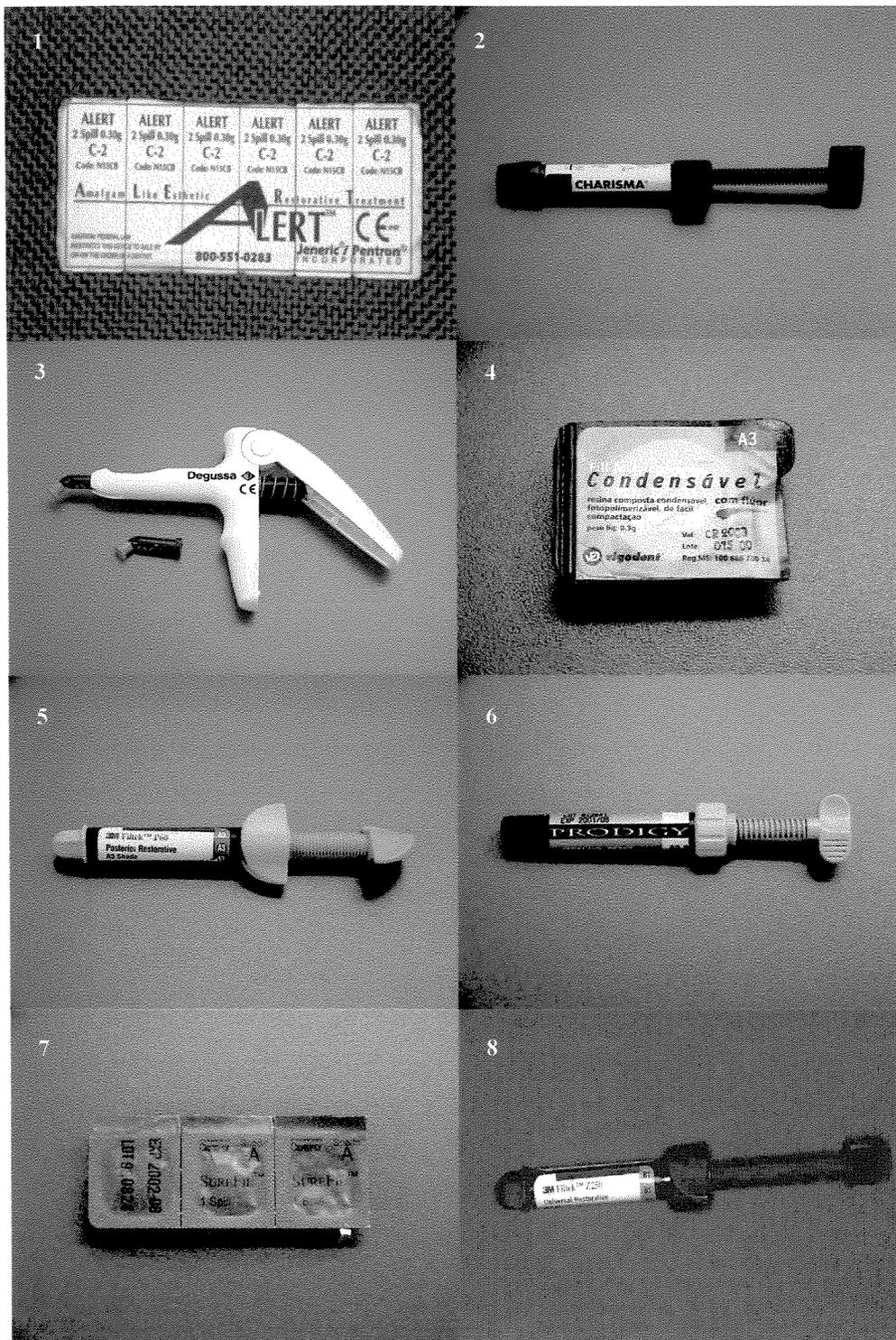
Foram utilizados oito tipos de resinas compostas fotopolimerizáveis, indicadas para restaurações em dentes posteriores (figura 1) - ALERT (amalgam like estetic restoration treatment), Charisma, Definite, FillMagic, P60, Prodigy, Surefil e Z250. Os dados dos fabricantes e a porcentagem de carga estão informados na tabela 1.

**Tabela 1**

Nome das resinas analisadas, fabricantes e porcentagem de carga

<b>PRODUTO</b>	<b>FABRICANTE</b>	<b>CARGA</b>
ALERT	Jeneric Pentron	NIF
Charisma	Haraeus Kulzer	60 %v / 79 %p
Definite	Degussa Hüls	NIF
FillMagic	Vigodent	81 %
P60	3M	61 %
Prodigy	Kerr Corporation	79 %
Surefil	Dentsply Indústria e Comércio LTDA	82 %
Z250	3M	60 %

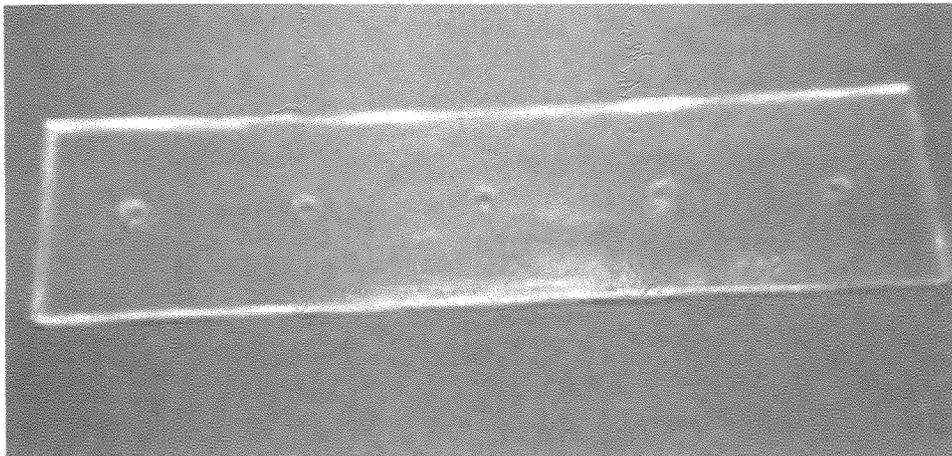
NIF: não informado pelo fabricante.



**Figura 1** - Resinas compostas utilizadas nesta pesquisa: ALERT (1), Charisma (2), Definite (3), FillMagic (4), P60 (5), Prodigy (6), SureFil (7) e Z250 (8).

#### 4.1.2. - Matriz

Foi elaborada uma matriz e contra-matriz de plexiglass, com 4 mm de diâmetro e 2 mm de espessura, onde foram confeccionados cinco amostras para cada resina estudada.



**Figura 2** - Matriz de plexiglass utilizada para a confecção dos corpos-de-prova.

#### 4.1.3 - Fotopolimerizador

Para a polimerização das resinas, foi utilizado um fotopolimerizador XL 1500 (3M), aferido por radiômetro (Demetron) em  $650\text{mW}/\text{cm}^2$ .

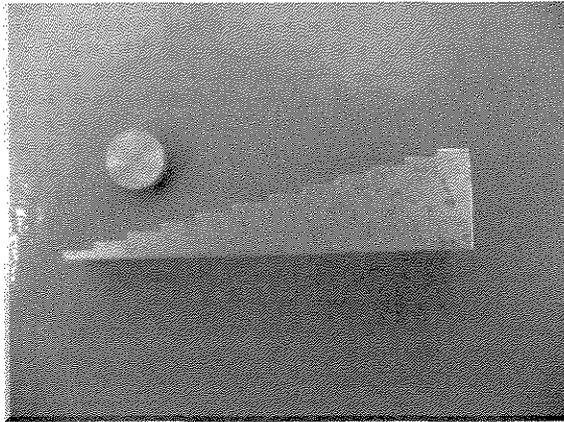
#### 4.1.4 - Estufa e termômetro

Para completar o ciclo de polimerização foram utilizados uma estufa e um termômetro.

UNICAMP  
BIBLIOTECA CENTRAL  
SEÇÃO CIRCULANTE

#### 4.1.5 - Escala de densidade e disco de chumbo

Foi utilizado uma escala de alumínio de doze degraus, com incrementos de 1 mm e um disco de chumbo, com 4 mm de espessura por 8 mm de diâmetro.



**Figura 3** - Escala de densidade e disco de chumbo.

#### 4.1.6 - Máquina de corte

Para a confecção de uma secção de esmalte e dentina de 2 mm de espessura de um terceiro molar inferior humano (anexo 6), foi utilizada a máquina de corte Miniton (Strues) com disco de diamante. O dente ficou armazenado em formaldeído a 1% durante a execução desse trabalho.

#### 4.1.7 - Paquímetro

Todas as amostras confeccionadas foram aferidas com um paquímetro digital.

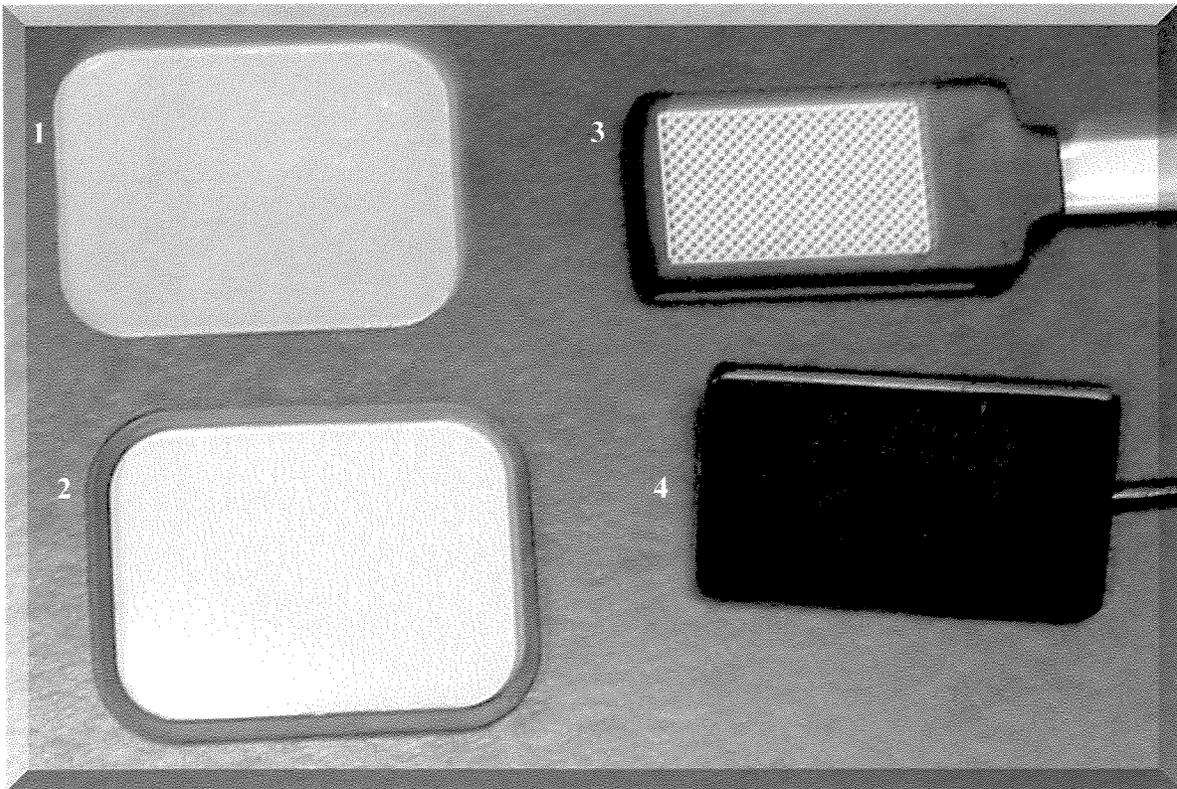
#### 4.1.8 - Sistemas digitais

Para o exame radiográfico foram utilizados quatro sistemas digitais, sendo dois semi-diretos por placas de fósforo fotoestimuladas, Digora (Soredex Finndent, Orion Corporation Ltd, Helsinki, Finland) e DenOptix (Gendex, Phillips Medical Systems Inc., Monza, Italy), e dois CCD, Sens-A-Ray (Regam Medical Systems, AB, Sundsvall, Sweden ) e CDR (Schick Industries, Long Island City, USA). As informações técnicas dos sensores digitais estão contidas na tabela 2 e as ilustrações dos mesmos das mesmas na figura 4.

**Tabela 2**

Características dos sensores digitais utilizados nesta pesquisa

	Tipo	Área ativa do sensor (mm)	Tamanho de <i>pixel</i> ( $\mu\text{m}$ )
Digora	SSIP	30 x 40	70 x 70
DenOptix	SSIP	31 x 41	85 x 85
Sens-A-Ray	CCD	23,5 X 27,6	44 x 44
CDR	CCD	25,2 x 36,5	48 x 48



**Figura 4** - Imagem dos quatro sensores: DenOptix (1), Digora (2), Sens-A-Ray (3) e CDR (4).

#### 4.1.9 - Filme radiográfico

Foram utilizados filmes radiográficos Kodak Insight IS-21 (Eastman Kodak Co., Rochester, U.S.A.), tamanho 2, sensibilidade F.

#### 4.1.10 - Identificador de filme intra-bucal

Os filmes foram identificados com letras e números próprios para filmes intra-bucais (Hawe - Neos Dental - Suisse), no lado contrário do picote. As letras representavam as iniciais de cada resina e o número indicava a repetição.

#### 4.1.11 - Processamento radiográfico

Para a execução do processamento radiográfico, foi utilizada a processadora Gendex GXP (Gendex, Phillips Medical Systems Inc., Monza, Italy) com líquidos Kodak e com tempo total de processamento de 5 minutos.

#### 4.1.12 - Feixe de radiação

- Aparelho: GE 1000 (General Electric Company, Milwaukee, U.S.A.), com filtragem total equivalente a 2,5mm de alumínio;

- Fatores: corrente de 10 mA; tensão de 70 kVp; distância de 40 cm foco/sensor e foco/filme; tempo de exposição para os CCD e para os filmes periapicais foi de 0,05 s, para as placas de fósforo fotoestimuladas, de 0,40 s.

#### 4.1.13 - Hardware e software

- desktop: IBM aptiva, com processador Pentium III, com 64 MB de RAM; scanner HP 4 c/t (IBM); Iomega zipdrive externo (Iomega) e sistema operacional Windows 98 (Microsoft);

- laptop: Satellite 2100CDT (Toshiba), com processdor AMD K6-II, 64 MB de RAM; Iomega zipdrive externo (Iomega), e sistema operacional Windows ME (Microsoft);

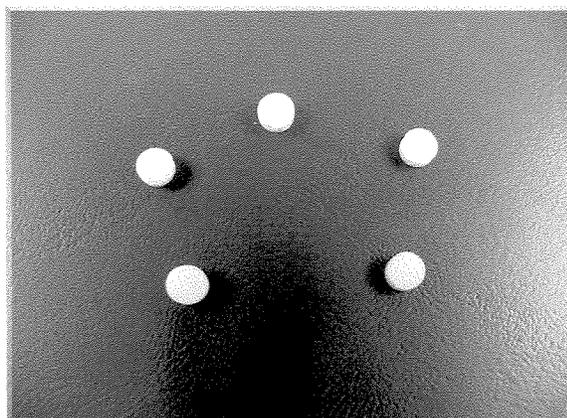
- software Digora for windows 1.51;

- software CDR<sup>®</sup> - Computed Dental Radiography for Microsoft<sup>®</sup> Windows<sup>®</sup> Version 2.1 NETWORK;
- software VixWin 2000 - Gendex Dental Systems;
- software Emago 3.01;
- software Adobe Photoshop;
- software Microsoft Excell 97 for Windows;
- software Sanest.

## **4.2 - Método**

### 4.2.1 - Corpos-de-prova

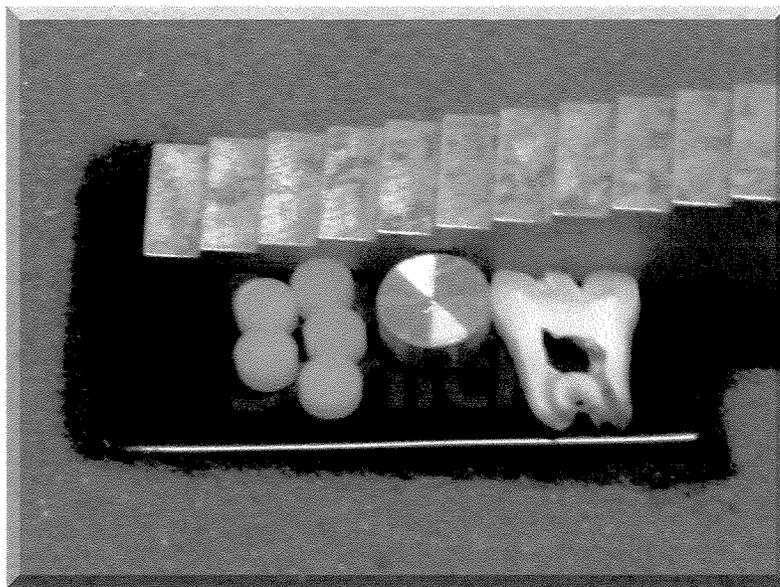
O procedimento de confecção dos corpos-de-prova, foi o seguinte: as resinas foram adaptadas nas matrizes de polietileno. Sobre elas foram colocados uma placa de vidro e sobre esta, um peso de 1kg durante um minuto. Após esse procedimento, cada corpo-de-prova foi polimerizado por 40 segundos com um fotopolimerizador XL 1500 (3M). Em seguida as amostras eram colocadas em estufa a 37°C por 24 horas, em condições de umidade controlada.



**Figura 5** - Corpos-de-prova prontos.

#### 4.2.2 - Exame radiográfico

Para o exame radiográfico, cinco repetições foram realizadas para cada resina, juntamente com o chumbo, escala de alumínio e amostra de esmalte e dentina, que eram colocados sobre o sensor ou filme.

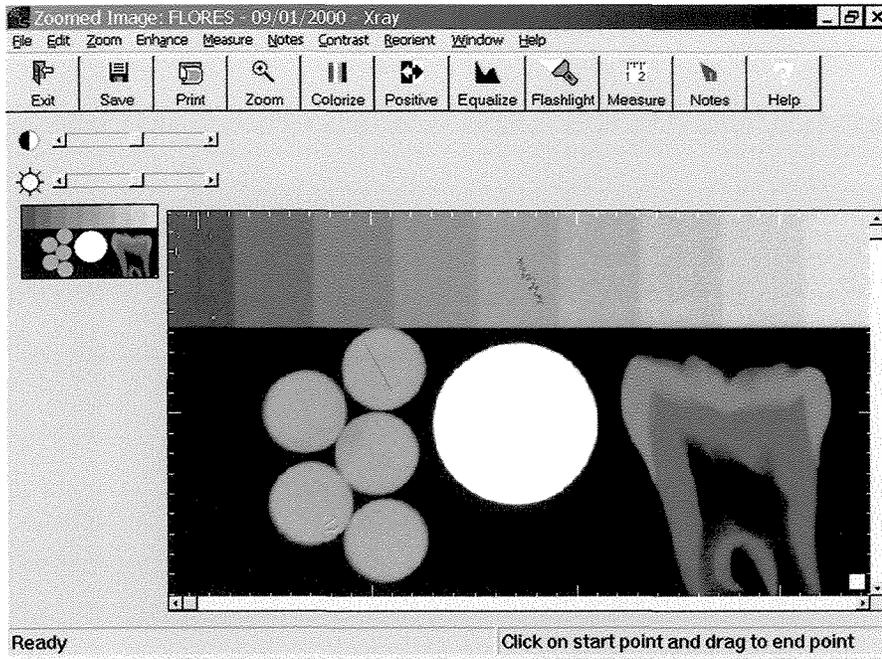


**Figura 6** - Posicionamento da escala de densidade, resinas, chumbo e dente sobre o sensor CDR.

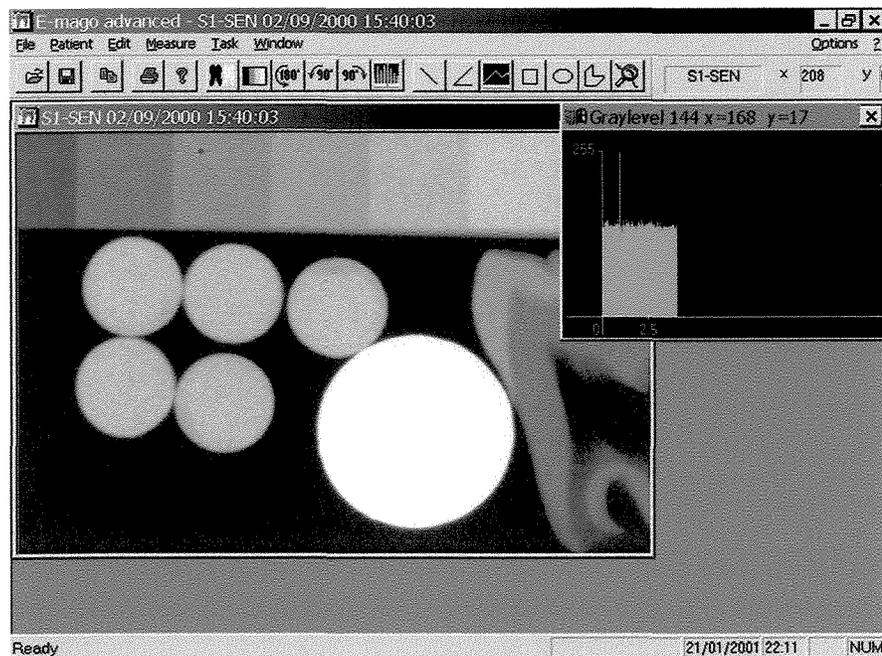
#### 4.2.3 - Análise das imagens obtidas

As imagens obtidas foram então armazenadas em seus respectivos softwares. Os filmes radiográficos foram processados pelo método automático e posteriormente escaneados.

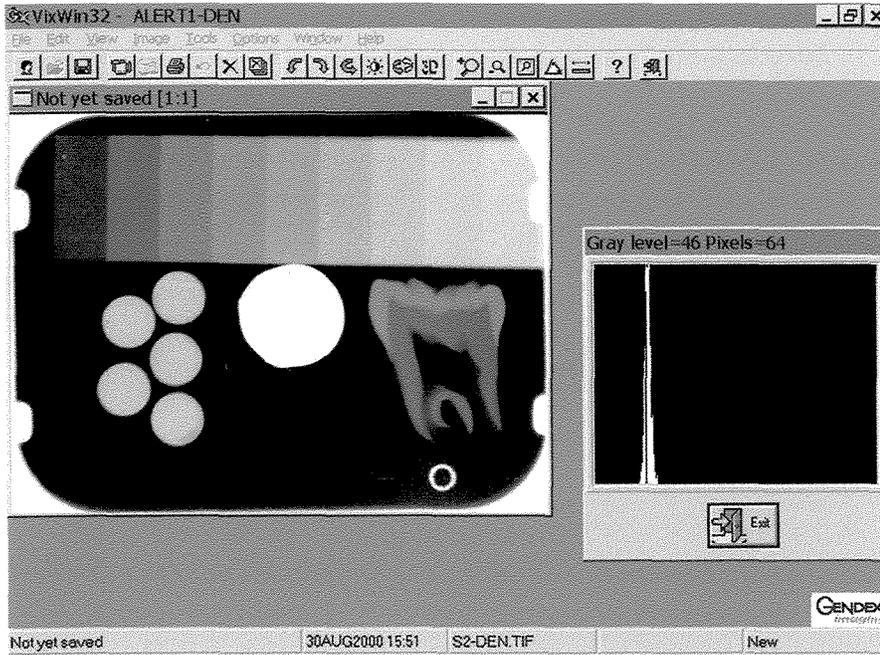
A densidade radiográfica de cada módulo radiografado (resinas, esmalte, dentina, escala de alumínio, chumbo) foi estipulada através da análise do histograma, em cada software separadamente (figuras 7, 8, 9, 10 e 11). Foram realizadas cinco repetições de leituras em cada módulo, na seguinte ordem: nos sete primeiros degraus da escala de alumínio, no chumbo, no esmalte, na dentina e nas cinco amostras de resina. As leituras eram realizadas em forma de linhas aleatórias sobre o objeto de estudo.



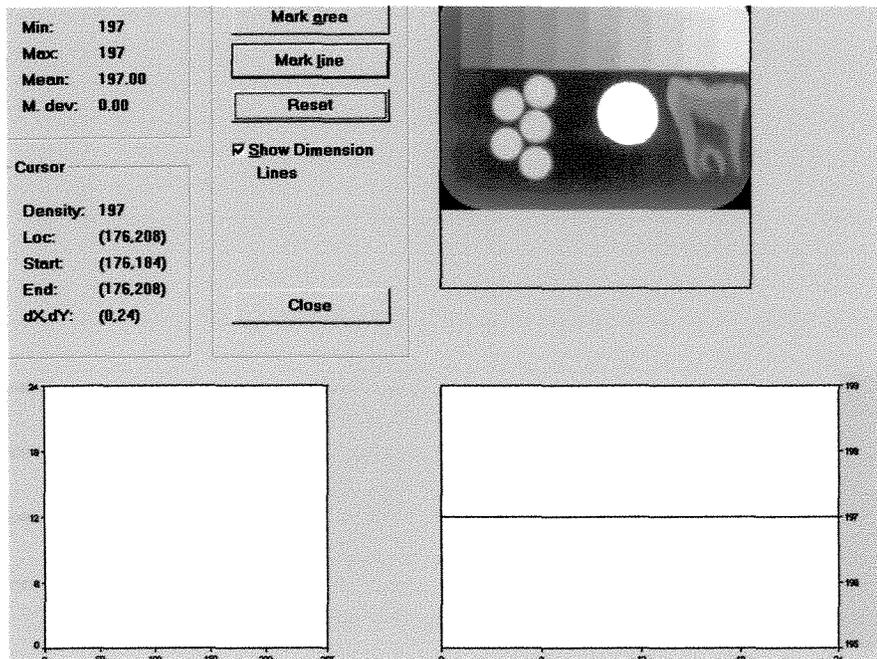
**Figura 7** - Imagem da tela de trabalho do software CDR<sup>®</sup> - Computed Dental Radiography for Microsoft<sup>®</sup> Windows<sup>®</sup> .



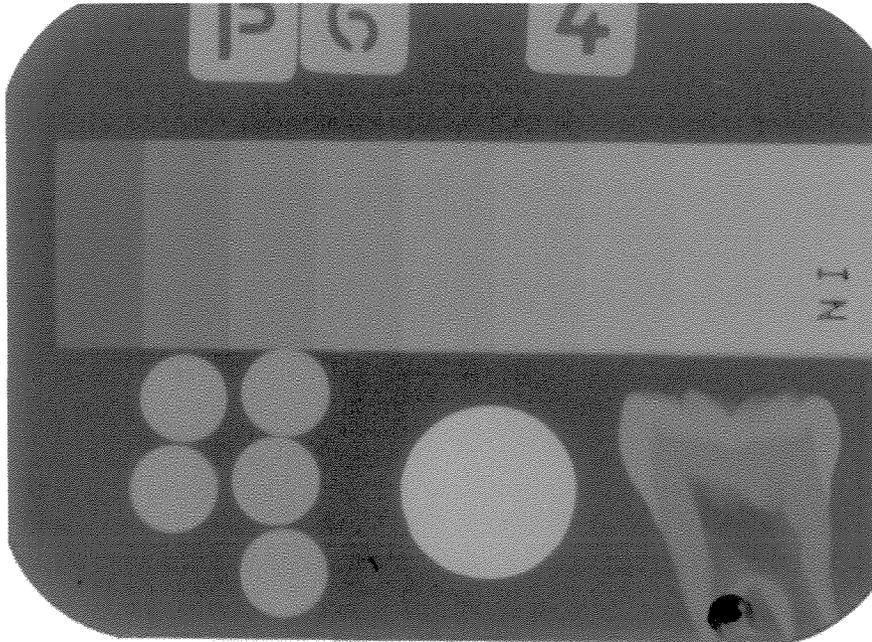
**Figura 8** - Imagem da tela de trabalho do software Emago 3.01 for Microsoft<sup>®</sup> Windows<sup>®</sup> .



**Figura 9** - Imagem da tela de trabalho do software VixWin 2000 - Gendex Dental Systems.



**Figura 10** - Imagem da tela de trabalho do software Digora for Windows version 1.51.



**Figura 11** - Imagem do filme InSight escaneado.

#### 4.2.4 - Análise estatística

As médias dos valores de *pixel* das densidade dos sete primeiros degraus da escala de densidade, assim como a de cada resina, vistas em cada sistema digital e no filme radiográfico escaneado foram submetidos a uma regressão linear, de onde se pode converter as médias dos valores de *pixel* das oito resinas, esmalte e dentina, em milímetros/equivalente de alumínio, que foram então submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey.

## 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização das radiografias nos sistema digital, realizou-se histogramas dos valores de *pixel* em cada software específico do seu sistema. Os valores obtidos da escala de densidade foram submetidos a uma regressão linear, que foi aplicada aos valores de *pixel* do esmalte, dentina e das resinas, de onde também se obtinha o equivalente em alumínio. As médias originais das leituras dos valores de *pixel* e as equações das regressões lineares, estão contidas nos anexos deste trabalho.

Os valores obtidos da regressão linear foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey, sendo os resultados apresentados na tabela 3.

**Tabela 3**

Quadro da análise de variância para os valores em equivalente em alumínio das resinas, esmalte e dentina, em todos os sistemas avaliados

Causas da variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	Valor F	Prob. > F
Aparelho	4	19.3600278	4.8400069	66.1330	0.00001
Resinas	9	330.0123513	36.6680390	501.0258	0.00001
Aparelho x Resina	36	15.5854288	0.4329286	5.9155	0.00001
Resíduo	200	14.6371858	0.0731859		
Total	249	379.5949936			

Média geral = 4.808720. Coeficiente de variação = 5.626 %.

A utilização dos valores de *pixel* das imagens digitais para o cálculo das densidades médias, em nada perde para os valores obtidos por meio da fotodensitometria. Estudos feitos por FENYO-PERREIRA<sup>12</sup> em 1998, GÜRDAL & AKDENIZ<sup>15</sup> em 1998, MURCHINSON *et al.*<sup>24</sup> 1999 e PAVAN *et al.*<sup>26</sup> em 1999, compararam estes dois métodos e não acharam diferenças estatisticamente significantes entre eles.

FIGUEREDO *et al.*<sup>13</sup> (1999) usou somente o sistema digital direto para avaliar a radiopacidade de resinas compostas. Em seu estudo a resina Z100 apresentou a maior radiopacidade, seguido da resina Charisma, TPD Spectrum e Durafil VS. Em nosso estudo a resina Charisma também apresentou alta radiopacidade.

Para todos os sistemas digitais e também para o filme radiográfico, as médias das densidades das resinas foram iguais ou superiores as médias obtidas para o esmalte - tabela 4. Para todos os sistemas digitais e para o filme convencional, a resina Surefil apresentou maior radiopacidade numérica. Este dado vai ao encontro dos achados de WATTS<sup>35</sup> (1987) que atribui a maior porcentagem de carga como responsável pela maior radiopacidade. A resina

ALERT apresentou a menor radiopacidade entre as resinas estudadas em todos os sistemas digitais e filme radiográfico. Suas médias se apresentaram estatisticamente semelhantes as do esmalte para todos os sistemas digitais e para o filme convencional, como também a resina Definite para o sistema digital Sens-A-Ray e filme radiográfico, apesar de sua alta porcentagem de carga.

**Tabela 4**

Médias dos valores em equivalente em alumínio (mm) das resinas, esmalte e dentina, para cada sistema separadamente

	Sens-A-Ray		CDR		DenOptix		Digora		Filme F	
<b>ALERT</b>	3,752	c	3,760	f	4,246	e	4,324	e	3,784	d
<b>Charisma</b>	5,246	ab	5,656	bc	6,196	abc	5,970	b	4,876	bc
<b>Definite</b>	4,204	c	4,574	e	5,272	d	4,868	d	3,914	d
<b>FillMagic</b>	4,968	b	5,218	cd	6,296	ab	5,774	bc	4,634	c
<b>P60</b>	5,730	a	5,904	ab	5,584	d	5,496	bc	5,638	a
<b>Prodigy</b>	4,886	b	5,104	de	5,794	bcd	5,590	bc	4,868	bc
<b>Surefil</b>	5,704	a	6,230	a	6,736	a	6,526	a	5,322	ab
<b>Z250</b>	5,562	a	5,704	abc	5,722	cd	5,320	cd	5,358	ab
<b>Esmalte</b>	4,140	c	3,770	f	4,282	e	3,896	e	3,876	d
<b>Dentina</b>	2,112	d	1,764	g	2,256	f	1,978	f	2,052	e

Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si ao nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ), dentro da mesma coluna.

Nossos resultados diferem dos achados por ABOU-TABL *et al.*<sup>1</sup> (1979), COOK<sup>8</sup> (1981), STANDFORD *et al.*<sup>31</sup> (1987), onde os materiais restauradores apresentaram radiopacidade semelhante a dentina. Porém, isto é justificável já que a ISO 4049<sup>19</sup> (1985), estabeleceu que a radiopacidade mínima para as resinas

compostas usadas em restaurações de classe II, deveria ser igual ou superior ao seu equivalente em alumínio, ficando semelhante a radiopacidade da dentina. Portanto, todos os materiais estavam de acordo com as normas de fabricação.

Na literatura encontramos os trabalhos de OMER *et al.*<sup>25</sup> (1986), VAN DIJKEN *et al.*<sup>34</sup> (1989), CURTIS JR *et al.*<sup>9</sup> (1990), WILLEMS *et al.*<sup>40</sup> (1991), TOYOOKA *et al.*<sup>32</sup> (1993), SIDHU *et al.*<sup>30</sup> (1996), MAROUF & SIDHU<sup>22</sup> (1998), BOUSCHLICHER *et al.*<sup>7</sup> (1999) e HARA *et al.*<sup>16</sup> (1999), que avaliaram materiais restauradores, e que encontraram algumas resinas que estavam fora da norma ISO 4049<sup>19</sup>. Esses autores encontraram materiais restauradores que possuíam radiopacidade igual ou superior ao esmalte, materiais com radiopacidade igual ou superior a dentina, e materiais com radiopacidade inferior a dentina. Para as resinas testadas, todas apresentavam-se com radiopacidade igual ou superior ao esmalte. Nossos resultados são semelhantes aos obtidos por WILLIAMS & BILLINTON<sup>42</sup> (1990).

A idéia de maior radiopacidade também foi sugerido por COOK<sup>8</sup> (1981), OMER *et al.*<sup>25</sup> (1986), CURTIS JR *et al.*<sup>9</sup> (1990), PRÉVOST *et al.*<sup>28</sup> (1990), GOSHIMA & GOSHIMA<sup>14</sup> (1990), EL-MOWAFY *et al.*<sup>10</sup> (1991), pois acreditavam que isso proporcionaria melhor diagnóstico para cáries e melhor identificação de falhas nas restaurações com resinas compostas, porém essa

radiopacidade não deveria ser muito elevada, pois a alta radiopacidade segundo STANDFORD *et al.*<sup>31</sup> (1987), CURTIS JR *et al.*<sup>9</sup> (1990) e AKERBBOM *et al.*<sup>2</sup> (1993), acrescentada à diferença de radiopacidade entre a resina composta e seu forrador podem provocar o inverso do desejado, ou seja, maior dificuldade no diagnóstico das falhas das restaurações e das cáries recorrentes.

Neste estudo, as médias entre os sistemas digitais semi-diretos - Digora e DenOptix foram estatisticamente semelhantes entre si, com exceção para a resina FillMagic, como também as médias obtidas entre os sistemas digitais diretos - CDR e Sens-A-Ray, com exceção para a resina Surefil. As médias do filme convencional intra-oral InSight IS-21 foram estatisticamente semelhantes as obtidas pelo sistema Sens-A-Ray, para todas as resinas, esmalte e dentina, conforme mostra a tabela 5.

Pequenas variações de radiopacidade foram encontrados para algumas resinas nos sistemas digitais e filme radiográfico, como por exemplo as resinas P60 e Z250, que se apresentaram como as mais radiopacas nos sistemas digitais diretos, e com menor radiopacidade nos sistemas digitais semi-diretos. Essa variação de radiopacidade pode estar relacionada com a variação de tensão da rede elétrica.

Estes resultados discordam daqueles encontrados por FARMAM *et al.*<sup>11</sup> (1996) onde o Digora se apresentou mais sensível do que o Sens-A-Ray, isto é, utilizava menores tempos de exposição. Isso pode ser explicado pelo fato do autor usar vários tempos de exposição e manipular as imagens do Digora, o que não foi feito nesta pesquisa. Neste estudo, o sistema Sens-A-Ray mostrou média semelhante ao filme convencional.

**Tabela 5**

Médias dos valores em equivalente em alumínio (mm) das resinas, esmalte e dentina, em todos os sistemas digitais e filme convencional

	<b>Sens-A-Ray</b>		<b>CDR</b>		<b>DenOptix</b>		<b>Digora</b>		<b>Filme F</b>	
<b>ALERT</b>	3,752	C	3,760	C	4,246	AB	4,324	A	3,784	BC
<b>Charisma</b>	5,246	CD	5,656	BC	6,196	A	5,970	AB	4,876	D
<b>Definite</b>	4,204	CD	4,574	BC	5,272	A	4,868	AB	3,914	D
<b>FillMagic</b>	4,968	CD	5,218	C	6,296	A	5,774	B	4,634	D
<b>P60</b>	5,730	A	5,904	A	5,584	A	5,496	A	5,638	A
<b>Prodigy</b>	4,886	B	5,104	B	5,794	A	5,590	A	4,868	B
<b>Surefil</b>	5,704	C	6,230	B	6,736	A	6,526	AB	5,322	C
<b>Z250</b>	5,562	A	5,704	A	5,722	A	5,320	A	5,358	A
<b>Esmalte</b>	4,140	AB	3,770	B	4,282	A	3,896	AB	3,876	AB
<b>Dentina</b>	2,112	AB	1,764	B	2,256	A	1,978	AB	2,052	AB

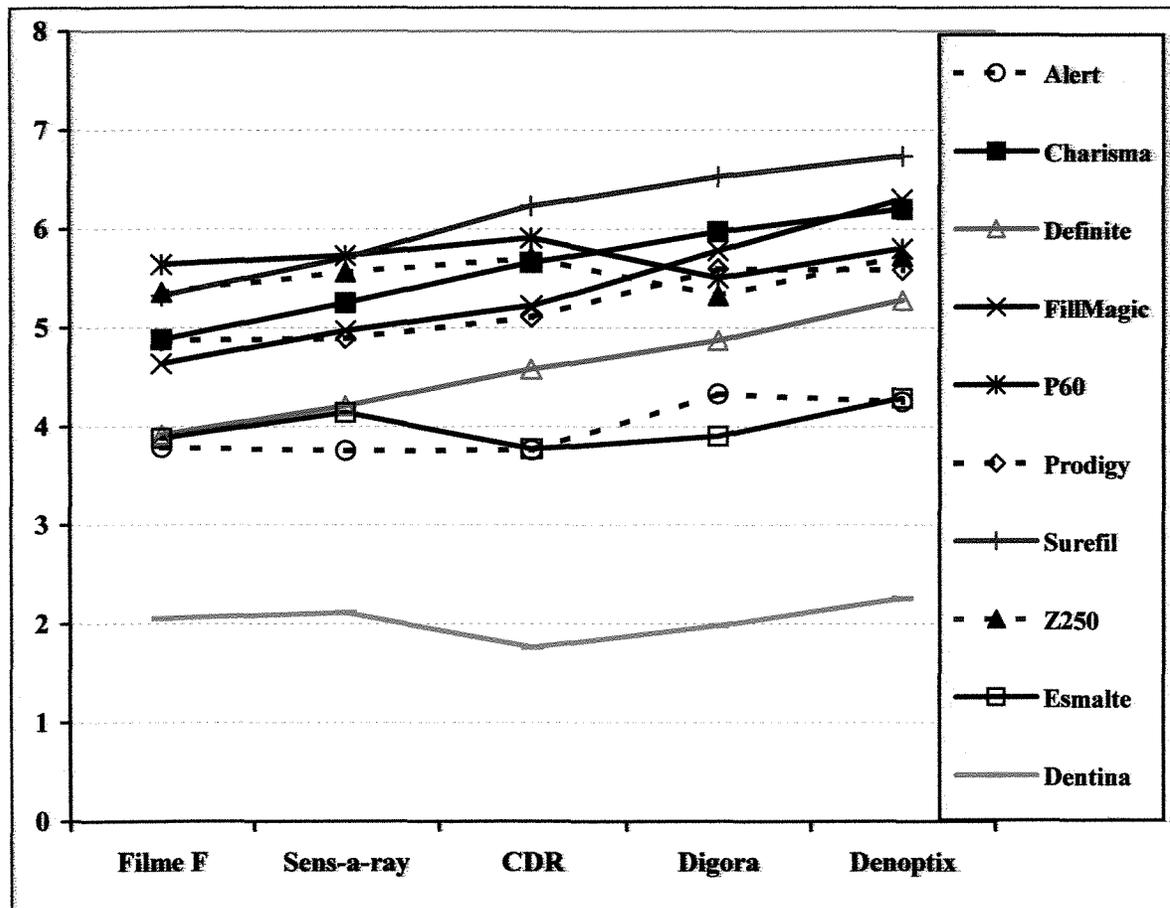
Médias seguidas por letras distintas, diferem entre si ao nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ), dentro da mesma linha.

A utilização de tempos diferentes de exposição em relação ao sistema utilizado foi determinado em um estudo piloto prévio, comprovando assim a maior sensibilidade dos sistemas digitais diretos. Esta maior sensibilidade destes

sensores não necessariamente significa melhor imagem, pois pode acarretar a presença de ruído na imagem, que pode ser maior se aumentarmos o tempo de exposição, com conseqüente diminuição da qualidade do contraste da imagem digital (WENZEL<sup>37</sup> em 1994, HARADA *et al.*<sup>17</sup> em 1995).

Em nosso estudo podemos observar a maior latitude dos sistemas digitais semi-diretos em relação aos sistemas diretos e o filme convencional (gráfico 1), resultados estes concordantes com os achados de BORG & GRÖNDAHL<sup>6</sup> (1996). A manipulação das imagens radiográficas em brilho, contraste e aplicação de filtros para ruído pode melhorar a qualidade da imagem (PFEIFFER *et al.*<sup>27</sup> 2000), porém não se pode alterar os valores do histograma. Entre os sistemas digitais semi-diretos, KITAGAWA *et al.*<sup>21</sup> (2000) encontraram uma melhor qualidade de imagem para o sistema DenOptix em relação ao Digora, sendo a única exceção a imagem de tecidos moles (baixos valores de *pixel*). Porém ARAKI *et al.*<sup>5</sup> em 2000, em um estudo mais recente, afirmaram que o sistema digital direto RVG-4 apresenta sim menor latitude, porém maior resolução do que o Digora. Apesar disso, os autores pensam que este dado em nada interfere no resultado de uma pesquisa.

Para WENZEL *et al.*<sup>39</sup> (1998) os filmes convencionais se mostraram mais precisos na identificação do tipo de material restaurador. Por esta razão podemos ratificar que o sistema direto Sens-A-Ray, por apresentar-se estatisticamente semelhante aos valores dos filme, seria o mais indicado para identificarmos tipos de materiais restauradores.



**Gráfico 1** - Médias dos valores equivalentes em milímetros de alumínio, para todas as resinas, esmalte e dentina, em todos os sistemas digitais e filme convencional.

Encontramos valores de esmalte e dentina numericamente semelhantes para todos os sistemas digitais e filme convencional (tabela 6), o que ratifica ainda mais as diferenças de sensibilidade entre eles.

**Tabela 6**

Alumínio equivalente do esmalte e dentina e sua conversão  
para porcentagem de alumínio

	Esmalte		Dentina	
	Al equivalente	% de Al	Al equivalente	% de Al
<b>S-A-R</b>	4,140	207	2,112	105
<b>CDR</b>	3,770	188	1,764	88
<b>DenOptix</b>	4,282	214	2,256	113
<b>Digora</b>	3,896	195	1,978	99
<b>Filme F</b>	3,876	194	2,052	103

As médias sofreram variações para estes quesitos entre os sistemas, mas foram semelhantes as encontradas por STANDFORD *et al.*<sup>31</sup> (1987), com 79% para a dentina e 222% para o esmalte, WILLIAMS & BILLINGTON<sup>41</sup> (1987) com 100% para a dentina e 210% para o esmalte, WILLIAMS & BILLINGTON<sup>42</sup> (1990) com 100% para a dentina e 220% para o esmalte EL-MOWAFY & BENMERGUI<sup>10</sup> (1991) com 116% para a dentina e 184% para o esmalte, e BOUSCHLICHER *et al.*<sup>7</sup> (1999) com 100% para a dentina e 165% para o esmalte. Essas pequenas variações podem estar relacionadas ao tempo de armazenamento do dente, e a conseqüente perda de radiopacidade por desmineralização (WILLIAMS & BILLINGTON<sup>42</sup> - 1990).

## 6 - CONCLUSÕES

Após análise e discussão criteriosas dos resultados, podemos concluir que:

- todas as resinas compostas fotopolimerizáveis avaliadas pelos quatro sistemas digitais e filme radiográfico tipo F, se encontram de acordo com as padrões técnicos da ISO 4049;
- quando a radiopacidade de materiais restauradores foi analisadas, os sistemas semi-diretos Digora e DenOptix foram semelhantes entre si. O mesmo ocorreu para os sistemas diretos CDR e Sens-A-Ray, sendo que o Sens-A-Ray apresentou média semelhante ao filme convencional intra-oral InSight;
- as médias de radiopacidade em equivalente de alumínio em porcentagem do esmalte e dentina sofrem variações conforme o meio de obtenção, porém estando de dentro dos valores encontrados em literatura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS\*

1. ABOU-TABL, Z.M.; TIDY, D.C.; COMBE, E.C. Radiopacity of composite restorative. **Br Dent J**, London, v.147, p.187-189, 1979.
2. AKERBOOM, H.B.M.; KREULEN, C.M.; van AMERONGEN, W.E.; *et al.* Radiopacity of posterior composite resins, composite resin luting cements, and glass ionomer lining cements. **J Prosthet Dent**, Saint Louis, v.70, n.4, p.351-355, 1993.
3. AMERICAN DENTAL ASSOCIATION COUNCIL ON DENTAL MATERIALS, INSTRUMENTS AND EQUIPMENTS. The desirability of using radiopaque plastic in dentistry: a status report. **J Am Dent Assoc**, Chicago, v.102, p.347-349, 1981.
4. AMERICAN DENTAL ASSOCIATION COUNCIL ON DENTAL MATERIALS, INSTRUMENTS AND EQUIPMENTS. Status report on posterior composites. **J Am Dent Assoc**, Chicago, v.107, p.74-76, 1983.
5. ARAKI, K.; ENDO, A.; OKANO, T. An objective comparison of four digital intra-oral radiographic systems: sensitometric properties and resolution. **Dentomaxillofac Radiol**, London, v.29, p. 76-80, 2000.

---

\* Baseada na NBR-6023 de agosto de 2000, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Abreviaturas dos títulos dos periódicos em conformidade com o MEDLINE.

6. BORG, E.; GRÖNDAHL, H.G. On the dynamic range of different X-ray photon detectors in intra-oral radiography. A comparison of image quality in film, charge-coupled device and storage phosphor systems. **Dentomaxillofac Radiol**, London, v.25, n.2, p.82-88, 1996.
7. BOUSCHLICHER, M.R.; COBB, D.S.; BOYER, D.B. Radiopacity of compomers, flowable and conventional resin composites for posterior restorations. **Oper Dent**, Seattle, v.24, p.20-25, 1999.
8. COOK, W.D. An investigation of radiopacity of composite restorative materials. **Aust Dent J**, Canberra, v.26, n.2, p.105-112, 1981.
9. CURTIS JR., P.M.; VON FRAUNHOFER, J.A.; FARMAN, A.G. The radiographic density of composite restorative resins. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, Saint Louis, v.70, n.2, p.226-230, 1990.
10. EL-MOWAFY, O.M.; BROWN, J.W.; McCOMB, D. Radiopacity of direct ceramic inlay restoratives. **J Dent**, 19(6): 366-8, 1991.
11. FARMAN, T.T.; FARMAN, A.G.; SCARFE, W.C.; *et al.* Optical densities of dental resin composites: a comparison of CCD, storage phosphor, and Ektaspeed Plus radiographic film. **Gen Dent**, Chicago, v.44, n.6, p.532-537, 1996.

12. FENYO-PEREIRA, M. **Avaliação, por meio dos métodos convencionais e digital, da radiopacidade de diferentes marcas de porcelana utilizadas na confecção de *inlay* / *onlay*.** Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, 1998. 103p.
13. FIGUEIREDO, J.A.P.; VIDOR, M.; BENTO, L.W. et al. Avaliação da radiopacidade de quatro marcas de resinas compostas fotopolimerizáveis através de imagem digitalizada. **Stomatós**, Canoas, v.8, p.15-22, 1999.
14. GOSHIMA, T.; GOSHIMA, Y. Radiographic detection of recurrent carious lesions associated with composite restorations. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, Saint Louis, v.70, n.2, p.236-239, 1990.
15. GÜRDAL, P.; AKDENIZ, B.G. Comparison of two methods for radiometric evaluation of resins-based restorative materials. **Dentomaxillofac Radiol**, London, v.27, p.236-239, 1998.
16. HARA, A.T.; SERRA, M.C.; RODRIGUES JR, A.L. Radiopacity of Glass-Ionomer/Composite Resin Hybrid Materials. **Braz Dent J**, v. 12, n.2, p.85-89, 2001.

17. HARADA, T.; NISHIKAWA, K.; SHIBUYA, H.; *et al.* Sens-A-Ray characteristics with variations of beam quality. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, Saint Louis, v.80, p.120-123, 1995.
18. HILDEBOLT, C.F.; COUTURE, R.A.; WHITING, B.R. Dental Photostimulable Phosphor Radiography. **Dent Clin North Am**, Philadelphia, v.44, n.2, p.273-298, April, 2000.
19. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO Standart 4049: Dentistry-Resin-based Filling Materials 7.11.1-4. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization, 1988 *apud* BOUSCHLICHER, M.R.; COBB, D.S.; BOYER, D.B. Radiopacity of compomers, flowable and conventional resin composites for posterior restorations. **Oper Dent**, Seattle, v.24, p.20-25, 1999.
20. JANHOM, A; VAN DER STELT, P.F.; VAN GINKEL, F.C.; *et al.* Effect on the compressibility and diagnostic accuracy for caries detection of digital bitewing radiographs. **Dentomaxillofac Radiol**, London, v.28, p.6-12, 1999.
21. KITAGAWA, H.; FARMAN, A.G.; SCHEETZ, J.P.; *et al.* Comparison of tree intra-oral storage phosphor systems using subjective image quality. **Dentomaxillofac Radiol**, London, v.29, p.272-276, 2000.

22. MAROUF, N.; SIDHU, S.K. A study on the radiopacity of different shades of resin-modified glass-ionomer restorative materials. **Oper Dent**, Seattle, v.23, p.10-14, 1998.
23. MØYSTAD, A.; SVANAES, D.B.; RISNES, S.; *et al.* Detection of approximal caries with a storage phosphor system. A comparison of enhanced digital images with dental X-ray film. **Dentomaxillofac Radiol**, London, v.25, n.4, p.202-206, 1996.
24. MURCHISON, D.F.; CHARLTON, D.G.; MOORE, W.S. Comparative radiopacity of flowable resin composites. **Quintessence Int**, Berlin, v.30, n.3, p.179-184, 1999.
25. OMER, O.E.; WILSON, N.H.F.; WATTS, D.C. Radiopacity of posterior composites. **J Dent**, Oxford, v.14, p.178-179, 1986.
26. PAVAN, A. J. **Avaliação da solução Kodak quando utilizada para o processamento de filmes intrabucais DF-58, no que se refere às densidades ótica e radiográfica analisada pelo fotodensitômetro MRA e pelo sistema digital digora.** Tese (Doutorado) - Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo, 1999. 95p.
27. PFEIFFER, P.; SCHMAGE, P.; NERGIZ, I.; *et al.* Effects of different exposure values on diagnostic accuracy of digital images. **Quintessence Int**, Berlin, v.31, n.4, p.257-260, 2000.

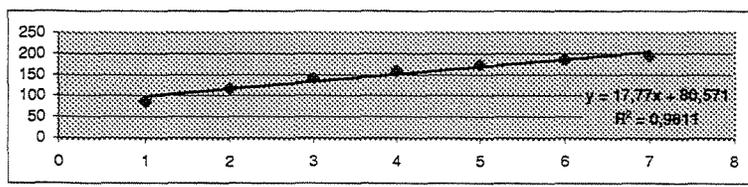
28. PRÉVOST, A.P.; FOREST, D.; TANGUAY, R; *et al.* Radiopacity of glass ionomer dental materials. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, Saint Louis, v.70, n.2, p.231-235, 1990.
29. SANDERINK, G.C.H. Intraoral Detectors: CCD, CMOS, TFT, and Others Devices. **Dent Clin North Am**, Philadelphia, v.44, n.2, p.249-256, April, 2000.
30. SIDHU, S.K.; SHAH, P.M.M.; CHONG, B.S.; *et al.* Radiopacity of resin-modified glass-ionomer restorative cements. **Quintessence Int**, Berlin, 27(9): 639-43, 1996.
31. STANDFORD, C.M.; FAN, P.L.; SCHOENFELD, C.M.; *et al.* Radiopacity of light-cured posterior composite resins. **J Am Dent Assoc**, Chicago, v.115, p.722-724, November, 1987.
32. TOYOOKA, H.; TAIRA, M.; WAKASA, K.; *et al.* Radiopacity of 12 visible-light-cured dental composite resins. **J Oral Rehabil**, Oxford, v.20, p.623-625, 1993.
33. VAN DER STELT, P. Principles of Digital Imaging. **Dent Clin North Am**, Philadelphia, v.44, n.2, p. 237-248, April, 2000.
34. VAN DIJKEN, J.W.V.; WING, K.R.; RUYTER, I.E. An evaluation of the radiopacity of composite restorative materials used in class I and II cavities. **Acta Odontol Scand**, v.47, p.401-407, 1989.

35. WATTS, D.C. Radiopacity vs. composition of some barium and strontium glass composites. **J Dent**, Chicago, v.15, n.1, p.38-43, 1987.
36. WELANDER, U.; MCDAVID, W.D.; SANDERINK, G.C.H.; *et al.* Resolution as defined by line spread and modulation transfer functions for four digital intraoral radiographic systems. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, Saint Louis, v.78, n.1, p.109-115, 1994.
37. WENZEL, A. Sensor noise in direct imaging (the RadioVisioGraphy, Sens-A-Ray, and Visualix/Vixa systems) evaluated by subtraction radiography. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, Saint Louis, v.77, n.1, p.70-74, 1994.
38. WENZEL, A. Digital radiography and caries diagnosis. **Dentomaxillofac Radiol**, London, v.27, p.3-11, 1998
39. WENZEL, A.; HINTZE, H.; HØRSTED-BINDSLEV, P. Discrimination between restorative dental materials by their radiopacity measured in film radiographs and digital images. **J Forensic Odontostomatol**, Adelaide, v.16, n.1, p.8-13, 1998.
40. WILLEMS, G.; NOACK, M.J.; INOKOSHI, S.; *et al.* Radiopacity of composites with human enamel and dentine. **J Dent**, Oxford, v.19, p.362-365, 1991.

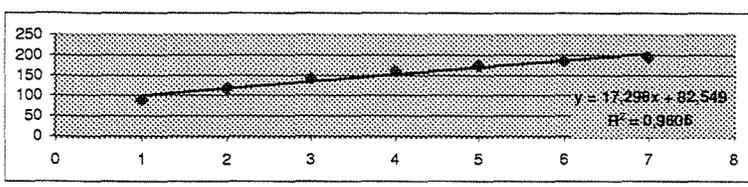
41. WILLIAMS, J.A.; BILLINGTON, R.W. A new technique for measuring the radiopacity of natural tooth substance and restorative materials. **J Oral Rehabil**, v.14, p.267-269, 1987.
42. WILLIAMS, J.A.; BILLINGTON, R.W. The radiopacity of glass ionomer dental materials. **J Oral Rehabil Dent**, Oxford, v.17, p.245-248, 1990.

**Anexo 1.** Médias da escala de densidade, esmalte, dentina e dos cinco corpos-de-prova e equações de regressão linear para o sistema digital Sens-A-Ray.

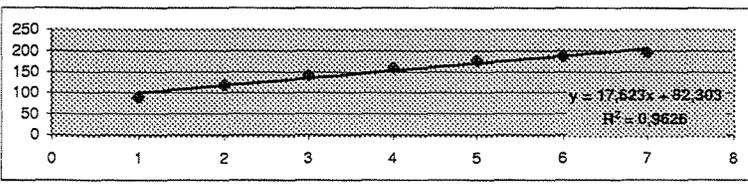
AI1	87,0	A	E	154,0	4,13
AI2	117,2	L	D	118,6	2,14
AI3	141,3	E	R1	154,0	4,13
AI4	160,0	R	R2	143,1	3,52
AI5	173,8	T	R3	144,5	3,60
AI6	186,4		R4	145,5	3,65
AI7	195,9		R5	149,2	3,86



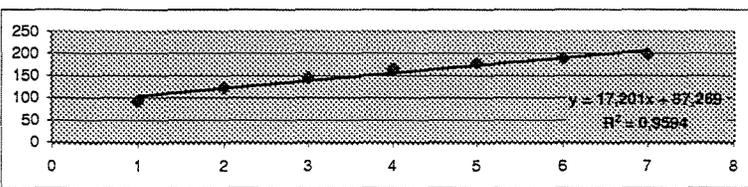
AI1	89,3	C	E	154,2	4,14
AI2	117,4	H	D	118,4	2,08
AI3	141,1	A	R1	169,1	5,00
AI4	160,8	R	R2	169,3	5,02
AI5	174,0	S	R3	172,4	5,19
AI6	184,8	I	R4	175,1	5,35
AI7	194,8	M	R5	180,6	5,67



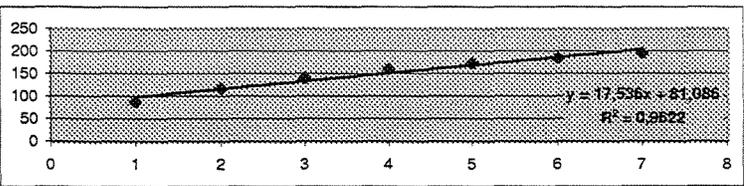
AI1	89,3	D	E	156,0	4,18
AI2	118,4	F	D	120,7	2,18
AI3	141,8	E	R1	153,5	4,04
AI4	160,0	I	R2	151,8	3,95
AI5	176,8	N	R3	162,0	4,52
AI6	186,8	I	R4	160,6	4,44
AI7	196,4	T	R5	154,0	4,07



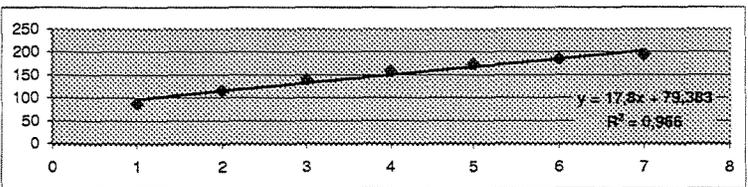
AI1	93,2	F	E	159,2	4,18
AI2	123,2	I	D	125,2	2,21
AI3	145,1	L	R1	180,7	5,43
AI4	165,0	M	R2	168,4	4,72
AI5	178,2	A	R3	169,5	4,78
AI6	188,8	G	R4	179,6	5,37
AI7	199,0	I	R5	165,4	4,54



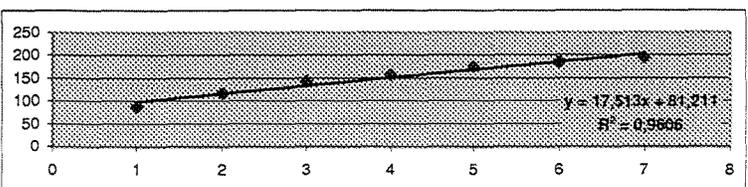
AI1	87,6	P	E	151,7	4,03
AI2	117,4	6	D	115,8	1,98
AI3	140,4	O	R1	180,8	5,69
AI4	159,9		R2	180,3	5,66
AI5	173,2		R3	187,6	6,08
AI6	184,8		R4	181,4	5,72
AI7	195,4		R5	177,5	5,50



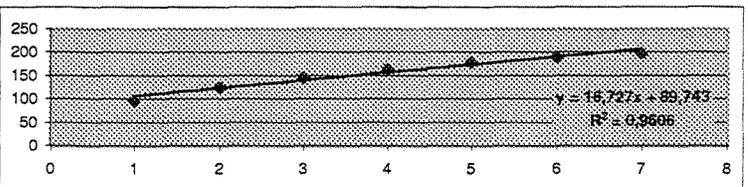
AI1	86,9	P	E	153,7	4,17
AI2	115,1	R	D	117,6	2,15
AI3	140,4	O	R1	163,0	4,70
AI4	157,9	D	R2	165,5	4,84
AI5	173,1	I	R3	164,0	4,75
AI6	185,2	G	R4	169,1	5,04
AI7	195,5	Y	R5	170,2	5,10



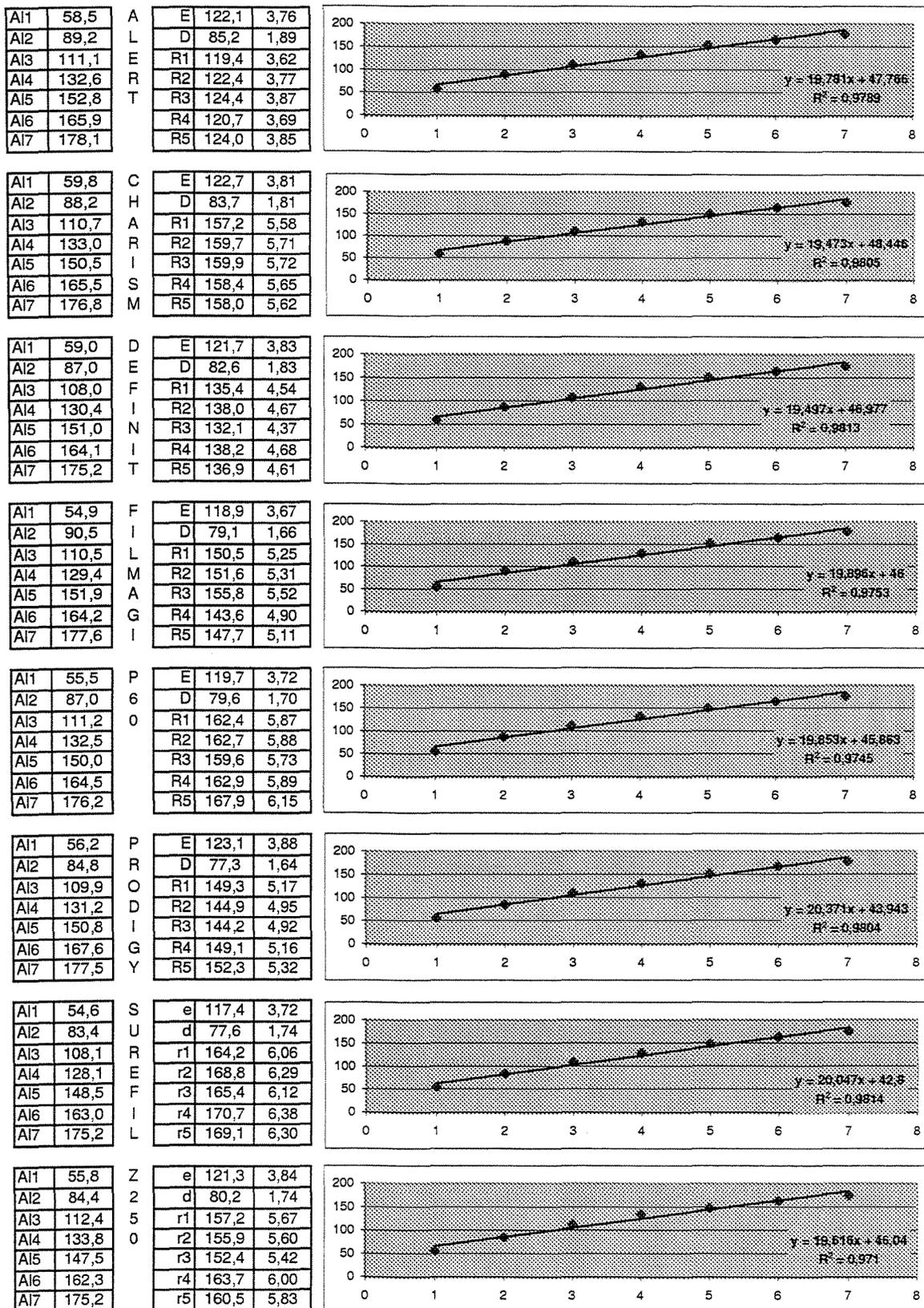
AI1	87,9	S	e	154,0	4,16
AI2	116,6	U	d	118,2	2,11
AI3	142,6	R	r1	181,3	5,71
AI4	156,6	E	r2	185,6	5,96
AI5	175,4	F	r3	178,6	5,56
AI6	185,2	I	r4	180,9	5,69
AI7	194,7	L	r5	179,3	5,60



AI1	95,6	Z	e	157,6	4,06
AI2	125,0	2	d	122,2	1,94
AI3	146,1	5	r1	169,8	4,79
AI4	163,6	0	r2	185,9	5,75
AI5	179,0		r3	189,0	5,93
AI6	189,3		r4	187,3	5,83
AI7	197,9		r5	182,0	5,51



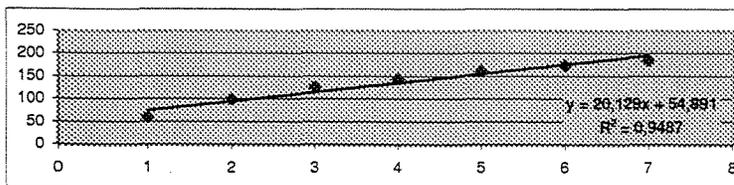
**Anexo 2.** Médias da escala de densidade, esmalte, dentina e dos cinco corpos-de-prova e equações de regressão linear para o sistema digital CDR.



**Anexo 3.** Médias da escala de densidade, esmalte, dentina e dos cinco corpos-de-prova e equações de regressão linear para o sistema digital DenOptix.

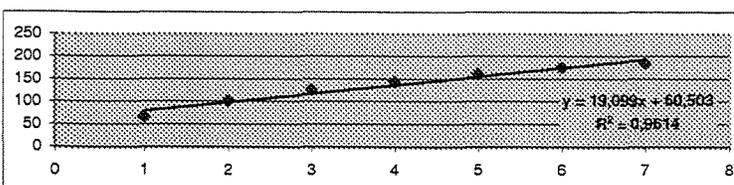
AI1	59,0
AI2	98,8
AI3	125,3
AI4	144,6
AI5	161,1
AI6	174,4
AI7	184,6

A	E	140,2	4,24
L	D	100,6	2,27
E	R1	123,2	3,40
R	R2	128,2	3,64
T	R3	146,2	4,53
	R4	150,2	4,73
	R5	154,1	4,93



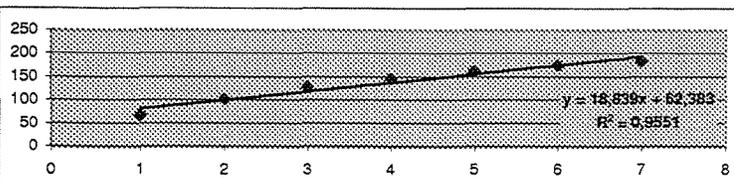
AI1	66,6
AI2	101,9
AI3	125,6
AI4	144,1
AI5	160,7
AI6	174,8
AI7	184,5

C	E	142,9	4,31
H	D	102,0	2,17
A	R1	178,3	6,17
R	R2	178,0	6,15
I	R3	176,2	6,06
S	R4	181,5	6,34
M	R5	180,0	6,26



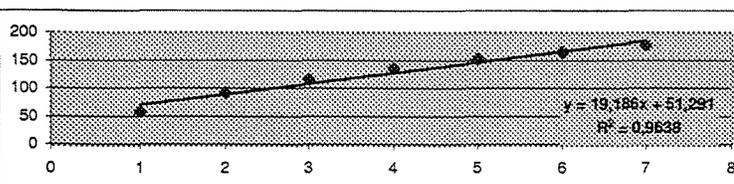
AI1	67,8
AI2	102,0
AI3	127,8
AI4	146,2
AI5	162,0
AI6	174,2
AI7	184,2

D	E	142,8	4,27
F	D	104,2	2,22
E	R1	157,5	5,05
I	R2	160,7	5,22
N	R3	158,6	5,11
I	R4	167,7	5,59
T	R5	164,0	5,39



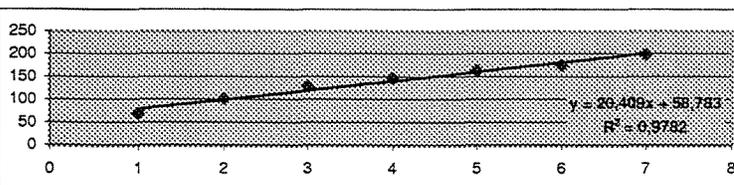
AI1	58,0
AI2	92,3
AI3	116,2
AI4	135,5
AI5	153,1
AI6	164,3
AI7	176,8

F	E	135,6	4,39
I	D	95,9	2,33
L	R1	157,1	5,52
M	R2	176,6	6,53
A	R3	170,6	6,22
G	R4	177,4	6,57
I	R5	178,6	6,64



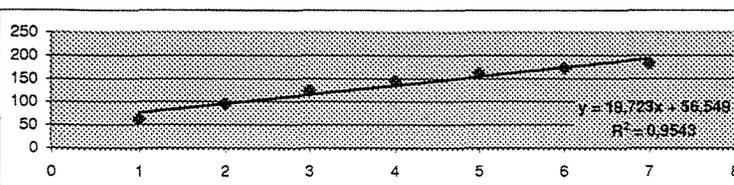
AI1	68,8
AI2	102,1
AI3	128,0
AI4	146,5
AI5	163,2
AI6	175,8
AI7	198,5

P	E	136,4	3,80
O	D	106,1	2,32
	R1	170,5	5,47
	R2	172,1	5,55
	R3	172,4	5,57
	R4	173,4	5,62
	R5	175,4	5,71



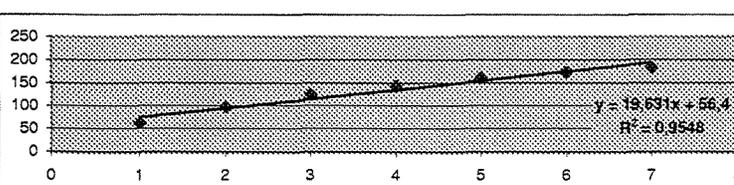
AI1	62,8
AI2	96,9
AI3	124,8
AI4	144,9
AI5	161,6
AI6	173,7
AI7	183,4

P	E	140,8	4,27
R	D	101,8	2,29
O	R1	166,6	5,58
D	R2	168,8	5,69
I	R3	171,9	5,85
G	R4	171,6	5,83
Y	R5	175,2	6,02



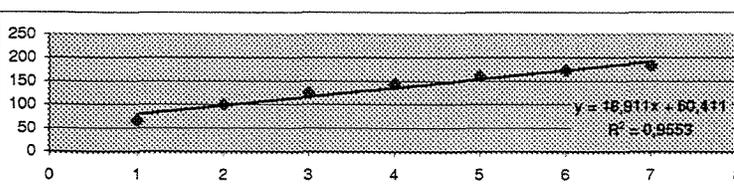
AI1	62,3
AI2	97,2
AI3	124,5
AI4	144,0
AI5	160,2
AI6	173,3
AI7	182,9

S	e	142,7	4,40
U	d	102,7	2,36
R	r1	188,4	6,72
E	r2	185,4	6,57
F	r3	185,8	6,59
I	r4	194,8	7,05
L	r5	189,0	6,75

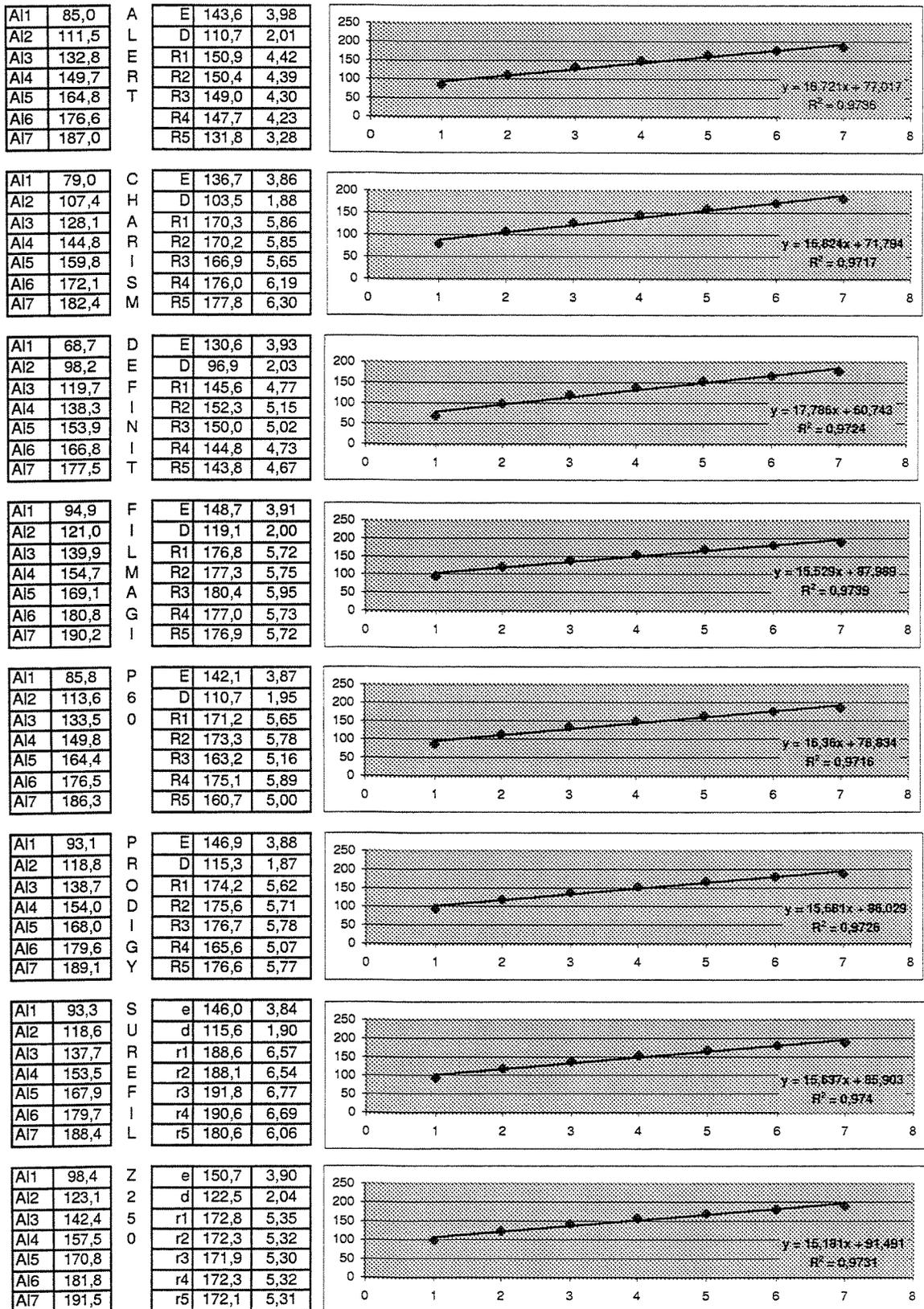


AI1	66,2
AI2	100,1
AI3	125,0
AI4	144,8
AI5	161,4
AI6	172,7
AI7	182,2

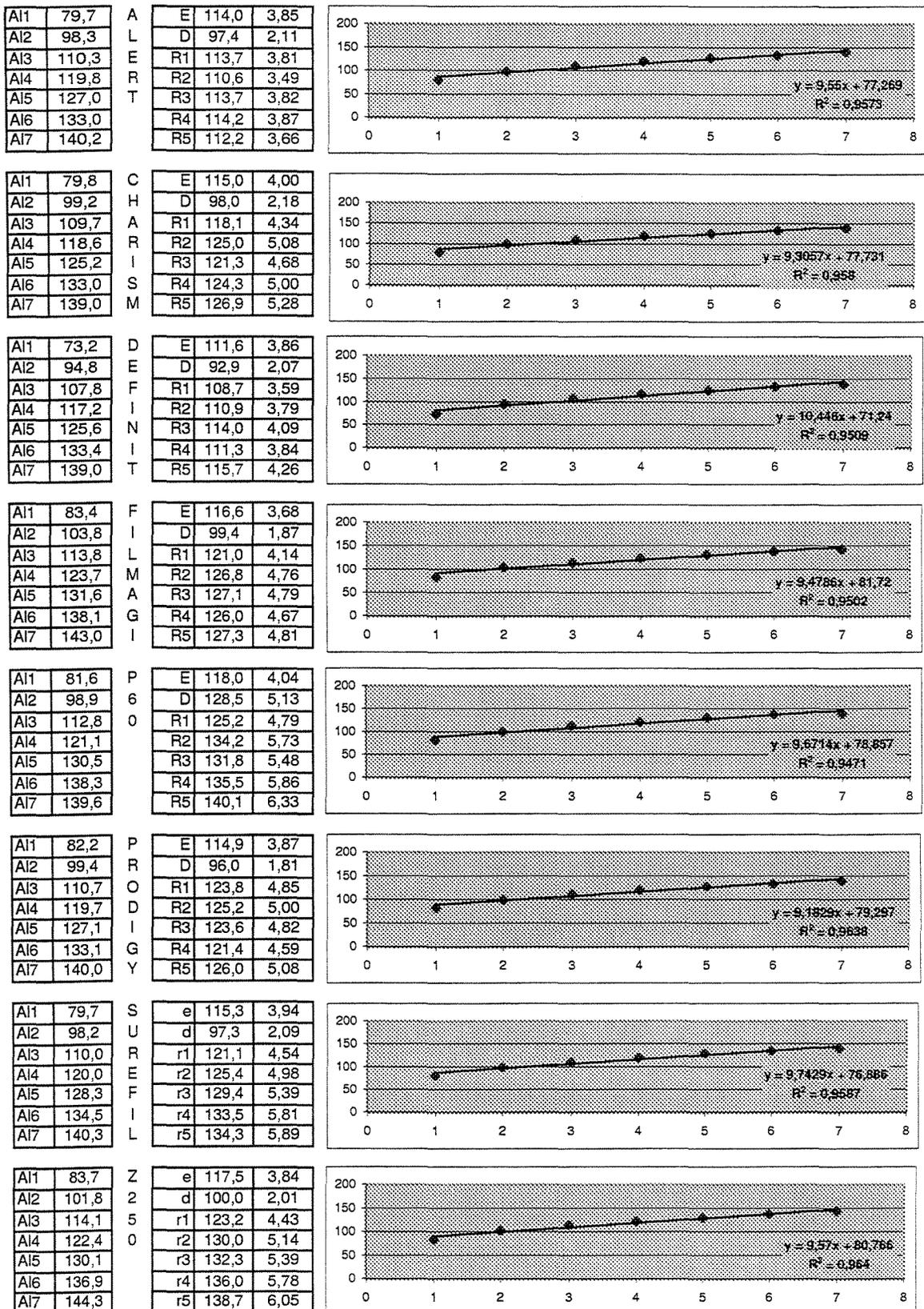
Z	e	139,9	4,20
2	d	99,8	2,08
5	r1	172,0	5,90
0	r2	174,9	6,05
	r3	168,0	5,69
	r4	160,8	5,31
	r5	167,4	5,66



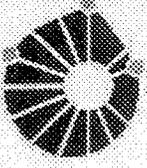
**Anexo 4.** Médias da escala de densidade, esmalte, dentina e dos cinco corpos-de-prova e equações de regressão linear para o sistema digital Digora.

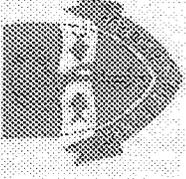


**Anexo 5.** Médias da escala de densidade, esmalte, dentina e dos cinco corpos-de-prova e equações de regressão linear para o filme Kodak InSight.



**Anexo 6.** Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas - Unicamp.

 **COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA**  
**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS**  
**FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**



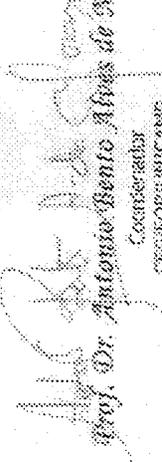
**CERTIFICADO**

Certificamos que o Projeto de pesquisa intitulado "Avaliação da reabsorção de resinas compostas em quatro situações digitais e em filme convencional", sob o protocolo nº **020/2001**, do Pesquisador **Mateus Ericsson Flores**, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Francisco Halber Neto, está de acordo com a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde/CNS, de 10/10/96, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa - CEP.

We certify that the research project with title "The radiodensitometry evaluation of composite resins in four digital situations and film-speed intraoral film", protocol nº **020/2001**, by Researcher **Mateus Ericsson Flores**, responsibility by Prof. Dr. Francisco Halber Neto, is in agreement with the Resolution 196/96 from National Committee of Health/Health Department (CNS) and was approved by the Ethical Committee in Research at the Piracicaba Dentistry School/UNICAMP (State University of Campinas).

Piracicaba, 01 de junho de 2001

  
Prof. Dr. Pedro Luiz Rodden  
Secretário  
CEP/FOOD/UNICAMP

  
Prof. Dr. Antonio Bento Alves de Moraes  
Conveniente  
CEP/FOOD/UNICAMP