

**MANUELLA DIAS FURTADO BELÉM**

**DIAGNÓSTICO RADIOGRÁFICO DE CÁRIE  
INDUZIDA ARTIFICIALMENTE UTILIZANDO  
IMAGENS DE TOMOGRAFIA  
COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO E  
RADIOGRAFIA DIGITAL COM A APLICAÇÃO DE  
FILTROS DE REALCE**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do Título de Mestre em Radiologia Odontológica, área de concentração em Radiologia Odontológica.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Haiter Neto

**Piracicaba**

**2011**

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**

Bibliotecária: Elis Regina Alves dos Santos – CRB-8ª / 8099

B411d	<p>Belém, Manuella Dias Furtado. Diagnóstico radiográfico de cárie induzida artificialmente utilizando imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico e radiografia digital com a aplicação de filtros de realce / Manuella Dias Furtado Belém. -- Piracicaba, SP: [s.n.], 2011.</p> <p style="text-align: center;">Orientador: Francisco Haiter Neto. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.</p> <p style="text-align: center;">1. Cárie dentária. 2. Desmineralização. 3. Radiologia. I. Haiter Neto, Francisco. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">(eras/fop)</p>
-------	---

Título em Inglês: Radiographic diagnosis of artificial caries using cone beam computed tomography and digital radiography with filter application

Palavras-chave em Inglês (Keywords): 1. Dental caries. 2. Demineralization. 3. Radiology

Área de Concentração: Radiologia Odontológica

Titulação: Mestre em Radiologia Odontológica

Banca Examinadora: Francisco Haiter Neto, Flávio Ricardo Manzi, Fabrício Mesquita Tuji

Data da Defesa: 25-02-2011

Programa de Pós-Graduação em Radiologia Odontológica



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
Faculdade de Odontologia de Piracicaba



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Dissertação de Mestrado, em sessão pública realizada em 25 de Fevereiro de 2011, considerou a candidata MANUELLA DIAS FURTADO BELÉM aprovada.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Francisco HAITER NETO".

---

Prof. Dr. FRANCISCO HAITER NETO

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Fabrício MESQUITA TUJI".

---

Prof. Dr. FABRÍCIO MESQUITA TUJI

A handwritten signature in blue ink, appearing to be "Flávio RICARDO MANZI".

---

Prof. Dr. FLÁVIO RICARDO MANZI

**Dedico este trabalho a pessoas extraordinárias:**

***Meus pais Hélio e Sebastiana, por serem meus exemplos de vida, meus alicerces, me incentivando, me guiado e me apoiando em todos os momentos da minha vida. Nossa união é o que faz nosso futuro!***

***Meu querido e amado irmão Hélio Junior, pelo apoio, carinho e dedicação. Nosso amor é inexplicável e vital para mim.***

***Minha avó Noêmia Belém (in memorium), pelo exemplo de dedicação ao ensino, tenho certeza que ela estará orgulhosa de mim.***

## **AGRADECIMENTOS ESPECIAIS**

**Ao Prof. Dr. FRANCISCO HAITER NETO, pessoa especial, não somente por ter acreditado em meu trabalho, mas também por ter me acompanhado com muita dedicação desde a minha chegada na cidade. Principal responsável por minha obstinação em realizar as tarefas da maneira mais correta possível. A sua amizade é um orgulho para mim.**

**À Profa. Dra. CÍNTIA PEREIRA MACHADO TABCHOURY, um exemplo de pesquisadora, mãe e educadora, pelo companheirismo, delicadeza e competência com que sempre se dispôs a nos auxiliar. Muito obrigada pela confiança depositada em minha pessoa!**

**Ao Prof. Dr. FRAB NORBERTO BÓSCOLO, nosso grandioso Mestre, por ter aberto as portas da Radiologia, para que eu desenvolvesse meu trabalho. Obrigado por estar pronto para ajudar com bom humor e palavras de otimismo. O senhor é um pai para todos nós.**

**À Profa. Dra. SOLANGE MARIA DE ALMEIDA, pelo profissionalismo e ensinamentos que me foram passados, além da amizade conquistada. Obrigada pelo apoio, carinho e abraço apertado nos momentos em que mais precisei.**

**À Profa. Dra. GLÁUCIA MARIA BOVI AMBROSANO pela competente orientação na realização da análise estatística. Obrigada por ter me atendido nos momentos mais complicados.**

**À Profa. RÍVEA INÊS FERREIRA, pelo empenho, dedicação e companheirismo em todo e qualquer momento da minha tese. Obrigado pela disponibilidade e ajuda de todas as horas.**

**À CLÁUDIA HAITER, exemplo de mulher, mãe e dedicação a profissão, obrigado pela responsabilidade depositada em mim durante esses anos. Você é muito especial para mim.**

**À LUCIANE SATTOLO, da secretaria da área de Radiologia Odontológica, sempre dispostas a agilizar as solicitações dos alunos de pós-graduação, um verdadeiro anjo em nossas vidas.**

**Àos técnicos do laboratório de Bioquímica Oral da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, JOSÉ ALFREDO, PAULA e WALDOMIRO, pelo auxílio no desenvolvimento da etapa experimental deste trabalho.**

**Àos técnicos da clínica de Radiologia Odontológica da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, WALDECK, GISELDA e FERNANDO, por ajudarem na aquisição das imagens radiográficas.**

**Àos colegas de pós-graduação, em especial, LÚCIA TRAZZI, GIULLIANA PANFIGLIO, SAULO LEONARDO E FREDERICO SAMPAIO, profissionais respeitáveis e criteriosos, pela presteza com que procederam às avaliações das imagens radiográficas, pela amizade, apoio e carinho durante toda essa fase.**

**Àos colegas do curso de Doutorado em Radiologia Odontológica, CAROLINA, LUCIANA, MATHEUS, ANNE, SAULO, DANIELA, ELLEN, LETÍCIA, pelo companheirismo, carinho e amizade durante esse tempo juntos.**

**Àos colegas do curso de Mestrado em Radiologia Odontológica, AMANDA, ISABELA, CARLA, DÉBORA, FREDERICO, LAURA, LUANA, MARIA BEATRIZ, MONIKELLY, por todo o apoio, amizade, companheirismo e pelos ótimos momentos passados juntos.**

**Àos amigos de todas as horas, que fizeram de Piracicaba, o melhor lugar para se viver, com quem posso compartilhar meus sentimentos mais profundos: MARCELO, JANAÍNA, DANIELA, ALEXANDRE, FREDERICO, FÁBIO, LÍVIA, DANILO, ÍCARO, KARINA, GABRIELA E HUGO.**

**Àos Meus Padrinhos, FRANCISCO E MARIA OLINDA, por ser exemplo de dedicação, união e amor. Pessoas realmente especiais.**

**Às pessoas que cruzaram minha vida durante o período do curso de Mestrado. Embora não tenham sido incluídas em uma lista, para**

**que não fosse cometida a injustiça do esquecimento de algum nome, certamente, todas deixaram um ensinamento importante ou uma palavra de conforto.**

***“A nossa maior Glória não reside no fato de nunca cairmos , mas sim em levantarmo-nos sempre depois de cada queda.”***

**Confúcio**

***“Ninguém é tão sábio que não tenha algo pra aprender e nem tão tolo que não tenha algo pra ensinar.”***

**Blaise Pascal**

## RESUMO

A realização deste trabalho teve por objetivos avaliar a acurácia das imagens por tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) e de radiografias digitais no diagnóstico de lesões de cárie proximais experimentalmente induzidas, bem como a aplicabilidade dos filtros de realce. Para tanto, foram selecionados 120 dentes, sendo 40 dentes pré-molares e 80 terceiros molares humanos hígidos extraídos. Cada dente foi preparado de modo que apenas uma área circular de aproximadamente 7 mm<sup>2</sup>, em uma das faces proximais, estivesse em contato com uma solução desmineralizante, para que fossem produzidas lesões de cárie artificiais não cavitadas em esmalte e dentina. O registro padronizado das imagens do bloco de cada dente foi realizado ao final da fase de desmineralização, por meio do aparelho de TCFC i-CAT<sup>®</sup> e do sistema radiográfico digital Digora- Optime<sup>®</sup>. Dois radiologistas e dois especialistas em Dentística interpretaram as imagens com o emprego de uma escala contínua de três pontos para o diagnóstico de lesões de cárie. Foram utilizados os seguintes escores: 1 – ausência de lesão de cárie, 2 – lesão de cárie apenas em esmalte e 3 – lesão de cárie até dentina. Mensurações da microdureza *Knoop* nas áreas testes e quantificações bioquímicas das concentrações de fósforo e cálcio nas soluções desmineralizantes foram analisadas. Os dados referentes às médias das mensurações de microdureza e quantificações bioquímicas foram analisados. Os dados obtidos a partir das interpretações das radiografias digitais, utilização de filtros e da TCFC, foram submetidas ao teste de Tukey, para a determinação das características de reprodutibilidade, e à análise ROC (*Receiver Operating Characteristic*) visando à estimativa da acurácia. Foi possível constatar que a tomografia computadorizada de feixe cônico apresentou o melhor desempenho no diagnóstico das lesões de cárie em dentina e esmalte, quando comparada com a radiografia digital e os filtros, porém sem diferença estatisticamente significativa entre eles. Os valores de acurácia calculados para a TCFC foram superiores a 88%; para as radiografias digitais, filtro negativo, filtro sharpen e filtro sharpen com negativo, essas medidas variaram de 70,2 a 76,2%. Portanto,

a TCFC mostrou ser um recurso útil e aplicável no diagnóstico de lesões de cárie proximais em esmalte e dentina.

**Palavras-chave:** cárie dentária; diagnóstico; radiografia; tomografia computadorizada de feixe cônico.

## **ABSTRACT**

The aim of this study was to evaluate the accuracy and reproducibility of two imaging-taking methods, CBCT and digital x-ray with and without filter, considering experimentally induced proximal caries lesions. This study included 120 human sound teeth (40 premolars and 80 third molars), which were individually embedded in 120 wax blocks and then immersed in an acid solution to create an artificial caries lesion in one of the proximal faces of each tooth, involving a circular area of approximately 7 mm<sup>2</sup>. After this demineralization process, images of all specimens were obtained using the i-CAT CBCT (Imaging Sciences, Hatfield, PA, U.S.A.) and the radiographic digital system Digora-Optime® (Soredex Corp., Tuusula, Finland). For the radiographic diagnosis of caries lesions, 4 observers, duly trained, interpreted the images considering a three-point scale (1 - without caries lesion, 2 - caries lesion only in enamel, and 3 - caries lesion until dentine). Knoop microhardness test was defined as the gold standard. Microhardness mean values and the amount of chemicals in the solution were analyzed using the Tukey test at a significance level 5%. The data concerning digital x-ray and CBCT image interpretations were also submitted to ROC (Receiver Operating Characteristic) curve analysis. Data regarding the digital images using filters and the CBCT were analyzed by comparing areas above the ROC curves. Accuracy values for the CBCT was 88% and those for the digital x-rays, with Negative filter, Sharpen filter or Sharpen/Negative filter varied from 70.2 to 76.2%. CBCT was observed to be more effective in diagnosing dentine and enamel caries lesions in proximal surfaces, when compared to the digital x-ray system, with or without filters; however, no statistical difference was observed between them. Therefore, the CBCT is a useful and applicable tool for the diagnosis of proximal caries lesions in enamel and dentine.

**Key Words:** dental caries; diagnosis; radiography; cone beam computed tomography

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>4</b>
<b>3. PROPOSIÇÃO</b>	<b>20</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>21</b>
<b>4.1 COLETA E SELEÇÃO DOS DENTES</b>	<b>21</b>
<b>4.2 INDUÇÃO DAS LESÕES DE CÁRIE PROXIMAIS</b>	<b>22</b>
<b>4.3 AQUISIÇÃO DAS IMAGENS RADIOGRÁFICAS</b>	<b>24</b>
<b>4.4 DIAGNÓSTICO RADIOGRÁFICO</b>	<b>28</b>
<b>4.5 VALIDAÇÃO DO DIAGNÓSTICO RADIOGRÁFICO</b>	<b>30</b>
<b>5. RESULTADOS</b>	<b>36</b>
<b>5.1-ANÁLISE DO DESEMPENHO DAS MODALIDADES DE AQUISIÇÃO DE IMAGENS RADIOGRÁFICAS</b>	<b>36</b>
<b>5.2-ANÁLISE ROC</b>	<b>37</b>
<b>5.3-ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA OS FATORES GRUPO E PROFUNDIDADE DE MENSURAÇÃO DA DUREZA</b>	<b>39</b>
<b>5.4 COMPARAÇÕES ENTRE AS DOSAGENS DE FÓSFORO E CÁLCIO</b>	<b>41</b>
<b>6. DISCUSSÃO</b>	<b>44</b>

<b>7. CONCLUSÃO</b>	<b>53</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>54</b>
<b>9. ANEXO</b>	<b>62</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A doença cárie dentária é um processo dinâmico, que se desenvolve a partir de alterações bioquímicas e ultra-estruturais, culminando em sinais e sintomas clínicos característicos (Anderson & Elliott, 1992; Pine & ten Bosch, 1996; Gröndahl, 2001; Thylstrup & Fejerskov, 2001). É muito difícil mensurar a progressão da cárie dentária, por ser um processo multifatorial, complexo, contínuo e dinâmico. Tendo em vista que, nos estágios iniciais, essa doença pode ser controlada por meio de tratamentos não invasivos, o objetivo fundamental do diagnóstico deveria ser a detecção precoce dos sinais da cárie.

O diagnóstico de cárie dentária proximal ainda representa um dos principais desafios na clínica odontológica (Hala *et al.*, 2006). A principal dificuldade no diagnóstico precoce dessas lesões se deve a sua localização, usualmente abaixo do ponto de contato, o que dificulta e/ou impede o adequado exame clínico. Normalmente, as lesões cariosas proximais são possíveis de serem detectadas clinicamente, quando já comprometeram grande extensão da face proximal (Dibb *et al.*, 1999). Quando clinicamente se tornam visíveis, a desmineralização pode estar em fase irreversível, requerendo a necessidade de uma intervenção restauradora (Hala *et al.*, 2006).

A pesquisa de lesões de cárie nas faces proximais dos dentes posteriores frequentemente requer uma combinação de métodos de diagnóstico (Tsuchida *et al.*, 2007; van Rijkom & Verdonschot, 1995). O exame radiográfico, além de ser um recurso disponível e de fácil execução, é muito útil para o diagnóstico de lesões de cárie proximais (Gröndahl, 2001; van Rijkom & Verdonschot, 1995; Sanden *et al.*, 2003; Jacobsen *et al.*, 2004; Ferreira *et al.*, 2006; Haiter-Neto *et al.*, 2008). Ao início da década de 1990, foram lançados os sistemas radiográficos digitais, que apresentam como maior vantagem a possibilidade de manipulação das características de brilho e contraste das imagens visando o aprimoramento do diagnóstico (Wenzel, 2000).

É impraticável se classificar a carie dentária por meio dos métodos tecnológicos existentes, para uso in vivo. A maioria das pesquisas que aborda o tema cárie avalia seus estágios precoces por meios de alguns testes, sendo os mais usuais o teste da microdureza, microrradiografia transversa (TMR),

## 1. INTRODUÇÃO

avaliação com microscópio eletrônico de varredura ou avaliação com microscópio eletrônico de luz polarizada. O fator limitante destes métodos é que os espécimes não podem ser usados novamente, pois para a sua análise estes precisam ser destruídos.

Deve-se ressaltar que o diagnóstico radiográfico da cárie é dependente do contraste (Lee *et al.*, 2006), e, por isso, a lesão cariosa é observada em esmalte, quando a desmineralização já atingiu, pelo menos, 30 a 40% do esmalte, havendo perda irreversível de mineral (Wenzel, Haiter-Neto & Gotfredsen, 2007).

Ao final da década de 1990, a tomografia computadorizada por feixe cônico (TCFC) foi desenvolvida como o resultado de um processo de evolução da demanda de informação tridimensional obtida por tomografia computadorizada (TC) (Sukovic, 2003; Kau *et al.*, 2005). Neste método, é obtido um registro tridimensional do objeto através de um feixe cônico de raios X e, a partir deste, são gerados os cortes tomográficos. O tomógrafo computadorizado por feixe cônico é capaz de reconstruir a estrutura primária da projeção, oferecendo exposições axiais, coronais, sagitais e imagens secundárias correlacionadas em projeção axial, similares aos dados de uma tomografia computadorizada convencional. Os *softwares* para visualização e manipulação apresentam a imagem de diferentes modos, com base na série de dados originais, incluindo seções lineares, curvas e multiplanares, perpendiculares aos cortes axiais (Farman & Scarfe, 2006).

Os estudos sobre a aplicabilidade clínica da TCFC têm enfatizado as indicações das imagens como elementos de diagnóstico para inserção de implantes osteointegrados, planejamento ortodôntico e de cirurgias bucomaxilofaciais, incluindo as cirurgias ortognáticas (Ballrick *et al.*, 2008; Tyndall & Rathore, 2008). No entanto, as imagens por TCFC também podem ser utilizadas para avaliação do osso alveolar antes e após movimentações ortodônticas ou em casos de doença periodontal (Tyndall & Rathore, 2008). Ademais, o emprego da TCFC foi analisado no diagnóstico de lesões periapicais de origem endodôntica (Lee *et al.*, 2006; Lofthag-Hansen *et al.*, 2007), fraturas radiculares (Wenzel *et al.*, 2009) e de cárie dentária (Akdeniz *et*

## 1. INTRODUÇÃO

*al.*, 2006; Kalathingal *et al.*, 2007; Tsuchida *et al.*, 2007; Haiter-Neto *et al.*, 2008).

Junto aos avanços nos equipamentos de radiologia odontológica, estão o desenvolvimento de ferramentas que tem como objetivo aumentar a acurácia do diagnóstico. A aplicação de filtros que realçam as imagens radiográficas é um dos recursos que melhor desempenho tem tido no diagnóstico de cáries (Haiter-Neto *et al.*, 2008/2009).

Em se tratando do diagnóstico da cárie dentária, Akdeniz *et al.* (2006) afirmaram que estimativas da extensão de lesões proximais em imagens por TCFC foram tão confiáveis quanto as executadas por radiografias convencionais e digitais. Contudo, Haiter-Neto *et al.* (2008) constataram que o desempenho das imagens por TCFC não superou o observado para as imagens radiográficas convencionais e digitais na detecção de lesões de cárie oclusais e proximais. Convém ressaltar que ambos os estudos supracitados empregaram aparelhos de TCFC com detectores de imagem do tipo CCD (*charge-coupled device*). Atualmente, os aparelhos de TCFC têm sido produzidos com detectores de imagem em uma tela plana de silicone amorfo (*flat panel*), que possuem de 12 a 16 *bits* para a escala de cinza. Quanto maior a quantidade de *bits*, maior a qualidade dos tons de cinza (Bueno *et al.*, 2007). Surge, então, a seguinte dúvida: o diagnóstico de lesões de cárie proximais poderia ser aprimorado em imagens por TCFC obtidas com aparelhos de detector tipo *flat panel*? Diante da escassez de investigações científicas que respondam a essa questão e com o propósito de fornecer uma contribuição aos estudos sobre a aplicabilidade das imagens por TCFC em Odontologia, este estudo teve por objetivo avaliar comparativamente o desempenho das imagens por TCFC, obtidas por tomógrafo de detector *flat panel*, e de radiografias digitais no diagnóstico de lesões de cárie proximais experimentalmente induzidas, assim como estudou a aplicação de filtros de realce na acurácia do diagnóstico.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

As radiografias digitais foram introduzidas na odontologia, com diversas modalidades técnicas, como a radiografia digital indireta (realizada com scanners), radiografia digital semi-direta (placa de armazenamento de fósforo) e a radiografia digital direta. Das três técnicas, a radiografia digital direta é a que ganhou maior aceitação na prática clínica (MILES, ROZZANO, 2000). A radiografia digital direta utiliza um detector chamado dispositivo de carga acoplada (charge coupled device – CCD), com a capacidade de captar as imagens radiográficas e enviá-las diretamente ao computador. Entre outras vantagens, esta a possibilidade de imediata interpretação da imagem, eliminação do filme, diminuição de custos de processamento e redução da dose de radiação. Ainda dentro dos novos recursos imaginológicos, temos a tomografia computadorizada por feixe cônico que veio enriquecer o diagnóstico e ampliar o conhecimento do complexo buco-maxilo-facial.

O diagnóstico da lesão de cárie pode ser considerado um desafio, pois as características clínicas e a dinâmica da progressão dessa doença têm-se alterado, resultando em diminuição da velocidade de progressão e grande espectro de manifestação clínica. Essa lesão se desenvolve lentamente através e abaixo da camada de esmalte, mantendo esta camada intacta sem alterar os contornos do dente (Pitts, 1991; Wenzel *et al.*, 1993). Sendo assim, em estágios iniciais, a cárie apresenta-se como discreta mancha branca, marrom, ou ainda, pode não apresentar sinais clínicos detectáveis por métodos de diagnóstico disponíveis. Após o progressivo comprometimento da camada de esmalte e envolvimento da dentina subjacente, observa-se microcavidades na região de esmalte opaco.

A tomografia computadorizada (TC) desenvolvida por Godfrey Hounsfield, em 1972, foi idealizada para possibilitar a observação seccionada das estruturas anatômicas do corpo humano. O primeiro tomógrafo computadorizado para corpo todo foi instalado, em 1974, na Universidade de Georgetown, e as maiores vantagens desta técnica foram mudanças na obtenção de informações de dados analógicos para dados digitais, a

eliminação da sobreposição de estruturas anatômicas, aumentando a capacidade de diferenciar tecidos moles e estruturas ósseas. Relata ainda, que a tomografia espiral ou helicoidal foi, inicialmente, introduzida em 1989, com o objetivo de evitar diversas limitações da TC convencional, como o grande tempo em que essa processava as imagens, com isto diminuindo a exposição do paciente à radiação, e os possíveis artefatos que causava, dificultando a interpretação radiográfica.

No que se refere às superfícies proximais, pela dificuldade de acesso, a maioria das lesões só são detectadas em estágios mais avançados (grandes cavitações envolvendo a crista marginal). Alguns autores estimam que mais de 80% das lesões proximais não são contabilizadas nos levantamentos epidemiológicos, sendo a doença subestimada (SKOLD, 2005; SUNDBERG, 1997). Além disso a maioria das superfícies proximais acometidas por lesões de cárie afetam a superfície adjacente (DEAN *et al*, 1997), sendo de grande importância a detecção precoce de lesões não cavitadas em faces proximais de dentes decíduos adjacentes a dentes permanentes durante a fase de dentição mista.

Em 1999, Farman & Farman, compararam dois sistemas de imagem, a radiografia digital direta com filmes convencionais para a observação da resolução de imagem produzida. O sistema digital foi o RadioVisioGraphy (Trophy Radiologie, Vincennes, França) e os filmes Kodak (Eastman Kodak Company, Rochester, E.U.A) tipos D e E. Os autores descreveram que a resolução espacial do sistema RVG excede 20 lp/mm com resolução similar aos filmes convencionais. Outras propriedades do sistema digital, destacadas pelos autores, foram: a velocidade de aquisição das imagens radiográficas, a possibilidade de armazenamento dos arquivos de imagem, e a ausência de erros de processamento. Além destas vantagens, há possibilidade do programa do sistema RVG Trophy 2000 permitir medições diretas, manipulação das imagens, melhorando as possibilidades de auxílio no diagnóstico.

Em 1999, Attaelmanan, Borg e Gröndahl, avaliaram o desempenho de 2 sensores digitais intraorais, com respeito a suas características físicas

fundamentais. Os sistemas digitais utilizados foram: Schick Technologies Inc (Long Island, NY) e Gendex Dental Systems (Milão, Itália). As características físicas testadas foram: área de transferência ampla, variações nas escalas de cinza, resposta à razão do “noise” (ruído) (RNR), teste de perceptibilidade, resolução do contraste e funções da transferência de modulação. Os autores concluíram que a nova geração de sensores radiográficos digitais de radiografias digitais diretas, teve uma evolução quando comparada com a geração anterior, principalmente devido à diminuição do tamanho dos pixels e maior eficiência tecnológica dos sensores, melhorando a resolução do RNR.

Borg *et al.* (2000) publicaram um estudo comparando dois sistemas de imagem digital à base de placas de fósforo, o Digora® e o DenOptix® (USA), no que concerne às suas características físicas fundamentais. Concluindo que o sistema Digora® apresenta melhoras em seu desempenho com baixas doses de radiação, quando é obtida a aplicação de filtros de realce nos níveis de cinza por meio do uso do programa de processamento.

Em 2002, Hintze *et al* compararam os sistemas de armazenamento de fósforo e o filme. Nessa pesquisa, utilizaram 190 dentes posteriores humanos. Foram obtidas radiografias por meio de cinco receptores de imagem: Digora®, sensores branco e azul, DenOptix®, Cd-dent® e o filme radiográfico Ektaspeed Plus®. A validação se deu por exame histológico. Com o emprego de 10% do tempo de exposição utilizado para o filme, o sensor branco do Digora® apresentou o melhor desempenho em relação aos outros sistemas digitais, porém, comparado ao método convencional, não existiu diferença estatisticamente significativa. Ao se utilizar 25% do tempo de exposição selecionado para o filme, o sensor DenOptix®, os sensores Digora® e o filme demonstraram performances comparáveis.

Um programa de detecção automática de cárie, denominado Logicon, foi desenvolvido com o objetivo de facilitar o diagnóstico de lesões de cárie. Hintze *et al.* (2002) realizaram um estudo com o objetivo de comparar a acurácia do programa no diagnóstico de lesões de cárie proximais com a observação humana. De acordo com os resultados do estudo, o programa é pouco acurado na detecção de lesões de cárie proximal.

Feldens *et al.* (2003) realizaram um estudo *in vitro* utilizando uma amostra de 125 primeiros e segundos molares decíduos para estabelecer a correlação entre aparência clínica e radiográfica de lesões de carie proximal. Os resultados mostraram que existe forte correlação entre aumento da extensão radiolúcida do exame radiográfico e a presença de cavidade em superfícies proximais de molares decíduos. Apenas 1,6% das cavidades proximais mesiais não apresentavam evidências radiográficas, representando o diagnóstico falso-negativo para presença de cavidade, enquanto que em 98,4% das superfícies o exame radiográfico foi correto. As lesões restritas à metade externa e interna do esmalte, provavelmente sem cavidade, foram diagnosticadas corretamente em 89,4% e 75% dos casos, respectivamente. Nas superfícies com radiolucidez na metade externa e interna de esmalte, 10,5% e 25% apresentaram cavidade no exame clínico, respectivamente. Assim nos casos em que a radiolucidez estava presente na metade interna do esmalte, o exame radiográfico sugeriu haver maior chance de superfícies com cavidade serem consideradas híginas radiograficamente (diagnóstico falso-negativo). Quando a radiolucidez restringia-se ao terço externo da dentina, 92,3% dos casos possuíam cavidade, com as médias do exame radiográfico tendo um erro de apenas 7,7% (diagnóstico falso-positivo para a presença de cavidade). Quando a radiolucidez se restringia aos dois terços internos de dentina, o exame radiográfico mostrou exata relação com a avaliação clínica, ou seja, 100% dos casos as superfícies possuíam cavidade. O exame radiográfico interproximal mostrou uma excelente capacidade de discriminar superfícies com ou sem cavidades em molares decíduos. Entretanto, mostrou baixo poder de diferenciar dentes híginos daqueles que apresentavam lesões sem cavidade.

Assim, observa-se que a probabilidade de haver cavidade em lesões cariosas com radiolucidez restrita ao esmalte é muito pequena. Em relação às lesões de cárie que envolvem a porção mais interna de dentina, estudos mostram que 100% delas apresentam cavidades. Entretanto o exame radiográfico, não é capaz de determinar com segurança a presença de cavidade em lesões proximais com extensão intermediária, desde a JAD até a porção mais externa de dentina, mostrando grande variabilidade dos achados

na literatura (BILLE; THYLSTRUP, 1982; PITTS; AKPATA, 1996; FELDENS et al., 2003).

SUKOVIC (2003) afirmou que é inegável que o processo de obtenção de imagens das TCFC resulta em menor exposição dos pacientes à radiação, uma vez que o completo escaneamento da região de interesse é processado com um feixe de radiação em formato cônico, através da rotação em um ângulo de 360°. Estudos têm mostrado que a exposição à radiação com as TCFC corresponde a 20% da exposição gerada na FBCT( tomografia computadorizada multislice) e equivalente a uma série radiográfica periapical completa. Segundo LUDLOW *et al.*, a dose de radiação absorvida pelo paciente durante as TCFC é de 45  $\mu$ Sv, 135  $\mu$ Sv e 477  $\mu$ Sv para o NewTom-9000® (QR, Verona, Italy), i-CAT® (Imaging Sciences International, Hatfield,PA, USA) e Mercuray® (Hitachi Medical Systems America, Twinsburg, OH, USA), respectivamente. Essa diferença de absorção é ainda mais evidente, quando comparada com FBTC em que os valores variam de 364-1200  $\mu$ Sv no escaneamento da mandíbula e 100-3324  $\mu$ Sv na maxila. Apesar desse avanço tecnológico e da qualidade da imagem obtida, as TCFC ainda levam a uma maior absorção da radiação, quando comparadas com alternativas mais simples de exames, como as radiografias periapicais convencionais (1-8.3  $\mu$ Sv), panorâmicas (4-30  $\mu$ Sv) e cefalométricas laterais (2-3  $\mu$ Sv), devendo ser prescritas com critério e em casos bem selecionados.

O exame de todas as superfícies dentárias para avaliação da presença ou ausência das lesões de cárie em seus diferentes graus de severidade e atividade é peça fundamental no processo de diagnóstico. Frente a isso, vários estudos têm sido publicados a fim de avaliar a aplicação e o desempenho dos diferentes métodos disponíveis para detecção das lesões de cárie (NYVAD, 2004), incluindo a avaliação das superfícies proximais como será discutida na apresentação desse trabalho.

Jacobsen *et al.* (2004) confrontaram as medidas de extensão de lesões de cárie proximais, estimadas em radiografias adquiridas com quatro sistemas digitais, aos valores obtidos por mensuração histológica. Nessa pesquisa, foram usados 177 dentes posteriores humanos. As imagens

radiográficas foram adquiridas por dois sistemas CCD, Dixi<sup>®</sup> e Sidexis<sup>®</sup>, e dois sistemas de armazenamento de fósforo, Digora<sup>®</sup> – sensores azuis – e DenOptix<sup>®</sup>. Foram realizadas mensurações nas radiografias e nas fotografias digitais das secções histológicas dos dentes, individualmente, por meio de um *software* que efetuou os cálculos com base na espessura do esmalte proximal. O padrão ouro foi definido como a extensão média das lesões nas secções histológicas, estabelecida a partir das medidas fornecidas pelos quatro examinadores. Na maioria dos casos, as imagens obtidas pelo sistema Digora<sup>®</sup> foi a que menos subestima a extensão das lesões de cárie, seguido por Dixi<sup>®</sup>, DenOptix<sup>®</sup> e Sidexis<sup>®</sup>. A análise de regressão linear indicou que os coeficientes foram fracos para todos os sistemas e observadores, evidenciando a inconsistência das mensurações radiográficas. As extensões das lesões de cárie nas radiografias adquiridas com o DenOptix<sup>®</sup> apresentaram, em geral, menor correlação com as medidas histológicas. Foi possível concluir que as mensurações de lesões de cárie proximais nas radiografias obtidas com o Dixi<sup>®</sup> e o Digora<sup>®</sup> foram mais fidedignas em relação àquelas executadas nas imagens adquiridas com os sistemas Sidexis<sup>®</sup> e DenOptix<sup>®</sup>.

Devido à localização anatômica topográfica, as lesões de cárie proximais são de difícil detecção, quando avaliadas somente por meio de exames clínico-visuais. O método mais usado para complementar a avaliação clínica, na detecção de cáries, em superfícies proximais ainda é a radiografia interproximal. Comparadas a métodos clínicos e exploratórios, as radiografias interproximais tem maior potencial de detectar lesões de cárie proximais (HOPCRAFT; MORGAN, 2005). O desenvolvimento e o aprimoramento dos sistemas digitais trouxeram este exame para o cotidiano da odontologia. As vantagens dos sistemas digitais são: qualidade diagnóstica, compatíveis com os equipamentos radiológicos convencionais, aquisição em tempo real da imagem, diminuição da dose de radiação e tem excelente aceitação, do ponto de vista ecológico. Segundo Wenzel (2006), altos contraste e densidade são pré-requisitos para uma imagem de qualidade quando se avalia cárie proximal.

Inúmeras pesquisas continuam sendo realizadas em busca de um método não invasivo que, isoladamente ou em conjunto com a inspeção visual,

apresente novas alternativas que possam auxiliar no diagnóstico de lesões de cárie proximal. Partindo do princípio de que o diagnóstico das lesões de carie apresenta uma série de dificuldades, torna-se importante o estudo de qualquer recurso que possa auxiliar nesse processo (GONÇALVES *et al.*, 2005).

Ferreira *et al.* (2006), com o objetivo de investigar a acurácia da detecção de desmineralizações em esmalte por meio de radiografias convencionais, digitais e digitalizadas, desenvolveram um estudo experimental em que foram induzidas desmineralizações subsuperficiais no esmalte de uma das faces proximais de 49 dentes terceiros molares hígidos. Radiografias padronizadas dos dentes foram obtidas antes e após a fase de desmineralização com o emprego de três sistemas digitais – CygnusRay MPS<sup>®</sup>, DenOptix<sup>®</sup> e Digora<sup>®</sup> (placa branca) – bem como do filme InSight<sup>®</sup>. O diagnóstico radiográfico foi validado pela mensuração da microdureza do esmalte seccionado longitudinalmente, nas áreas testes das faces proximais. A acurácia foi estimada pela análise "Receiver Operating Characteristic" (ROC). Aplicou-se o teste Qui-Quadrado, a um nível de significância de 5%, para comparar as áreas sob as curvas ROC ( $A_z$ ) das diferentes modalidades de imagens radiográficas. O sistema DenOptix<sup>®</sup> ( $A_z = 0,91$ ) e as radiografias convencionais ( $A_z = 0,90$ ) apresentaram os maiores valores de acurácia em relação às outras três modalidades de imagem. Concluiu-se que o sistema DenOptix<sup>®</sup> e as radiografias convencionais demonstraram melhor desempenho no diagnóstico das desmineralizações subsuperficiais em esmalte.

Akdeniz *et al.*, em 2006, mencionaram que por meio da TCFC seria possível a diminuição do efeito da geometria de exposição que oculta ou dificulta o diagnóstico e monitoramento de pequenas lesões de cárie proximais. A dificuldade pelo baixo contraste de muitas lesões de cárie, devido à pequena diferença de densidade em relação aos tecidos adjacentes, poderia ser minimizada com a utilização de cortes tomográficos para o diagnóstico. Assim, realizaram um estudo com o objetivo de avaliar o desempenho da TCFC em comparação às radiografias digitais e convencionais para a estimativa da extensão de lesões de cárie proximais. Contudo, foram utilizados 30 dentes permanentes humanos. Foram obtidas imagens de grupos de 3 a 4 dentes por

três modalidades: Accu-I-Tomo<sup>®</sup> (3DX – TCFC), sistema Digora<sup>®</sup> e filme InSight<sup>®</sup>. Os dentes foram submetidos a secções seriadas para a obtenção de fotografias que apresentassem a maior penetração da lesão. Então, a extensão das lesões mensurada por fotografias foi considerada o padrão ouro. Os coeficientes de correlação para o filme, o sistema Digora<sup>®</sup> e a TCFC foram de 0,977, 0,997 e 0,998, respectivamente. Os resultados evidenciaram diferenças significativas entre as mensurações em imagens por filme e placas de armazenamento de fósforo e as análises histológicas, enquanto que para a TCFC isto não ocorreu. Os autores afirmaram que a mensuração da extensão de lesões de cárie em superfícies proximais pode ser executada em imagens por TCFC, pelo menos, de modo tão confiável quanto em radiografias digitais e convencionais. Por TCFC, a extensão das lesões apresentou-se maior, se comparada às duas modalidades supracitadas. No entanto, as mensurações por TCFC foram as que demonstraram mais concordância com os dados histológicos.

Haiter-Neto *et al.* (2007) compararam as versões mais antiga e atual do sistema radiográfico digital de placa de armazenamento de fósforo Digora<sup>®</sup>. Foram obtidas imagens radiográficas de 20 fantasmas constituídos de dentes posteriores, que apresentavam superfícies híginas ou com lesões de cárie não cavitadas. As imagens foram avaliadas quanto à presença de lesões de cárie. Para validação, os dentes foram seccionados e analisados microscopicamente. Conforme as análises estatísticas, o sistema Digora- Optime<sup>®</sup> (versão atual) apresentou maior sensibilidade que o sistema predecessor ( $p = 0,008$ ). Entretanto, a especificidade foi significativamente menor, relacionando-se a um maior risco de diagnósticos falso-positivos.

Para Bueno *et al.* (2007), a TCFC proporcionaria maior acurácia frente a outros métodos de obtenção de imagem, com melhor distinção entre os tons de cinza, para tecidos com diferenças de densidade da ordem de 0,5%, sendo que na radiografia este limite situa-se entre 5% e 10%. A tomografia chega a ser de 10 a 20 vezes mais sensível que o exame radiográfico. Uma desvantagem desse método de diagnóstico em relação aos exames radiográficos é a formação de artefatos (bem mais evidentes na TC do que na

TCFC), que aparecem principalmente próximos de materiais de alta densidade, como os metálicos (núcleos intra-radiculares, coroas e restaurações metálicas). Este efeito é chamado de *beam hardening* ou endurecimento do raio. O *beam hardening* pode acontecer de forma discreta devido à presença de esmalte com grande espessura, como na superfície oclusal de pré-molares e molares, com projeção de uma imagem radiolúcida, escura, em um dente vizinho, semelhante a uma lesão de cárie. Por esta razão, ainda podem ser necessárias radiografias interproximais ou periapicais complementares. O profissional deve estar preparado para identificar este efeito, que tem a formação da imagem de acordo com as características dos corpos vizinhos, através do rastreamento tridimensional. Estes artefatos tendem a diminuir com a sofisticação dos *softwares* e sensores.

Em 2007, o Accu-I-Tomo<sup>®</sup> (3DX) foi novamente comparado à radiografia convencional. Nessa pesquisa de Tsuchida *et al.*, as duas modalidades supracitadas foram estudadas no diagnóstico de lesões de cárie proximais incipientes. Uma amostra de cinquenta dentes primeiros e segundos pré-molares superiores extraídos foi submetida a exames por microtomografia computadorizada para o diagnóstico de lesões de cárie restritas ao esmalte ou acometendo a dentina. Posteriormente, os dentes foram montados, aos grupos, em moldes de cera utilidade para a aquisição das imagens por TCFC e radiografias com o filme InSight<sup>®</sup>. As áreas médias sob as curvas ROC para a TCFC e a radiografia foram de 0,625 e 0,633, respectivamente. A utilização da TCFC não melhorou a acurácia na detecção de lesões proximais incipientes. Aprimoramentos mecânicos, visando a diminuição do ruído, a melhoria do contraste e a redução de artefatos, seriam necessários a este tipo de tarefa de diagnóstico.

Kalathingal *et al.* (2007), enfatizaram que o desenvolvimento da TCFC fora algo revolucionário por possibilitar a obtenção de uma amostra de imagens em 360° sem a elevação da dose de radiação X a níveis inaceitáveis. Contudo, uma variante da TCFC, a tomografia computadorizada local (TCL), foi desenvolvida para gerar imagens tridimensionais com alto grau de detalhes. Assim, esses pesquisadores procederam a uma investigação para analisar a

acurácia na detecção e mensuração de lesões de cárie proximais, desta modalidade em comparação à radiografia digital. Foram usados 24 dentes posteriores com lesões de cárie naturais, foi feita a aquisição de radiografias e imagens submetidas ao tratamento pelo algoritmo de reconstrução de TC, por meio do sensor do sistema Sidexis®. Cada dente foi seccionado para observação microscópica quanto à presença e extensão das lesões de cárie. As áreas médias sob as curvas ROC para a TCL e a radiografia foram de 0,82 e 0,79, respectivamente. A análise de variância não demonstrou diferença significativa entre observadores e modalidades. Houve diferenças significantes entre os valores referentes à sensibilidade, que foi maior para a TCL. Os coeficientes kappa ponderados médios de concordância entre a extensão da lesão aferida pelas imagens e ao microscópio foram de 0,68 (TCL) e 0,47 (radiografia). Observou-se diferença significativa entre as modalidades, mas não entre os examinadores. Esses pesquisadores concluíram que não houve diferença entre as modalidades para a detecção das lesões. No entanto, a TCL apresentou melhor desempenho na avaliação da extensão das lesões do que a radiografia.

Peker, Toraman Alkurt e Altunkayanak (2007) compararam o desempenho entre as radiografias convencionais, as radiografias digitais e um sistema panorâmico com a função tomográfica linear, para detecção de cáries proximais. Foram avaliados 48 dentes extraídos, que foram montados em modelos e posteriormente os exames foram realizados. A presença ou ausência de cárie foi classificada de acordo com uma tabela, com escores de 1 a 5, sendo avaliada por dos Radiologistas Maxilofaciais. A profundidade das lesões foi confirmada com avaliação histológica. Os autores concluíram que o tomógrafo linear foi comparável com as radiografias convencionais e com as radiografias digitais, para detecção de cáries proximais.

Tsuchida, Araki e Okano (2007) realizaram um estudo para avaliar a acurácia da TCFC na detecção de caries proximais incipientes. Foi utilizado um aparelho 3D Accuitomo com o tempo de exposição regulado em 18 segundos. Cinquenta dentes, primeiros ou segundos pré-molares superiores, com as superfícies interproximais sem cavidades foram avaliadas inicialmente, por

microtomografia computadorizada, para certificar a presença de cáries proximais em seu interior. Os dentes avaliados foram posicionados em grupos de três, de modo a simular os pontos de contato. Cinquenta cortes axiais, obtidos por TCFC, de cada coroa foram gerados e a presença de cáries foi determinada pela radiolucência nas imagens avaliadas por um radiologista experiente. Para a comparação, foram realizadas radiografias convencionais, pela técnica do paralelismo utilizando películas convencionais. Sete radiologistas experientes avaliaram as imagens por tomografia e radiografia e classificaram a presença de cárie proximal por uma tabela de 0 a 100, em que 0 seria definitivamente sadio e 100 seria definitivamente cariado. Concluíram que a TCFC não acentuou a acurácia na detecção de lesões cáries interproximais, sendo necessários recursos adicionais como melhora de contraste e redução de artefatos de imagem para sua possível utilização nesse sentido.

Em 2008, Haiter-Neto *et al.* compararam o desempenho de dois sistemas de aquisição de imagens por TCFC em relação às radiografias digital e convencional. Foram selecionados 100 dentes permanentes humanos. Para o registro de imagem, foram empregadas as seguintes modalidades: placa de armazenamento de fósforo Digora<sup>®</sup>; filme InSight<sup>®</sup>; NewTom<sup>®</sup> 3G (TCFC) com três campos de visão, que conferem baixa, média e alta resolução, bem como o Accu-I-Tomo<sup>®</sup> (3DX). A validação das classificações por imagens se deu com base em análises histológicas. Em se tratando de lesões proximais, a sensibilidade para o NewTom<sup>®</sup> 3G (em alta resolução) não diferiu das outras modalidades. Entretanto, o NewTom<sup>®</sup> 3G (em alta resolução) apresentou especificidade significativamente menor em comparação às radiografias digital e convencional, que não diferiram. A somatória dos valores reais positivos e negativos foi significativamente mais baixa para os três modos do NewTom<sup>®</sup> 3G, em comparação ao Accu-I-Tomo<sup>®</sup> (3DX) e ao filme. O Accu-I-Tomo<sup>®</sup> (3DX) não diferiu das modalidades intrabucais em parâmetro algum. Os autores concluíram que o NewTom<sup>®</sup> 3G apresentou menor acurácia para o diagnóstico de lesões de cárie do que as modalidades intrabucais e o Accu-I-Tomo<sup>®</sup> (3DX). Contudo, este último sistema de TCFC não superou as modalidades intrabucais.

Com o objetivo de explorar o potencial do diagnóstico da radiografia digital (RD) e da TCFC para avaliação de perdas ósseas periodontais, Vandenberghe, Jacobs e Yang (2008) propuseram um estudo avaliando crateras infra-ósseas, envolvimento de furca e medidas lineares. Como metodologia, os autores avaliaram a acurácia das duas modalidades por meio de defeitos lineares: medidas de altura óssea (pontos mesial, central e distal à junção amelocementária); e defeitos não-lineares: avaliação da topografia de crateras ósseas e envolvimento de furca. Para a TCFC as observações dos defeitos lineares foram feitas com reconstrução panorâmica (5,2 mm de espessura de corte) e cortes coronais (0,4mm). Para os defeitos não-lineares (crateras e envolvimento de furca), os parâmetros foram cortes coronais, axiais e sagitais. Na RD os autores utilizaram a técnica do paralelismo. A comparação dos dados de medidas dos espécimes (2 crânios humanos com 71 sítios) foi feita com as medidas do padrão-ouro. As avaliações subjetivas da delimitação da lâmina dura, contraste e qualidade óssea também foram analisadas. Os autores relataram que não houve diferença significativa entre os dois métodos para avaliação da mensuração do nível ósseo. A reconstrução panorâmica da TCFC permitiu mensurações do nível ósseo periodontal comparáveis com a RD. Entretanto, a TCFC com 0,4mm de espessura de corte demonstrou valores de medida mais próximos do padrão-ouro. Crateras e envolvimento de furca foram todos (100%) detectados com a TCFC, enquanto 71% dos defeitos de cratera e 56% de envolvimento de furca foram identificados na imagem intra-oral. Os autores relataram que a avaliação por TCFC obteve melhor definição dos defeitos infra-ósseos do que a RD.

Navarro, Puy e Godoy (2008), tiveram como propósito avaliar e comparar a eficiência diagnóstica de um sistema digital (RVG) associado ao programa diagnóstico Logicom; o RVG no modo básico; o RVG utilizando-se da ferramenta magnificação; e um sistema radiográfico convencional (Kodak DF-58). Os autores avaliaram 384 superfícies proximais de 192 dentes posteriores. As imagens obtidas foram comparadas com secções histológicas dos dentes usando microscópio ótico. Um único avaliador realizou todas as análises e as conclusões foram que o programa Logicom aumentou a sensibilidade, especialmente em lesões com cárie dentinária. A radiografia digital teve um

melhor desempenho com relação à especificidade e valor preditivo positivo. Eles concluíram que o sistema digital RVG juntamente com o programa Logicom eram eficientes no diagnóstico de cáries proximais, com os valores de sensibilidade mais altos do que os outros sistemas. A maior especificidade foi detectada com o sistema radiográfico convencional.

Schulte et al. (2008), avaliaram a concordância no diagnóstico de cáries proximais, usando diferentes sistemas digitais. As imagens foram importadas como pasta TIFF em um sistema referencial. Quatro examinadores avaliaram as radiografias interproximais referentes a 60 faces de 30 dentes, usando software de referencia de cada sistema. Depois dos exames radiográficos, os dentes foram seccionados para avaliação histológica e foram feitas comparações entre os resultados. Concluiu-se que a perda de informação devido à transferência das imagens não afetou significativamente o diagnóstico. Todavia, deve-se sempre optar por um formato digital conhecido para evitar compressão de dados.

Em 2009, Haiter-Neto *et al.* comparou as imagens do sistema de placas de fósforo Vistascan com realce de imagens com filtros específicos para a detecção de lesões de cáries proximais e analisou a sensibilidade das imagens filtradas de diferentes tamanhos de lesões. Foram selecionados 100 dentes permanentes humanos sem cavitações. As imagens foram escaneadas pelo sistema Vistascan em alta resolução e aplicados três tipos de filtros pré-definidos: um filtro fino e dois filtros específicos para carie (carie 1 e carie 2). O filtro fino apresentou-se como uma ferramenta promissora de realce para ser usado na detecção de caries rasas, pois mostrou uma baixa variação na observação. Os filtros específicos, Caries 1 e Carie 2, foram menos acurados que o original e do que as imagens do filtro fino, não podendo ser recomendado para a detecção do tamanho das lesões de cáries.

Young et. al. (2009) fez um estudo comparativo da alta resolução da TCFC Accu-I-Tomo<sup>®</sup> (3DX) e dos sensores CCD na detecção da cárie oclusal e proximal. Foram utilizados dentes humanos molares e pré-molares, sendo 92 superfícies oclusais e 100 superfícies proximais utilizadas. As imagens foram avaliadas por 8 profissionais usando o programa PowerPoint com imagens

aleatórias. Constatou-se que as lesões proximais até dentina, houve diferença estatística quanto à sensibilidade da TCFC (0,61) e a CCD (0,33). Os valores de especificidade para ambos os sistemas foi alto e não houve diferença estatística entre eles. Para as lesões oclusais, a sensibilidade da TCFC, nas lesões em esmalte e dentina, foi significativamente maior do que as imagens CCD. Entretanto, a TCFC teve uma baixa especificidade quando comparado ao CCD para ambas as profundidades.

Em 2010, Capelozza *et al*, compararam os tomógrafos Multislices (FBCT) e o TCFC, concluíram que, apesar das vantagens e da melhor qualidade das imagens obtidas com as FBCT sobre as técnicas radiográficas convencionais, sua pouca especificidade aliada ao custo elevado e a maior exposição do paciente à radiação limitam sua utilização na Odontologia. As TCFC, por sua vez, proporcionam a obtenção e a reformatação das imagens em 3-D através de um único escaneamento da região, apresentando uma maior especificidade e acurácia no diagnóstico odontológico, com ausência de distorções, menores custos e exposição à radiação, mostrando-se uma tecnologia extremamente promissora e valiosa. Ainda que exista uma tendência mercadológica atual e um aumento crescente da utilização de tomografias, deve ficar claro para o clínico a importância das radiografias periapicais e panorâmicas para a elaboração do diagnóstico em clínica geral bem como os cuidados e critérios para prescrição de qualquer exame radiográfico, sempre considerando o custo- benefício da exposição do paciente às radiações ionizantes, estabelecendo protocolos adequados para cada avaliação.

Em 2010, Haiter-Neto e Melo relataram como se apresenta a imagem digital, seus variados sistemas e formas de aquisição, além das suas vantagens em relação à imagem convencional. As imagens digitais são numéricas e distintas de duas formas: em termos de distribuição espacial dos pixels e em termos dos diferentes tons de cinza de cada pixel. O valor de cinza corresponde à intensidade de radiação absorvida naquele local durante a exposição do receptor de imagem digital. O pixel é o ponto de resolução gráfica que se traduz na menor unidade de informação da imagem, eles carregam as

informações que correspondem aos tons de cinza visualizados no monitor do computador. O sistema adquire imagens com 8 bits, os pixels podem apresentar um dos 256 tons de cinza, entre o preto que é representado pelo zero, e o branco, que corresponde ao número 255. Existem sistemas digitais que permitem a aquisição de imagens digitais com 8, 10, 12 e 16 bits, entretanto, é importante lembrar que o olho humano é capaz de distinguir no máximo até 100 tons de cinza. Quanto maior a profundidade do bit, maior a resolução de contraste, o que aumenta a precisão do diagnóstico por proporcionar a visualização de diferenças sutis na imagem radiográfica digital final. Pesquisaram ainda os receptores CCD, os sensores sólidos extraorais, os sistemas digitais de sensor sólidos wireless, aquisição direta com sensores sólidos, aquisição semi-direta (placas de armazenamento de fósforo) e aquisição indireta. Concluindo que a radiografia digital não é um método novo de aquisição da imagem radiográfica e sim um método já estabelecido em constante aprimoramento para melhor atender as necessidades dos profissionais e pacientes, sendo importante estar a par destes avanços tecnológicos.

Kayipmaz et al. (2010), comparou 3 sistemas radiográficos: a radiografia convencional usando o filme Ektaspeed<sup>®</sup>, as placas de armazenamento de fósforo (Digora Optime<sup>®</sup>) e a TCFC (Kodak 9500) para uma determinação in vitro da cárie oclusal e proximal. Este estudo, utilizou 72 dentes humanos pré molar e molar extraídos, foram limpos e separados em blocos de cera com contato proximal. Para a comparação, os dentes foram radiografados usando três técnicas radiográficas diferentes e dois observadores avaliaram as imagens. Assim, os dentes foram separados e o corte histológico foi usado como padrão ouro. A acurácia foi estimada pela análise "Receiver Operating Characteristic" (ROC), para comparar as áreas sob as curvas ROC ( $A_z$ ) das diferentes modalidades de imagens radiográficas. Aplicou-se o teste de student para a comparação entre os avaliadores, a um nível de significância de 5%. Para a cárie oclusal, a TCFC ( $A_z = 0,84$ ), as radiografias convencionais ( $A_z = 0,66$ ) e as Placas de fósforo ( $A_z = 0,64$ ). Contudo, para a cárie proximal, a TCFC ( $A_z = 0,70$ ), as radiografias

convencionais ( $A_z = 0,78$ ) e as Placas de fósforo ( $A_z = 0,68$ ). Concluiu-se que não houve diferença estatística entre a TCFC e a radiografia intra-oral na detecção da cárie oclusal. Quanto à cárie proximal, não teve diferença estatística entre a placa de fósforo, TCFC e a radiografia convencional. Os autores concluíram que a TCFC pode ser um método para a determinação das lesões de cáries.

Şenel *et al.* (2010), executaram um estudo sobre a acurácia do diagnóstico de diferentes modalidades de imagem na detecção da cárie proximal, onde utilizaram a inspeção visual, o filme radiográfico convencional, o sistema CCD, a placa de fósforo e as imagens tomográficas cone beam. Foram analisadas 276 superfícies por três radiologistas. Posteriormente, foi feito a estatística do trabalho com a análise Kappa e a curva ROC. Os cortes histológicos foram usados como padrão ouro. Concluíram que todos os métodos testados obtiveram desempenhos similares na detecção da cárie proximal.

### **3. PROPOSIÇÃO**

Considerando o aprimoramento contínuo dos sistemas de aquisição por TCFC e, por conseguinte, a relevância do desenvolvimento de estudos laboratoriais que visem confrontar o desempenho de modalidades mais recentes em relação aos métodos de diagnóstico por imagem cientificamente aceitos, esta pesquisa teve os seguintes objetivos:

**1. Avaliar, comparativamente, a acurácia de imagens por TCFC adquiridas com o aparelho i-CAT<sup>®</sup> e de radiografias digitais obtidas com o sistema Digora-Optime<sup>®</sup>, no diagnóstico e interpretação da extensão de lesões de cárie proximais experimentalmente induzidas em esmalte e dentina;**

**2. Avaliar a influencia do filtros de realce aplicado nas imagens radiográficas digitais na acurácia do diagnóstico de lesões de caries proximais.**

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas – FOP/UNICAMP, sob o protocolo número 148/ 2009 (Anexo).

### **4.1- COLETA E SELEÇÃO DOS DENTES**

Para uso nesta pesquisa, foram selecionados 120 dentes, sendo 40 pré molares e 80 molares humanos, superiores e inferiores, hígidos com, pelo menos, dois terços radiculares formados. A quantidade de dentes foi determinada com base nos números de modalidades de aquisição de imagens radiográficas, faces proximais a serem interpretadas e examinadas.

Os dentes foram extraídos e coletados na clínica da área de Cirurgia Buco-Maxilo-Facial, da FOP/UNICAMP. As exodontias desses terceiros molares decorreram de indicações – como nos casos de impactação e retenção, ou com a finalidade de correção ortodôntica. Todos os dentes foram doados espontaneamente por voluntários, que foram informados da utilização dos mesmos em um trabalho científico, pelos cirurgiões-dentistas que realizaram as cirurgias. Os doadores foram conscientizados de que sua participação era voluntária e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido.

Após as exodontias, os resíduos de sangue eram removidos com solução de cloreto de sódio a 0,9% e efetuava-se um polimento com pedra pomes e água, visando a eliminação de quaisquer resquícios de placa bacteriana das superfícies dentárias. Os dentes eram, subseqüentemente, acondicionados em um recipiente plástico contendo solução de cloreto de sódio a 0,9% e mantidos, em geladeira, a uma temperatura de aproximadamente +10°C. O armazenamento dos dentes em refrigerador foi necessário até que a amostra fosse completada, pois a coleta foi paulatina.

## **4.2- INDUÇÃO DAS LESÕES DE CÁRIE PROXIMAIS**

### **Preparo dos dentes**

A porção radicular dos dentes foi incluída em blocos retangulares de cera 7, de aproximadamente 20 mm de altura. Depois da inclusão, as porções coronárias foram revestidas com verniz para unhas ácido-resistente, de secagem rápida – Colorama Express<sup>®</sup>, na cor vermelha, deixando-se apenas uma área circular de esmalte hígido exposta, de aproximadamente 7 mm<sup>2</sup> de área em uma das faces proximais (Figura 1). A seleção da face teste foi realizada por inspeção visual, escolhendo-se, preferencialmente a face mais regular e plana. Os dentes foram enumerados e aleatoriamente distribuídos em 4 grupos, com 30 dentes cada, num total de 120 dentes. Os grupos receberam as codificações a seguir:

**\*C:** dentes controles, com a área circular para a desmineralização mantidos em ambiente úmido.

**\*E:** dentes do grupo esmalte, com a área circular para a desmineralização, imersos em solução desmineralizante por 120 dias com 1 troca de solução desmineralizante.

**\*D:** dentes do grupo dentina, com a área circular para a desmineralização, imersos em solução desmineralizante por 120 dias com 6 trocas da solução desmineralizante.

**\*V:** dentes totalmente vedados, sem a área circular para a desmineralização, imersos em solução desmineralizante, mas sem contato com a mesma.



**Figura 1:** Foto do dente com a área destinada para a desmineralização.

A solução desmineralizante utilizada nesta pesquisa foi desenvolvida com respaldo nas investigações de ten Cate (2001) e Argenta *et al.* (2003), bem como nos estudos pilotos que foram realizados. Essa solução continha ácido acético 0,05 M, pH 4,8, juntamente com 1,12 mM de cálcio, 0,77 mM de fosfato e 0,03 ppm (partes por milhão) de flúor, e foi formulada da seguinte maneira: a 4,29 ml de ácido acético concentrado foram adicionados 286,8 mg de cloreto de cálcio di-hidratado ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), 159,39 mg de fosfato de sódio monobásico ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) e 0,45 ml do padrão de 100 ppm de flúor, obtendo-se uma mistura homogênea. O volume foi completado para 1500 ml, com água destilada e deionizada, e o pH foi acertado para 4,8. Acrescentou-se cerca de 1 g de cristais de timol, para evitar a contaminação por fungos. As concentrações de fósforo e cálcio foram determinadas em amostras da solução preparada, para confirmação dos seus valores.

A proporção recomendada para uso é de 2,0 ml dessa solução desmineralizante para cada  $1 \text{ mm}^2$  de esmalte exposto. Como a área de esmalte exposta, em cada dente, media cerca de  $7 \text{ mm}^2$ , os dentes dos grupos D, E e V foram incubados em recipientes plásticos individuais contendo 14 ml da solução, em estufa a  $37^\circ \text{C}$ . De acordo com os períodos de desmineralização preestabelecidos para lesão em esmalte, 60 e 120 dias, os dentes foram retirados da solução. Os dentes controles foram mantidos em recipientes plásticos individuais, umidificados por algodão embebido em água destilada e deionizada, em estufa a  $37^\circ \text{C}$ , durante 120 dias. As áreas

de esmalte hígido expostas permaneceram em ambiente úmido sem, no entanto, estarem em contato direto com a água, para que não houvesse troca iônica.

Os estudos pilotos forneceram subsídios não somente para a indicação dos períodos de desmineralização, mas também para a troca das soluções desmineralizantes dos grupos D, E e V. Nos dentes dos grupos E e V, a troca da solução desmineralizante foi efetuada após 60 dias de imersão. Contudo, foram mantidos imersos por mais 60 dias, após a troca das soluções. Já nos dentes do grupo D, as soluções foram trocadas a cada 15 dias, até completarem os 120 dias imersos na solução. Essa substituição foi planejada para evitar que as soluções ficassem supersaturadas, em decorrência da constante troca iônica que ocorre entre o dente e a solução. Se houver supersaturação, a desmineralização não progride da superfície do esmalte em direção à junção amelo-dentinária, pois a dinâmica das trocas iônicas fica muito lenta. As concentrações de fósforo e cálcio das soluções desmineralizantes dos grupos experimentais foram determinadas a cada troca de solução. A primeira dosagem foi executada para o grupo D após 15 dias. A segunda dosagem foi realizada para o grupo D, após 30 dias imersos nas soluções. A terceira dosagem foi realizada para o grupo D, após 45 dias imersos nas soluções. A quarta troca foi realizada nos 3 grupos (D,E e V) após 60 dias imersos nas soluções. A quinta dosagem foi realizada no grupo D, após 75 dias imersos nas soluções. A sexta dosagem foi realizada no grupo D após 90 dias imersos nas soluções. A sétima e última dosagem foi realizada nos 3 grupos (D,E e V), após os 120 dias imersos nas soluções.

## ***AQUISIÇÃO DAS IMAGENS RADIOGRÁFICAS***

### ***Obtenção das radiografias digitais***

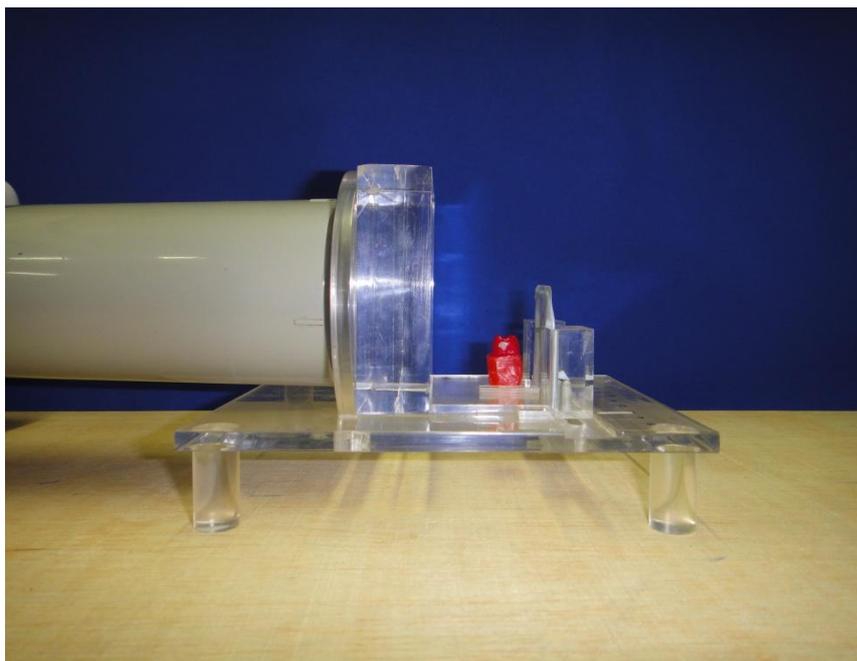
No primeiro dia e ao término de cada período de desmineralização, isto é, no dia da troca da solução desmineralizante, foram obtidas radiografias de todos os dentes dos respectivos grupos sob análises. Para tanto, foi utilizado o aparelho DIGORA<sup>®</sup> (Orion Corp./Soredex<sup>®</sup>, Helsinque, Finlândia). O aparelho de raios X GE 1000<sup>®</sup> (General Electric Co., Milwaukee, WI, EUA)

funcionou em regime constante de 65 kVp e 10 mA, com filtração total de 2,5 mm de alumínio.

***Fatores selecionados com base em estudos pilotos.***

Previamente à exposição, os sensores dos sistemas de armazenamento de fósforo eram acondicionados em um invólucro protetor, para evitar a influência da luz ambiente e prevenir injúrias físicas na face ativa. Esse procedimento foi dispensável ao sensor nestas condições experimentais, uma vez que sua constituição externa confere proteção ao dispositivo interno. As imagens foram adquiridas sem alteração dos comandos padrões nos programas de cada sistema radiográfico digital. A leitura dos sensores DIGORA<sup>®</sup>, foi executada com resolução de 360 dpi, por regime padrão, sem quaisquer operações de manipulação.

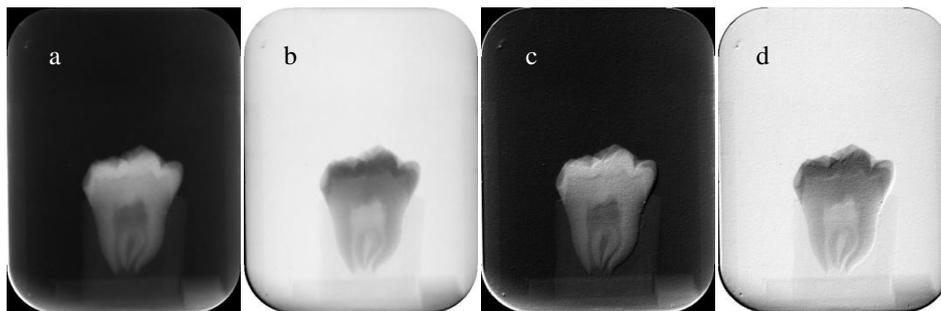
Para auxiliar no posicionamento dos receptores de imagem e dos dentes, foi confeccionado um suporte em acrílico com cinco acessórios: aro localizador fixo, para a orientação do cilindro do aparelho de raios X; base para o apoio dos dentes; dispositivo fixo para a manutenção do sensor; dispositivo ajustável e régua milimetrada. Esse suporte propiciou a aquisição de imagens padronizadas, mantendo as distâncias fonte de radiação-receptor igual a 40 cm e objeto-receptor de 1,5 cm, bem como angulação vertical de 0° e horizontal de 90°. Para a simulação dos tecidos moles, uma placa em acrílico, com 2,5 cm de espessura, foi posicionada à frente das faces vestibulares dos dentes, que eram mantidos paralelos aos receptores, centralmente ao feixe útil de radiação X (Figura 2).



**Figura 2:** Disposição espacial do cilindro do aparelho de raios X, do dente e do sensor Digora Optime®

As radiografias digitais obtidas com o DIGORA® Optime podiam ser visualizadas após 8s de introdução do sensor no respectivo escaner. As imagens eram arquivadas pelo número do dente, conforme o período de registro – a, para radiografias de referência ou iniciais, e b, para radiografias finais – em Pen-drive, no formato TIFF (*Tagged Image File Format*), 8 bits. Esse procedimento garantiu que as imagens arquivadas tivessem a mesma quantidade de informações que as originais, pois TIFF traduz-se em um formato de arquivo sem perda.

Usando os recursos do programa Digora® for Windows 2.6, as imagens foram ajustadas conforme a melhor qualidade conseguida, sendo estes ajustes feitos com os filtros Negativo, Sharpen e Sharpen com negativo (Figura 3), com o objetivo de avaliar qual dos filtros oferece melhor acurácia nas interpretações de lesões de cáries proximais.



**Figura 3:** Radiografia digital (a) de um elemento da amostra apresentando cárie em esmalte, com aplicação dos filtros: negativo (b), Sharpen (c) e Sharpen com Negativo (d).

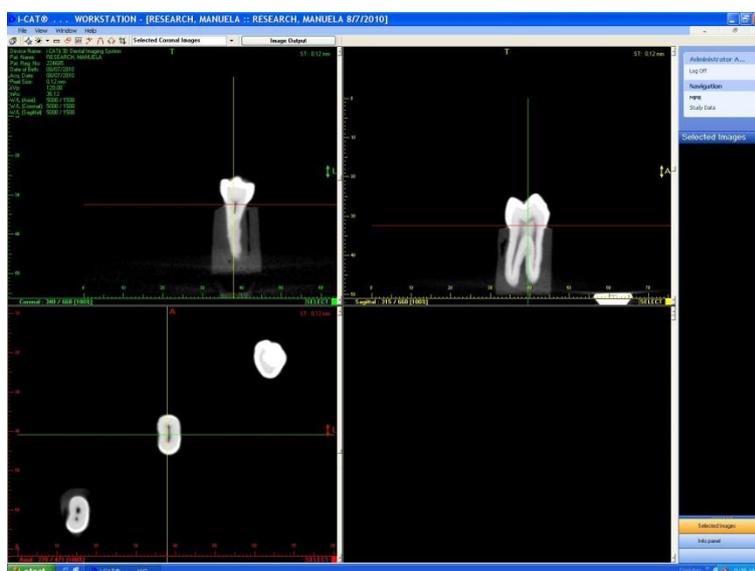
#### ***Obtenção das imagens pela Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico (TCFC)***

As imagens foram adquiridas ainda com os dentes inclusos na cera usando o tomógrafo Cone beam i-CAT (Imaging Sciences Internacional, Hatfield, PA, EUA). Os parâmetros de aquisição foram tempo de rotação de 20 s, tempo de exposição de 40 s, e tamanho do voxel de 0.125 x 0.125 x 0.125. (Figura 4).



**Figura 4:** Dentes posicionados no Tomógrafo.

As imagens foram exportadas para o software do Xoran CAT (Xoran Technologies, Ann Arbor, MI, USA), que possui ferramentas de ajuste de contraste, densidade, magnificação, modificação da inclinação na tomografia, espessura dos cortes reconstruídos, entre outras. (Figura 5)



**Figura 5:** Interface do software permitindo a visualização dos elementos da amostra nos três cortes ortogonais.

## **DIAGNÓSTICO RADIOGRÁFICO**

### **Seleção dos examinadores**

A interpretação das imagens das radiografias digitais, pelo método comparativo, foi executada por quatro examinadores, sendo dois especialistas em Radiologia Odontológica, um aluno do curso de Doutorado e um aluno do curso de Mestrado em Radiologia Odontológica da FOP/UNICAMP e dois especialistas em Dentística, um aluno do curso de Doutorado e um aluno do curso de Mestrado em Dentística da FOP/UNICAMP. Esse grupo é experiente na interpretação de radiografias digitais, além de terem desenvolvido estudos sobre diagnóstico radiográfico da cárie dentária. Ao selecionar os examinadores, três fatores foram devidamente considerados: a experiência na interpretação de imagens radiográficas; o conhecimento ampliado acerca da doença cárie dentária e um treinamento prévio na detecção de lesões incipientes.

### **Treinamento dos examinadores**

Foi realizada uma sessão de calibração dos examinadores, visando a explanar-lhes os objetivos e a metodologia do trabalho, a apresentar-lhes o Microsoft Office PowerPoint 2007 e o software do Xoran CAT (Xoran Technologies, Ann Arbor, MI, USA), a explicar-lhes o método de avaliação estabelecido, a detectar e a corrigir eventuais falhas e verificar a assimilação do treinamento. O pesquisador responsável pelo treinamento forneceu-lhes instruções verbais e escritas, além de ter estado disponível para responder questões e esclarecer dúvidas, durante as fases de interpretação radiográfica.

É interessante destacar que, durante o treinamento prático na interpretação das imagens não foi permitido o uso do zoom e para as interpretações das imagens tomográficas, os avaliadores podiam movimentá-las livremente.

### **Interpretação das imagens**

As radiografias digitais, pré e pós-tratamento, foram interpretadas pelo método comparativo. Utilizou-se imagens radiográficas do sistema Digora sem nenhuma alteração, sistema Digora com filtro Negativo, sistema Digora com filtro Sharpen e sistema Digora com filtros Sharpen e Negativo juntos. Limitou-se o número de pares de radiografias interpretadas, por dia, a 50, para evitar que os examinadores comprometessem as avaliações em virtude de uma fadiga visual. As imagens desta pesquisa, adquiridas por meio de cada modalidade em estudo, foram interpretadas em um prazo máximo de 5 semanas.

Em uma sala com baixa luminosidade, os examinadores interpretaram as imagens das radiografias digitais. As imagens foram exibidas, pelo Microsoft PowerPoint 2007, na tela de um monitor LCD de 12.1 polegadas, empregando-se a resolução de 800 x 600 *pixels*, em *true color* (24 *bits*). Os examinadores avaliaram as imagens, respeitando os padrões recomendados como ideais para a interpretação de imagens digitais, isto é, com a luz ambiente e o brilho do monitor reduzidos. Os níveis de brilho e contraste do monitor foram fixados antes do início das interpretações.

Os examinadores permaneciam a cerca de 50 a 70 cm de distância do monitor para manipular essas características intuitivamente e evidenciar o sinal de interesse.

Não foi estabelecido um período de tempo para as sessões de interpretação. Os examinadores foram instruídos a avaliar as características das imagens nas faces proximais e atribuir-lhes notas classificatórias. Como os dentes enumerados estavam distribuídos aleatoriamente nos grupos, sem uma seqüência relacionada aos períodos de desmineralização, as chances de dedução no diagnóstico pelas imagens correspondentes eram improváveis.

Os examinadores das radiografias digitais e tomografias, receberam, diariamente, o material de interpretação que constava de uma folha de papel com os gabaritos das faces proximais, e continha as identificações da modalidade em estudo e do examinador. Como havia quatro examinadores, cada um recebeu um número de 1 a 4, para ocultar seus nomes.

Seguindo-se à comparação das faces proximais dos dentes pré e pós-tratamento, uma nota era atribuída a cada face proximal, na imagem final. A escala de classificação apresentava os três pontos abaixo:

- 1- CÁRIE AUSENTE
- 2- CÁRIE EM ESMALTE
- 3- CÁRIE EM DENTINA

### **VALIDAÇÃO DO DIAGNÓSTICO RADIOGRÁFICO**

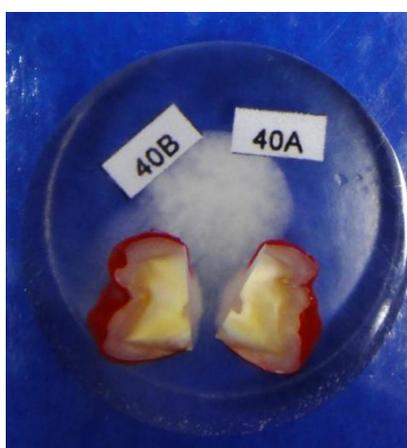
A análise de dureza é um método indireto para a determinação quantitativa de perda ou ganho mineral, em extensão de tecido. Nesse método, um diamante *Knoop* é posicionado sobre a amostra e faz uma impressão na mesma, com uma determinada carga, por um dado período de tempo. O comprimento da indentação realizada pelo diamante é medido em micrômetros e transformado em dureza ( $\text{kg/mm}^2$ ). Se os valores de comprimento das indentações aumentarem, o tecido perdeu mineral (Arends & ten Bosch, 1992).

Os valores de dureza, obtidos pela penetração do diamante, são uma medida da resiliência mecânica do esmalte (Featherstone *et al.*, 1983).

Para validar os diagnósticos por imagens, foram executadas mensurações de dureza do esmalte seccionado longitudinalmente, nas faces proximais testes dos 120 dentes selecionados. Em adição, foram realizadas dosagens bioquímicas nas soluções desmineralizantes, visando a determinação das concentrações de fósforo e cálcio.

### ***Preparo das faces proximais para as mensurações da dureza***

Inicialmente, os dentes tiveram suas porções coronárias separadas dos blocos de resina, com o auxílio de um disco de diamante Diamond Wafering Blade 15HC<sup>®</sup> (Buehler<sup>®</sup>, IL, EUA) acoplado a uma cortadeira ISOMET<sup>®</sup> Low Speed Saw (Buehler<sup>®</sup>, IL, EUA). Subseqüentemente, realizou-se a separação das coroas dentárias, de modo que o segundo corte dividiu a área de desmineralização ao meio. As duas metades coronárias de um mesmo dente foram incluídas em resina acrílica de metil metacrilato incolor, utilizando-se uma prensa automática para embutimento metalográfica PRE-30<sup>®</sup> (Arotec, SP, Brasil). As metades das coroas embutidas foram designadas pelo número do respectivo dente, acrescido das letras a e b. (Figura 6).



**Figura 6:** Coroa do dente seccionada longitudinalmente e embutida em resina acrílica.

Para a remoção de uma camada de resina que escoou e adere-se aos tecidos dentários e objetivando a planificação da superfície das coroas embutidas, foram realizados desgastes com uma Lixadeira e Politriz Vector Power head<sup>®</sup> (Buehler, IL, EUA), utilizando-se as lixas d'água 400 e 800, sob refrigeração e em baixa velocidade, por 4 min. O acabamento foi executado com a lixa d'água 1200, sob refrigeração e em baixa velocidade, por 6 min. Em seguida, efetuou-se o polimento com um disco de veludo sintético, sob irrigação com a suspensão de diamante em base aquosa Metadi<sup>®</sup> Diamond Suspension (Buehler<sup>®</sup>, IL, EUA), contendo partículas de 1  $\mu$  e em baixa velocidade, por 10 min. É importante frisar que, entre uma lixa e outra, bem como antes e após a utilização do disco de veludo, os blocos embutidos permaneceram imersos em uma solução detergente Ultramet<sup>®</sup> Sonic Cleaning Solution (Buehler<sup>®</sup>, IL, EUA), diluída em água destilada e deionizada na proporção de 20:1, sob a ação de um aparelho de ultra-som, por 5 min, a fim de eliminar as partículas residuais aderidas à superfície.

Desde o preparo até a fase de mensuração da dureza, as coroas embutidas foram armazenadas em recipientes plásticos fechados, em geladeira, a uma temperatura de -10 °C. A umidificação dos recipientes foi garantida pela colocação de papel absorvente sob as coroas embutidas e compressas de gaze na tampa, umedecidos com água destilada e deionizada.

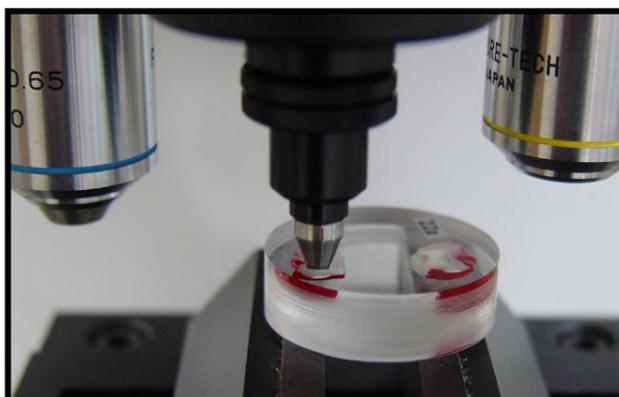
#### ***Análise da dureza do esmalte seccionado longitudinalmente***

As coroas embutidas e polidas foram levadas ao microdurômetro FM Series Digital Microhardness Tester<sup>®</sup> (Future-Tech Corp., Tóquio, Japão) e, por meio do *software* FM-ARS<sup>®</sup> 7000 (Sun-Tec Corp., Novi, MI, EUA), foram realizados os testes de dureza do esmalte seccionado longitudinalmente (Figura 7).



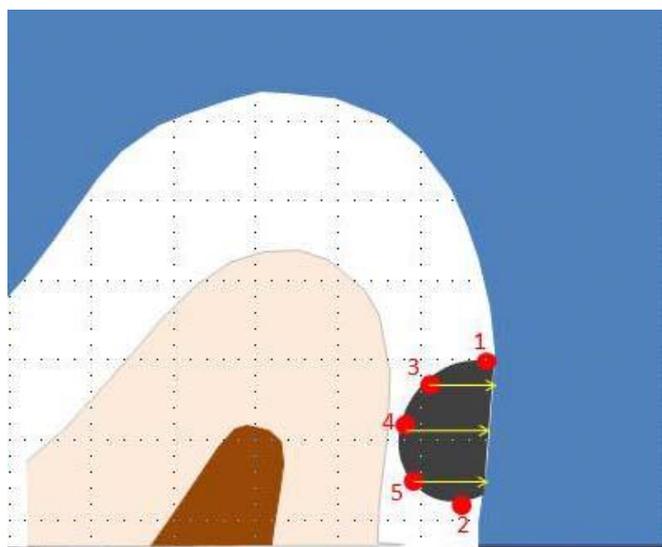
**Figura 7** - Coroa embutida posicionada no microdurômetro (*seta*).

As indentações foram realizadas com o indentador contendo um diamante *Knoop* paralelo à superfície do esmalte, empregando-se uma carga de 25 g – que é utilizada rotineiramente próximo à faixa externa do esmalte, para evitar rachaduras na amostra, por 5 s (Figura 8). As indentações dos dentes do grupo controle C e do grupo vedados V, foram feitas da mesma forma, diferenciando apenas a região da indentação. Nos dentes do grupo Vedado, foi selecionada a área central interproximal de cada secção do dente, enquanto que, nos dentes do grupo Controle foram realizadas na área central da abertura (áreas testes) das metades “a” e “b” de todas as coroas embutidas. Selecionou-se o padrão de três linhas verticais de indentação, com espaçamento de 200  $\mu\text{m}$ , para que fossem efetuadas indentações a 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 e 200  $\mu\text{m}$  da superfície do esmalte. Assim, as mensurações foram obtidas a intervalos de entre 10 e 20  $\mu\text{m}$ , ao longo do esmalte hígido.



**Figura 8** - Indentador *Knoop* em operação na camada interna do esmalte.

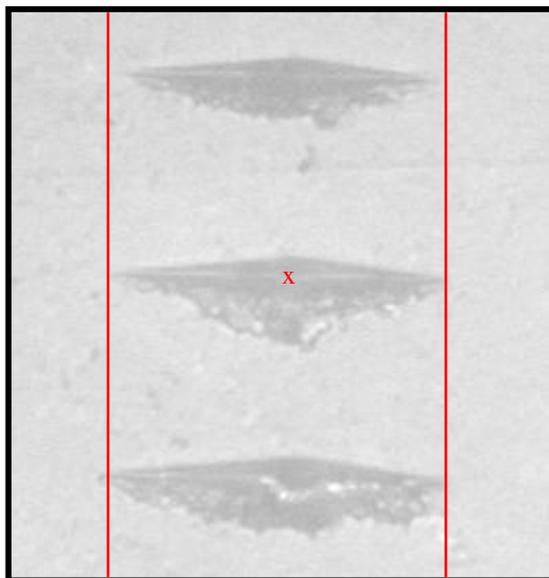
Para os dentes do grupo Esmalte e do grupo Dentina, foi medida, em 3 pontos equidistantes, a distância entre a superfície externa do esmalte até o término da lesão cariosa (Figura 9; setas 3, 4 e 5), registrando o valor da maior profundidade. Então, foi determinada a dureza do substrato dental após a lesão cariosa.



**Figura 9:** Imagem meramente ilustrativa demonstrando a mensuração da profundidade da lesão cariosa

A partir da determinação da largura de cada indentação do diamante, o *software* FM-ARS<sup>®</sup> 7000 fornecia os valores da dureza *Knoop*, em uma tabela de cálculos. Um examinador devidamente treinado e calibrado estabelecia o comprimento da diagonal maior, que representava a largura da indentação em forma de losango (Figura 10). Conforme as especificações do

equipamento utilizado nessa análise, a penetração do diamante *Knoop* no esmalte hígido é de aproximadamente 1/30 do comprimento da diagonal maior.



**Figura 10** - Delimitação da diagonal maior de uma indentação em esmalte hígido. (Aumento de 40X)

### ***Dosagens bioquímicas***

As concentrações de fósforo nas soluções desmineralizantes foram determinadas pelo método colorimétrico de Fiske & Subbarow (1925), que envolve a transformação do fósforo em fosfomolibdato, o qual, em seguida, é reduzido pelo ácido alfa-amino-naftol sulfônico a um produto de cor azul. A intensidade da cor foi medida em um espectrofotômetro Beckman DU 800 (Victória, Austrália), previamente calibrado com padrões de 1,5 a 24  $\mu\text{g}$  de fósforo por mililitro.

Por meio de espectrofotometria de absorção atômica, foram determinadas as concentrações de cálcio nas soluções desmineralizantes. Nesse processo, os constituintes da amostra são decompostos e convertidos a partículas atômicas, utilizando-se lantânio para suprimir a interferência do fosfato. Essas dosagens foram executadas em um espectrofotômetro de absorção atômica SpectrAA 50 Varian a 422,7 nm, previamente calibrado com padrões de 0,2 a 2 ppm de cálcio.

## 5. RESULTADOS

### 5.1- ANÁLISE DO DESEMPENHO DAS MODALIDADES DE AQUISIÇÃO DE IMAGENS RADIOGRÁFICAS

#### Aplicação da estatística Kappa de Cohen

O indicador Kappa informa a proporção de concordâncias, além da esperada pelo acaso, e varia de -1 a +1. Menos 1 significa completo desacordo e mais 1, exato acordo nas interpretações. Zero indica o mesmo que leituras feitas ao acaso. Em síntese, as escalas do índice Kappa estimam que os valores abaixo de 0,41 indicam concordância fraca. Entre 0,41 e 0,60, a concordância é regular, e, entre 0,61 e 0,80, é boa. Acima de 0,81, a concordância é ótima. Convém salientar que uma baixa prevalência das características estudadas e a dificuldade no diagnóstico associam-se a baixos níveis de reprodutibilidade, ou seja, índices Kappa iguais ou inferiores a 0,40.

Com base nas comparações dos índices Kappa da Tabela 1, avalia-se o grau de concordância de um mesmo examinador que fez a interpretação da mesma amostra de imagens, em duas ocasiões distintas.

**Tabela 1** – Índices de concordância (Kappa) intra-examinador.

<i>Modalidade</i>	<i>Examinador</i>			
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Ausência de cárie	<b>0,7588</b>	<b>0,8333</b>	<b>0,8333</b>	<b>0,8344</b>
Cárie em esmalte	<b>0,8162</b>	<b>0,6888</b>	<b>0,7492</b>	<b>0,6528</b>
Cárie em dentina	<b>0,5033</b>	<b>0,8344</b>	<b>0,8344</b>	<b>0,5652</b>

Boa concordância foi observada para a modalidade ausência de cárie, executada pelo examinador 1 e, na avaliação do examinador 2 e 4 para a modalidade cárie em esmalte, Índice de concordância ótima foi encontrado pelos avaliadores 2, 3 e 4 na ausência de cárie, em relação à modalidade cárie em esmalte para o examinador 1, e para os examinadores 2 e 3, para a

## 5. RESULTADOS

modalidade cárie em dentina. Índices de concordância regular foram obtidos na análise do examinador 1 e 4, para a modalidade cárie em dentina.

### 5.2- ANÁLISE ROC

Uma forma eficiente de demonstrar a relação normalmente antagônica entre a sensibilidade e a especificidade dos exames que apresentam resultados contínuos é a Curva de Característica de Operação do Receptor (Curvas ROC- *Receiver Operating Characteristic*). A Curva ROC é uma ferramenta poderosa para medir e especificar problemas no desempenho do diagnóstico, por permitir estudar a variação da sensibilidade e especificidade para diferentes valores.

A Tabela 2 sintetiza três medidas de desempenho no diagnóstico de lesões de cárie incipientes.

**Tabela 2** – Medidas de desempenho, para as cinco modalidades.

<i>Modalidade</i>	<i>Acurácia(%)</i>	<i>Sensibilidade</i>	<i>Especificidade</i>
Tomografia	88,1	0,85	0,91
Digital	72,5	0,62	0,84
Sharpen	76,2	0,68	0,85
Negativo	70,2	0,57	0,85
Sharpen/Negativo	74,0	0,65	0,84

Quanto à sensibilidade geral, a tomografia computadorizada de feixe cônico apresentou desempenho mais alto com valor de 0,85, enquanto a radiografia digital sem filtro teve 0,62, o filtro sharpen com 0,68, o filtro sharpen com negativo com 0,65 e o pior desempenho foi do filtro negativo com 0,57. Em relação à especificidade, todas as modalidades tiveram alto desempenho, a tomografia computadorizada de feixe cônico apresentou valor de 0,91, a radiografia digital sem filtro com 0,84, o filtro sharpen com 0,85, o filtro Negativo com 0,85 e o filtro sharpen com negativo com 0,84. Não houve diferença estatística significativa entre eles.

No que concerne a relação entre as radiografias digitais com e sem filtro do sistema Digora Optime®, o filtro sharpen apresentou os melhores valores com

## 5. RESULTADOS

0,68 de sensibilidade e 0,85 de especificidade, seguidos pelo filtro sharpen com negativo com 0,65 de sensibilidade e 0,84 de especificidade, depois o sistema digital sem filtro com 0,62 de sensibilidade e 0,84 de especificidade, e o filtro negativo com 0,57 de sensibilidade e 0,85 de especificidade.

Quando comparamos a acurácia das modalidades, a TCFC apresentou 88,1%, enquanto o sistema digital com filtro sharpen com 76,2%. O sistema digital com filtro sharpen com negativo teve 74,0%, seguido pelo sistema digital sem filtro 72,5% e o sistema digital com filtro negativo com 70,2%. Porém, não houve diferença estatisticamente significativa entre as modalidades.

Uma observação notável foi a desmineralização do grupo dentina, onde 30 dentes ficaram imersos na solução pelo período determinado e apenas 6 dentes sofreram desmineralização até dentina. Isso justifica-se por ser um trabalho experimental, onde a partir deste, foi desenvolvido um protocolo de desmineralização até dentina para a utilização em trabalhos posteriores. Sendo assim, obtivemos 60 dentes hígidos, 54 dentes com lesão em esmalte e 6 dentes com lesão até dentina.

**Tabela 3:** resultado para esmalte+dentina, considerando cárie e não cárie (código 1 x código 2+3).

Grupos	Tomografia		Digital		Sharpen		Negativo		Sharpen/Negativo	
	Sen	Esp	Sen	Esp	Sen	Esp	Sen	Esp	Sen	Esp
Av1*	0,89	0,91	0,71	0,84	0,72	0,78	0,52	0,87	0,62	0,80
Av2*	0,91	0,91	0,45	0,93	0,37	0,93	0,45	0,87	0,43	0,87
Av3*	0,77	0,91	0,58	0,80	0,83	0,87	0,57	0,85	0,75	0,84
Av4*	0,83	0,94	0,78	0,78	0,82	0,84	0,75	0,82	0,82	0,85
Geral	0,85	0,91	0,62	0,84	0,68	0,85	0,57	0,85	0,65	0,84
d Roc	0,23		0,40		0,35		0,46		0,38	
ÁreaRoc	0,84		0,74		0,76		0,71		0,74	
IC (área)	0,76-0,91		0,65-0,82		0,68-0,85		0,62-0,80		0,66-0,83	
Acurácia	88,1%		72,5%		76,2%		70,2%		74,0%	

Av\*: avaliadores; Sen: Sensibilidade; Esp: Especificidade; d Roc: desvio da curva ROC; ÁreaRoc: área sobre a curva ROC; IC (área): intervalo de confiança sobre a curva ROC

5. RESULTADOS

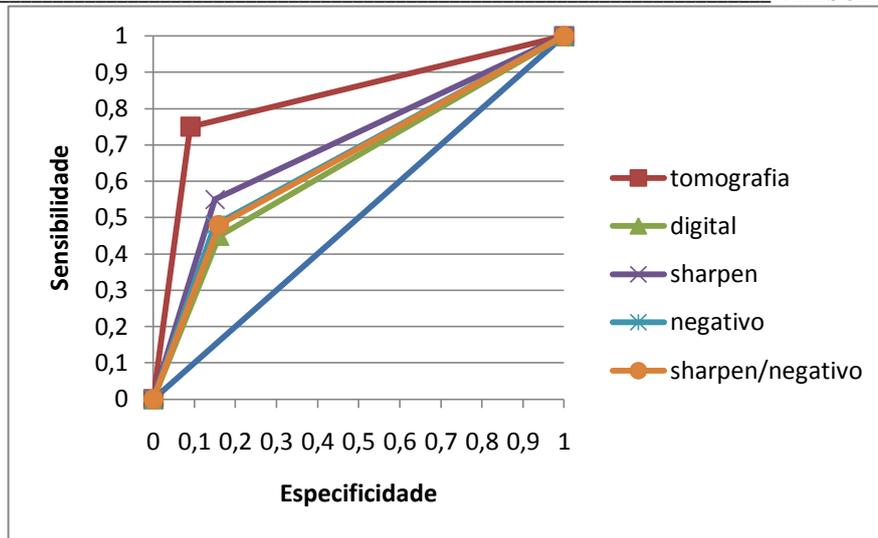


Figura 11: Curvas ROC para essas cinco modalidades de imagens radiográficas.

**5.3- ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA OS FATORES GRUPO E PROFUNDIDADE DE MENSURAÇÃO DA DUREZA**

Quanto à análise de dureza, foram calculadas as médias e o desvio padrão da dureza do dente seccionado longitudinalmente nos grupos controle e vedado nas áreas testes das coroas embutidas, para as 13 profundidades pré-determinadas (Tabela 4). É possível observar que estes dentes se apresentam hígidos, sem perda mineral, resultado esperado pois os dentes do grupo controle não foram imersos na solução desmineralizante, apenas permaneceram em ambiente úmido e a 37°C, e os dentes do grupo vedado foram totalmente cobertos com verniz de unha ácido-resistente e imersos em solução desmineralizante.

Tabela 4: Média (desvio padrão) dos valores de dureza (kg/mm<sup>2</sup>) do dente seccionado longitudinalmente esmalte.

	Distância da superfície do esmalte (µM)												
	10	20	30	40	50	60	80	100	120	140	160	180	200
<b>Grupo Controle (n=30)</b>	311,5 (33,7)	323,7 (27,0)	330,3 (21,2)	340,6 (26,0)	337,3 (26,8)	342,9 (22,3)	364,4 (17,7)	371,2 (22,0)	367,42 (19,08)	371,9 (25,1)	364,1 (27,4)	366,4 (21,9)	358,1 (21,9)
<b>Grupo Vedado (n=30)</b>	310,8 (31,3)	330,3 (25,2)	339,4 (20,3)	341,6 (26,0)	343,3 (28,0)	345,9 (24,7)	358,0 (18,4)	368,0 (19,6)	369,4 (20,8)	370,9 (24,8)	371,1 (19,5)	368,7 (24,3)	362,2 (22,5)

## 5. RESULTADOS

A figura 12 fornece uma visão geral das médias de dureza do dente seccionado longitudinalmente nos grupos controle e vedado, sugerindo que não houve diferença entre os dentes dos grupos avaliados.

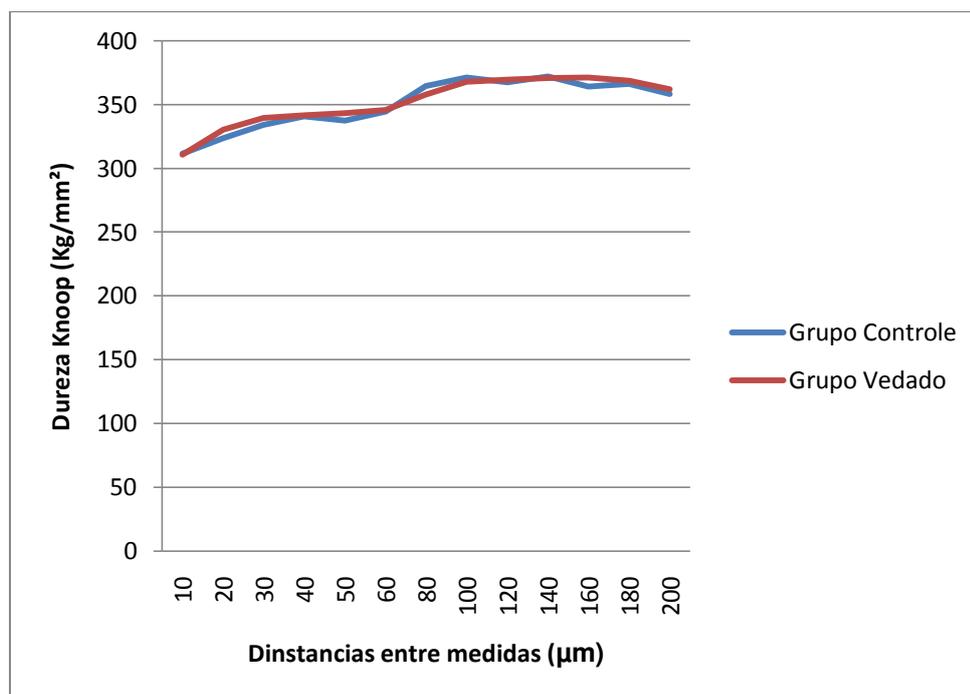


Figura 12: Média dos valores de dureza (kg/mm<sup>2</sup>) dos grupos Vedado e Controle.

Ao analisamos a dureza dos dentes dos grupos esmalte e dentina, observamos que o grupo esmalte apresenta valores mais altos de dureza. Observa-se a diminuição da dureza com o decorrer do tempo de imersão na solução desmineralizante e elevação, da referida propriedade, em função do aumento na profundidade de leitura. Porém, quando calculamos a média das distâncias das lesões de cáries laboratorialmente induzidas da superfície externa do esmalte dental, constatamos que o valor da distância no grupo dentina foi superior ao grupo esmalte. Essa distância foi calculada com início na superfície do esmalte até a sua parte mais interna no dente. O gráfico de efeitos principais fornece uma visão geral das médias de dureza *Knoop* dos dentes seccionado longitudinalmente em todos os níveis (Tabela 5).

## 5. RESULTADOS

**Tabela 5:** Análise da profundidade e dureza da lesão dos grupos esmalte e dentina.

	<b>Grupo esmalte</b>	<b>Grupo dentina</b>
<i>Profundidade da lesão (<math>\mu\text{m}</math>) (n=30)</i>	299 $\pm$ 5,66	505 $\pm$ 10,3
<i>Dureza após a lesão (n=30)</i>	355 $\pm$ 25,7	256,9 $\pm$ 43,0

### 5.4- COMPARAÇÕES ENTRE AS DOSAGENS DE FÓSFORO E CÁLCIO

Foram obtidas as concentrações de fósforo e cálcio nas soluções desmineralizantes de cada frasco individual. Subseqüentemente, foram calculadas as concentrações médias para os grupos após a troca das soluções. (Tabelas 6 e 7).

**Tabela 6:** Dosagem de cálcio\* nas soluções desmineralizantes utilizadas para imersão dos dentes

<b>Troca da solução desmineralizante</b>	<b>Vedados</b>	<b>Esmalte</b>	<b>Dentina</b>
<b>15 dias</b>	-----**	-----**	82,6 $\pm$ 17,1
<b>30 dias</b>	-----**	-----**	76,0 $\pm$ 16,6
<b>45 dias</b>	-----**	-----**	90,6 $\pm$ 23,0
<b>60 dias</b>	-----**	124,1 $\pm$ 39,9	80,5 $\pm$ 22,0
<b>75 dias</b>	-----**	-----**	77,1 $\pm$ 20,7
<b>120 dias</b>	50,8 $\pm$ 12,7	50,2 $\pm$ 29,4	63,0 $\pm$ 15,3

\*Ca=45,1  $\pm$  3,5  $\mu\text{g/ml}$  na solução recém preparada.

\*\*Não foi realizada troca da solução desmineralizante nestes dias para os blocos destes tratamentos.

## 5. RESULTADOS

Verificou-se que as concentrações de cálcio aumentaram numericamente em relação à concentração de cálcio na solução desmineralizante recém preparada e sem uso, após a troca das soluções desmineralizantes para todos os períodos avaliados do grupo dentina e para o período de 60 dias de esmalte. Este aumento do cálcio na solução desmineralizante representa a dissolução do substrato dental e conseqüente perda mineral. Para a solução desmineralizante utilizada para imersão dos blocos vedados, apesar da concentração de Ca ser numericamente maior do que aquela da solução desmineralizante sem uso, o desvio padrão é considerável, provavelmente indicando ausência de diferença significativa entre estas soluções.

**Tabela 7:** Dosagem de Fósforo\* nas soluções desmineralizantes utilizadas para imersão dos dentes.

Troca de solução desmineralizante	Vedados	Esmalte	Dentina
<b>15 dias</b>	-----**	-----**	37,2 ± 5,7
<b>30 dias</b>	-----**	-----**	36,6 ± 6,2
<b>45 dias</b>	-----**	-----**	36,7 ± 6,8
<b>60 dias</b>	-----**	49,2 ± 10,0	37,3 ± 6,8
<b>75 dias</b>	-----**	-----**	34,9 ± 5,0
<b>120 dias</b>	29,8 ± 3,2	28,7 ± 11,4	30,6 ± 7,6

\* $P_i = 29,5 \pm 1,1$  µg/ml na solução recém preparada

\*\*Não foi realizada troca da solução desmineralizante nestes dias para os blocos destes tratamentos.

Os resultados de fósforo na solução desmineralizante apresentaram um perfil muito semelhante ao de cálcio. As concentrações de fósforo após a troca das soluções desmineralizantes, para todos os períodos avaliados do grupo dentina (exceto 120 dias) e para o período de 60 dias de esmalte aumentaram numericamente em relação àquela encontrada na solução desmineralizante recém preparada e sem uso. Este aumento do fósforo na solução desmineralizante também se refere à dissolução do substrato dental e conseqüente perda mineral. Para a solução desmineralizante utilizada para imersão dos blocos vedados, a concentração de  $P_i$  não difere daquela da

## **5. RESULTADOS**

solução desmineralizante sem uso, indicando que não houve dissolução do substrato dental nos dentes deste grupo. O mesmo é observado para a solução desmineralizante do grupo esmalte e dentina com 120 dias, sugerindo que a dissolução do substrato dental nestes grupos já atingiu um platô.

## 6. DISCUSSÃO

A detecção das lesões de cárie proximais ainda é um grande desafio para muitos profissionais. A importância da precisão no diagnóstico reside em se decidir que caminho escolher no momento do tratamento, para que o paciente tenha sempre o melhor benefício (Baelum; Heidmann; Nyvad, 2006). A presença de cavidade define a progressão mais rápida das lesões proximais e, conseqüentemente, a necessidade de tratamento restaurador, enquanto que a presença de lesões não cavitadas permite a adoção de terapia não invasiva, de controle e prevenção (Hintze *et al.*, 1998).

Para a detecção e a preservação das lesões de cárie proximais, a imagem radiográfica é um método de diagnóstico amplamente utilizado na rotina clínica (Pitts, 1983; Pitts, 1991; Shwartz *et al.*, 1984; Benn & Watson, 1989; Wenzel *et al.*, 1993; Scaf *et al.* 1998; Wenzel & Hintze, 1999; Wenzel *et al.*, 2000; Nunes, 2003; Sanden *et al.*, 2003). Entretanto, deve-se ter consciência das limitações deste método e, associando todas as informações obtidas a partir do exame clínico, interpretar os achados radiográficos de maneira realista.

Novos métodos de diagnóstico devem ser testados previamente à sua introdução na prática clínica. Recomenda-se a realização de estudos *in vitro* com o objetivo de determinar se esse novo método, como os novos sistemas de imagem modifica, de maneira significativa, o diagnóstico de determinada doença em relação a métodos convencionais e tradicionais já estabelecidos. Desta forma, no presente estudo, comparamos a acurácia do sistema digital Digora® com a presença e ausência de filtros de realce (negativo, sharpen e sharpen/negativo) e a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC).

Embora o poder da análise estatística aumente em função da amostra, Hintze *et al.* (2003) explicaram que as metodologias para se comparar a acurácia de vários sistemas radiográficos podem ser elaboradas livremente, contanto que o número total de interpretações por sistema seja idêntico.

A relevância dos exames radiográficos no diagnóstico das lesões de cárie proximais é ainda mais acentuada quanto menor for o sinal perceptível.

## 6. DISCUSSÃO

Lesões extensas e cavidades produzidas com brocas têm contornos nítidos e alto contraste devido à presença de ar (Benn, 1994; Kang *et al.*, 1998). Neste experimento, as desmineralizações no esmalte e dentina foram induzidas, para simular lesões de cárie.

Quanto à utilização das imagens em PowerPoint, Svanaes *et al.* (1996) constatou que a variância para as imagens digitais com fundo preto foi próxima àquela da radiografia convencional.

Diversos métodos, empregando culturas de bactérias cariogênicas e meios acidificados, foram desenvolvidos para induzir lesões artificiais de cárie em esmalte, que apresentam características histológicas similares às das desmineralizações naturais (Minah *et al.*, 1998; Larsen & Bruun, 2001). Apesar desses modelos não reproduzirem a complexidade dos eventos que ocorrem na boca, eles viabilizam os estudos sobre as lesões de cárie (Larsen & Bruun, 2001).

A lesão de cárie artificial resulta da interação de dois componentes: o esmalte e o ambiente externo. O fenômeno de desmineralização da subsuperfície envolve vários mecanismos. Os principais fatores que controlam a estabilidade da apatita do esmalte são o pH e as concentrações ativas livres de cálcio, fosfato e flúor, em solução. Para que ocorra desmineralização, a solução deve estar subsaturada em relação à fase sólida. A taxa de dissolução é proporcional à força de condução termodinâmica, durante as trocas iônicas (Anderson & Elliott, 1992).

Boyle *et al.* (1998) e Larsen & Bruun (2001) explicaram que a formação da lesão de subsuperfície depende da hipossaturação da fase aquosa do sistema, quanto à hidroxiapatita, e relaciona-se ao conteúdo de flúor presente no sítio de esmalte. Quando o pH fica em torno de 5,0, a solubilidade do esmalte aumenta. Apesar de as concentrações de cálcio e fosfato livres também aumentarem, não são suficientes para contrabalançar a dissolução. A hidroxiapatita da região subsuperficial dissolve-se e a fluorapatita é formada na superfície do esmalte, pela adsorção do flúor.

De acordo com Wenzel & Hintze (1999), um padrão ouro fidedigno deve preencher três critérios universais: ser estabelecido por um método que

## 6. DISCUSSÃO

seja reproduzível, descrever as características anatomopatológicas da doença em estudo e ser independente do método de diagnóstico sob avaliação. Ao serem utilizadas imagens radiográficas como padrão ouro, em pesquisas acerca do desempenho de modalidades de aquisição de imagens, os critérios supracitados não serão completamente preenchidos, uma vez que os diagnósticos radiográficos não são reproduzíveis e o método de validação não será independente das modalidades sob teste (Hintze & Wenzel, 2003). O exame histológico é um método de validação altamente reproduzível, sendo o ideal para pesquisas *in vitro* (Wenzel & Hintze, 1999a; Hintze & Wenzel, 2003).

Várias técnicas têm sido empregadas para medir as alterações que acontecem nos tecidos duros dos dentes, entre elas, as análises de microdureza e as dosagens bioquímicas (Featherstone *et al.*, 1983; Arends & ten Bosch, 1992; White *et al.*, 1992; Minah *et al.*, 1998).

Zandoná e Zero (2006) revisaram a literatura no intuito de pesquisar novos métodos e equipamentos para a detecção de cárie. Os autores avaliaram estudos *in vivo*, *in vitro* e também estudos clínicos. Chegaram à conclusão que o melhor desempenho dos equipamentos e métodos avaliadores tem relação com a localização da lesão e também com a experiência profissional.

O aparelho Digora Optime<sup>®</sup> é um equipamento com ótima resolução de imagem, fácil manuseio e, ultimamente, bastante utilizado nas clínicas radiológicas. Jacobsen *et al.* (2004) confrontaram as medidas de profundidade de lesões de cárie proximais, determinadas em radiografias adquiridas com quatro sistemas digitais, aos valores obtidos por mensuração histológica. Na maioria dos casos, o DIGORA<sup>®</sup> foi o sistema radiográfico que menos subestimou a profundidade das lesões de cárie. Foi possível concluir que as mensurações de lesões de cárie proximais nas radiografias obtidas com o Dixi<sup>®</sup> e o DIGORA<sup>®</sup> foram mais fidedignas em relação àquelas executadas nas imagens adquiridas com os sistemas Sidexis<sup>®</sup> e DenOptix<sup>®</sup>.

Para Devito (2004) um dos fatores relacionados com o diagnóstico radiográfico da cárie dentária é da diferença entre a densidade dos tecidos mineralizados hígidos dos dentes e a lesão, sendo a imagem radiográfica desta

## 6. DISCUSSÃO

patologia resultante das diferentes interações entre os fótons de raios X e o teor mineral presente nas estruturas dentárias. O filtro é uma ferramenta que usa algoritmos matemáticos para realçar as características específicas na imagem, para compensar perdas na qualidade da imagem causada por alta exposição ou “noise” (Wenzel, 2006). Uma possível explicação para o valor mais baixo de acurácia das imagens digitais sem filtro em relação ao filtro Sharpen encontrados na nossa pesquisa.

A TCFC, para muitos autores, não é considerada um exame de eleição para avaliação de cáries. Todavia por estar em constante evolução tecnológica, por ser um sistema tomográfico de imagem e por possuir um amplo campo de atuação, decidiu-se testar o seu desempenho para a avaliação de cáries proximais. Para que a TCFC tivesse seu melhor desempenho, usou-se a melhor resolução do aparelho, para obter melhor definição das imagens. O aumento da dose de radiação não acarretou problemas por se tratar de um estudo *in vitro*.

O TCFC i-CAT utilizado possui o detector *flat panel*, onde os componentes do sensor estão imersos em um fino filme de silicone amorfo. Scarfe *et al.* (2006), o sensor consiste em um écran cintilador de iodeto de cério e um conjunto de fotosensores (fotodiodos e dispositivos de transferência). O cintilador converte o feixe de raios X em um sinal óptico, que é convertido em sinal elétrico pelo fotodiodo e então registrado pelo conjunto de dispositivos de transferência. O presente trabalho, acredita que a TCFC obteve melhor acurácia, por apresentar o detector *flat panel*, diferentemente do trabalho de Haiter Neto *et al.*(2008), onde o TCFC Accuitomo e o TCFC NewTom 3G, composto de uma combinação do intensificador de imagem e do detector de CCD, não superou as modalidades intrabucais. Porém, o estudo de Zhang *et al.* (2010), que comparou a acurácia na detecção das cáries proximais com TCFC (ProMax 3D e Kodak 9000 3D), filme convencional e placas de fósforo, onde não demonstrou diferença significativa na detecção de cárie proximal. Segundo os autores, nem o detector, nem o FOV empregados pelos sistemas de TCFC teve um impacto na detecção da cárie proximal.

Kalathingal *et al.* (2006) notaram que o diagnóstico de lesão cariiosa pode ser realizado em radiografias ou imagens TCFC, porém a acuidade da

## 6. DISCUSSÃO

extensão cariosa foi maior quando analisada em imagens tomográficas de feixe cônico. Concordando com os estudos de Haiter-Neto, Wenzel e Gotfredsen (2008), onde sensibilidade da TCFC (Accuitomo) foi maior em dentina quando comparado ao sistema digital Digora Optime® e filtros de realce. Isso se deve, as lesões cariosas incipientes, que, de acordo com Razmus (1994) e Cederberg *et al.*(1998) são detectadas radiograficamente após uma perda de aproximadamente 40% do teor mineral dos tecidos dentários. Em 1997, Schmage *et al.*, ao avaliarem a acurácia para o diagnóstico de lesões de cárie em dentes humanos extraídos por meio de radiografias obtidas com o sistema DIGORA®, dois sistemas CCD, Sidexis® e RadioVisioGraphy®, e o filme Ektaspeed Plus®, observaram que a identificação das lesões menores era mais difícil com os sistemas digitais.

Nossos resultados corroboram com o estudo de Kalathingal *et al.* (2007), onde verificou-se que a avaliação da profundidade das cáries com a tomografia computadorizada local (LCT) teve melhor desempenho que as radiografias convencionais.

O TCFC i-CAT apresenta excelente resolução e fácil manuseio das imagens. Hashimoto *et al.* (2006) comprovaram que a TCFC (3DX multi-image) foi superior a tomografia computadorizada (TC) para avaliação do esmalte, dentina, cavidade pulpar, espaço referente ao ligamento periodontal, lâmina dura e, na avaliação do conjunto. Enquanto que o estudo de Loubele *et al.* (2008), comparou quatro sistemas TCFC e um tomografia computadorizada multislice (TCM) concluíram que o melhor binômio dose de radiação versus qualidade da imagem foi encontrado no sistema TCFC i-CAT. Lascala, Panella, Marques (2004) notificaram que as medidas obtidas em TCFC na região dento-maxilo-facial são confiáveis e muito próximas da anatomia real (sem significância estatística) e seus achados foram comprovados por Hilgers *et al.* (2005) utilizando o i- CAT, Marmulla *et al.* (2005); Pinsky *et al.* (2006).

Diante das limitações da radiografia convencional, métodos recentes de obtenção de imagem digital podem ser indicados na avaliação das lesões iniciais de cárie. A manipulação destas imagens são recursos disponíveis no sistema digital, oferecendo novas informações, sendo desnecessárias

## 6. DISCUSSÃO

exposições radiográficas adicionais, com a possibilidade de aumentar a eficácia diagnóstica em função do tipo de lesão. Para a sua manipulação, podemos utilizar os programas específicos que promovem alteração de brilho e contraste, magnificação, texturização, subtração, inversão e colorização, e também permitem determinar mensurações lineares e mostram a distribuição dos níveis de cinza (Eickholz, 1999; Wenzel; Gröndahl, 1995; White, 1999), o que justificou a utilização da imagem digital em termos de manipulação.

Este estudo usou filtros de realce para a avaliação das imagens, o que melhorou o desempenho do diagnóstico, porém não houve diferença estatística entre eles. Corroborando com o estudo de Eickholz et al. (1999), onde os recursos de softwares empregados em imagens digitais, não foram estatisticamente significantes para melhorar a reprodutibilidade, quando comparados com as avaliações das imagens sem o uso dos recursos. Também no estudo de Shi e Li (2009), o desempenho na detecção de cáries proximais foi avaliado por meio da comparação entre imagens em tons de cinza e imagens coloridas obtidas por meio de software, não demonstrando diferenças significantes entre ambas as avaliações. Conclusões semelhantes foram encontradas no estudo de Hintze (2006), em que foram testados quatro sistemas digitais, dois sistemas de placa de fósforo e dois de dispositivos de carga acoplada (CCD), juntamente com os softwares de cada sistema e mais um software comum a todos, na detecção de cáries proximais e oclusais. Deve-se considerar que os sistemas digitais estão em constante evolução, em termos de definição da imagem e introdução de novos recursos complementares, para avaliação dos dados adquiridos.

Sabe-se que os aparelhos digitais estão em constante evolução, em busca do melhoramento de imagem. Entretanto, no diagnóstico de cáries proximais, após a aquisição de uma imagem radiográfica digital, podem ser utilizados métodos de processamento da imagem digital para enfatizar as diferenças entre as estruturas dentárias ou os limites entre o tecido sadio e a lesão. Møystad *et al.*, (1996) e Li *et al.* (2002) observaram que as imagens digitais manipuladas demonstraram precisão significativamente maior para o diagnóstico de lesões de cárie proximais quando comparadas às imagens digitais sem manipulação ou às radiografias convencionais. Além disso, Svanaes *et al.*, em 1996, constataram que a precisão do diagnóstico de cáries

## 6. DISCUSSÃO

proximais geralmente é maior quando é utilizada a ferramenta de magnificação da imagem radiográfica digital durante a interpretação.

Misch, Yi, Sarment (2006) notaram que a imagem tridimensional de feixe cônico teve vantagens significantes em relação a radiografias periapicais devido a possibilidade de avaliação, detecção e quantificação de alterações nas superfícies vestibulares e linguais, mas tanto as radiografias periapicais como as imagens tomográficas TCFC são adequadas para visualização das superfícies mesial e distal.

O correto diagnóstico da presença e extensão das lesões é de fundamental importância na definição do plano de tratamento. A ocorrência de diagnósticos falsos positivos pode induzir sobretratamentos e a ocorrência de diagnósticos falsos negativos pode resultar em maiores seqüelas provocadas pela doença em longo prazo. O desempenho dos métodos convencionais e avançados de detecção das lesões de carie proximais vem sendo estudados com relativa freqüência. No entanto, alguns autores têm afirmado que os estudos de diagnóstico de cárie deveriam dar mais ênfase nas opiniões dos pacientes frente à utilização de diferentes tecnologias para diagnóstico de cárie, bem como nos benefícios diretos, melhora na saúde bucal e qualidade de vida dessas pessoas que se submetem aos exames (Baelum; Heidmann; Nyvad, 2006).

Em uma revisão sistemática foi observado que, geralmente, o exame radiográfico apresenta baixa sensibilidade e alta especificidade na detecção de lesões não cavitadas (Bader; Shugars; Bonito, 2002). Esse resultado deve-se ao fato da radiografia evidenciar principalmente a radiolucidez referente a lesões de cárie mais avançadas, já atingindo dentina. A incapacidade do exame radiográfico em determinar com segurança a presença de cavidade de uma lesão proximal, especialmente quando a radiolucidez se estende na metade externa de dentina (Bille e Thylstrup, 1982; Pitts e Rimmer, 1991; Akapata, 1996; Feldens *et al.*, 2003).

Em relação à sensibilidade geral, a tomografia computadorizada de feixe cônico apresentou desempenho mais alto com valor de 0,85, enquanto a radiografia digital sem filtro teve 0,62, o filtro sharpen com 0,68, o filtro sharpen com negativo com 0,65 e o pior desempenho foi do filtro negativo com 0,57. Em relação à especificidade, todas as modalidades tiveram alto desempenho, a

## 6. DISCUSSÃO

tomografia computadorizada de feixe cônico apresentou valor de 0,91, a radiografia digital sem filtro com 0,84, o filtro sharpen com 0,85, o filtro Negativo com 0,85 e o filtro sharpen com negativo com 0,84. Discordando com os estudos de Young *et al.* (2009), quando os autores compararam os equipamentos 3DX Accuitomo e o CCD na detecção de caries oclusais e proximais, onde obtiveram alta especificidade e baixa sensibilidade na detecção de caries proximais.

Quanto aos valores de área ROC, a TCFC apresentou 0,84 e a radiografia digital sem filtro 0,74; e para o IC (área), a TCFC teve 0,76 - 0,91, enquanto que a radiografia digital com 0,65 – 0,82. Corroborando com os estudos de Kayipmaz *et al.*(2010), onde a TCFC (Kodak 9500) teve o valor de área ROC 0,84 e a radiografia digital (Digora Optime®) 0,64; e para o IC (área), a TCFC 0,74 – 0,92, e a radiografia digital com 0,52 – 0,75.

O olho humano que não é capaz de identificar corretamente os tons de cinza muito próximos em uma radiografia e, por isso, é difícil estabelecer corretamente a profundidade de lesões de cárie sem utilização de algum recurso auxiliar (Ohki *et al.*, 1994). De acordo com resultados desse estudo, a aplicação de filtros nas imagens radiográficas facilita nesse processo, contrariando o observado por Gonçalves *et al.* (2005), quando o uso de cores dificultou a determinação da profundidade de lesões de cárie proximais. Essa divergência deve-se ao fato do programa utilizado determinar de maneira padronizada as alterações de cores, já que a média de densidade varia muito em relação a qual dente e superfície estamos avaliando.

A compressão pode remover valores de tons de cinza que ocorram menos freqüentemente (van der Stelt, 2000), o que é indesejável em um estudo comparativo acerca da acurácia para o diagnóstico de alterações tênues (Oliveira, 2001). A imagem resultante apresenta um fundo cinza neutro, que facilita a visualização de alterações que possam ocorrer no intervalo de tempo entre a obtenção das radiografias (Versteeg & van der Stelt, 1995).

Ademais, Wenzel & Hintze (1999) observaram que a acurácia para o diagnóstico de lesões de cárie proximais foi diminuída em imagens compactadas em relação às radiografias digitais arquivadas em TIFF.

## 6. DISCUSSÃO

Vários pesquisadores atestaram a utilidade da magnificação no diagnóstico das lesões de cárie, dentro de um limite em que o sinal não seja degradado (Scaf *et al.*, 1993; Wenzel *et al.*, 1993; Svanaes *et al.*, 1996; Sarmiento & Rubira, 2000; Nair & Nair, 2001). Em seu trabalho, Nair & Nair (2001) justificaram o emprego da magnificação, ao explicarem que utilizaram esse recurso para evitar a introdução de uma desvantagem entre as modalidades de aquisição de imagens avaliadas, tanto convencional como digital, ainda que o aumento não fosse uniforme, porque a projeção na tela do monitor é maior.

Novas perspectivas para o diagnóstico das lesões de cárie proximal surgem, sendo necessárias pesquisas clínicas que suportem os resultados encontrados *in vitro*. Neste estudo, as imagens capturadas com o sensor intraoral de placa de fósforo serviu como a base para a comparação com as imagens TCFC i-CAT. As imagens foram apresentadas aos avaliadores em local com baixa luminosidade. Algumas limitações são encontradas, primeiramente, o incômodo do paciente é reduzido com o i-CAT comparado com as radiografias periapicais. Além disso, o radiologista determina a orientação das imagens reconstruídas, e assim, podem ser idealmente orientadas- isto é, paralelo aos sulcos centrais e perpendicular aos contatos proximais. Fatias finas do paciente não apresentam necessidade de re-exposições radiográficas, desse modo, ocorre a minimização do incômodo paciente. O TCFC pode tornar-se um equipamento de grande valor para a progressão, monitoração e a remineralização da cárie, assim fornecendo um melhor prognóstico ao paciente.

A TCFC é uma realidade presente no cotidiano do Cirurgião-Dentista devido a sua facilidade em dispor secções de áreas de interesse, com a menor dose de radiação possível, além de possibilitar reconstruções volumétricas. Se a aquisição da imagem permite que seja feita pesquisa de cáries incipientes, esta deve ser feita. Concluímos que este exame é indicado para a pesquisa de cáries.

## **7. CONCLUSÃO**

Conforme os resultados desta pesquisa, desenvolvida sob as condições experimentais previamente descritas, é possível concluir que:

**As imagens por tomografia computadorizada de feixe cônico não diferiram na sensibilidade e especificidade no diagnóstico de cárie das imagens convencionais com ou sem filtro de realce. Portanto, a Tomografia computadorizada de feixe cônico mostrou ser um recurso útil e aplicável no diagnóstico de lesões de cárie proximais em esmalte e dentina.**

**A tomografia computadorizada de feixe cônico apresentou valor de acurácia superior aos valores das radiografias do sistema digital DIGORA<sup>®</sup> com e sem os filtros de realce na detecção de lesões de caries proximais.**

**Quando comparamos as radiografias do sistema digital DIGORA<sup>®</sup> com e sem os filtros de realce, o filtro Sharpen apresentou o melhor desempenho.**

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS\*

- Akapata ES, Farid MR, Al-Saif K, Roberts EAU. Cavitation at radolucent areas on proximal surface of posterior teeth. **Caries Res.** 1996; 30: 313-316.
- Akdeniz BG, Gröndahl HG, Magnusson B. Accuracy of proximal caries depth measurements: comparison between limited cone beam computed tomography, storage phosphor and film radiography. **Caries Res.** 2006; 40(3): 202-7.
- Anderson P, Elliott JC. Subsurface demineralization in dental enamel and other permeable solids during acid dissolution. **J Dent Res.** 1992; 71(8): 1473-81.
- Arends J, ten Bosch JJ. Demineralization and remineralization evaluation techniques. **J Dent Res.** 1992; 71(Spec Iss): 924-8.
- Attaelmanan AG, Borg E, Gröndahl H-G. Assessment of the Physical performance of 2 generations of 2 direct digital intraoral sensors. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Radiol Endod.** 1999; 88: 517-23.
- Bader JD, Shugars DA, Bonito AJ. A systematic review of the performance of methods for identifying carious lesions. **J Public Health Dent.** 2002 Fall;62(4):201-13.
- Baelum V, Heidmann J, Nyvad B. Dental caries paradigms in diagnosis and diagnostic research. **Eur J Oral Sci.** 2006 Aug;114(4):263-77.
- Ballrick JW, Palomo JM, Ruch E, Amberman BD, Hans MG. Image distortion and spatial resolution of a commercially available cone-beam computed tomography machine. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** 2008 Oct;134(4):573-82.
- Benn DK. Radiographic caries diagnosis and monitoring. **Dentomaxillofac Radiol.** 1994; 23(2): 69-72.
- Benn DK, Watson TF. Correlation between film position, bite-wing shadows, clinical pitfalls, and the histologic size of approximal lesions. **Quintessence Int.** 1989; 20(2): 131-41.
- Bille J, Thylstrup A. Radiographic diagnosis and clinical tissue changes in relation to treatment of approximal carious lesion. **Caries Res.** 1982; 16: 1-6.
- Borg E, Attaelmanan A, Gröndahl HG. Image plate systems differ in physical performance. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** 2000; 89(1): 118-24.
- Boyle EL, Higham SM, Edgar WM. The production of subsurface artificial caries lesions on third molar teeth. **Caries Res.** 1998; 32(2): 154-8.
- Bueno MR, Estrela C, Azevedo BC, Brugnera Junior A, Azevedo JR. Tomografia

---

\* De acordo com a norma utilizada na FOP/UNICAMP, baseada no modelo Vancouver. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o MEDLINE.

REFERÊNCIAS

computadorizada Cone Beam: revolução na Odontologia, **Rev Assoc Paul Cir Dent.** 2007;61(5): 354-63.

Capelozza AL, Bodanezi A, Munhoz Ede A, Bernardineli N, de Moraes IG, Bramante CM. Radiographic analysis of root canal fillings: influence of two sealers on the perception of voids. **Braz Dent J** 2010; 21(2): 142-147.

Dean JA, Barton DH, Vahedi I, Hatcher EA. Progression of interproximal caries in the primary dentition. **J Clin Pediatr Dent** 1997; 22(1): 59- 62.

Dibb RGP, Menato AL, Bocangel JS, Belsuzarri ALO, Matson E. Comparação Clínica entre Diferentes Métodos de Diagnóstico de Cárie Proximal. **Rev. Fac. Odontol. São José dos Campos.** 1999; 2:85-92.

Eickholz P, Kolb I, Lenhard M, Hassfeld S, Staehle H. Digital radiography of interproximal caries: effect of different filters. **Caries Res.** 1999 May-Jun;33(3):234-41.

Farman AG, Farman TT. RUG: ui a sensor to rival direct- exposure intra-oral X-ray film. **Int. J Comput Dent** 1999; 2(3): 183-96.

Farman AG, Scarfe WC. Development of imaging selection criteria and procedures should precede cephalometric assessment with cone-beam computed tomography. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** 2006;130(2): 257-65.

Featherstone JDB, ten Cate JM, Shariati M, Arends J. Comparison of artificial caries-like lesions by quantitative microradiography and microhardness profiles. **Caries Res.** 1983; 17(5): 385-91.

Feldens CA, Tovo MF, Kramer PF, Feldens EG, Ferreira SH, Finkler M. Na in vitro study of the correlation between clinical and radiographic examinations of proximal carious lesions in primary molars. **J Clin Pediatr Dent.** 2003; 27: 143-147.

Ferreira RI, Haiter-Neto F, Tabchoury CPM, Paiva GAN, Bóscolo FN. Assessment of enamel demineralization using conventional, digital, and digitized radiography. **Braz Oral Res.** 2006; 20(2): 114-9.

Gonçalves MA, Cordeiro RCL, Santos-Pinto LAM, Oliveira WS: Efetividade dos recursos de imagem digital e desempenho do examinador na determinação da profundidade da lesão de cárie oclusal. **Revista da ABRO** 2005; 6:17-23.

Gröndahl HG. Diagnóstico radiológico no tratamento da cárie dentária. In: Thylstrup A, Fejerskov O. **Cariologia clínica.** 3.ed. São Paulo: Santos; 2001. p. 367-82.

Hala LA, Mello JB, Carvalho PL. Evaluation of the effectiveness of clinical and radiographic analysis for the diagnosis of proximal caries for different clinical experience levels: comparing lesion depth through histological analysis. **Braz J Oral Sci.** 2006;5:1012-17.

Haiter-Neto F, dos Anjos Pontual A, Frydenberg M, Wenzel A. A comparison of older and newer versions of intraoral digital radiography systems: diagnosing noncavitated proximal carious lesions. **J Am Dent Assoc.** 2007; 138(10): 1353-9.

REFERÊNCIAS

- Haiter-Neto F, Wenzel A, Gotfredsen E. Diagnostic accuracy of cone beam computed tomography scans compared with intraoral image modalities for detection of caries lesions. **Dentomaxillofac Radiol.** 2008; 37(1): 18-22.
- Haiter-Neto F, Wenzel A, Casanova MS, Frydenberg M. Task-specific enhancement filters in storage phosphor images from the Vistascan system for detection of proximal caries lesions of known size. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** 2009; 107: 116-121.
- Haiter-Neto F, Melo DP. Radiografia Digital. **Revista da ABRO** 2010; 11(1): 5-17.
- Hilgers ML, Scarfe WC, Scheetz JP, Farman AG. Accuracy of linear temporomandibular joint measurements with cone beam computed tomography and digital cephalometric radiography. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** 2005 Dec;128(6):803-11.
- Hintze H, Wenzel A. Diagnostic outcome of methods frequently used for caries validation. A comparison of clinical examination, radiography and histology following hemisectioning and serial tooth sectioning. **Caries Res.** 2003; 37(2): 115-24.
- Hintze H, Wenzel A. Clinical and laboratory radiographic caries diagnosis. A study of the same teeth. **Dentomaxillofac Radiol.** 1998; 25(3): 115-8.
- Hintze H, Wenzel A. Influence of the validation method on diagnostic accuracy for caries. A comparison of six digital and two conventional radiographic systems. **Dentomaxillofac Radiol.** 2002; 31(1): 44-9.
- Hintze H, Frydenberg M, Wenzel A. Influence of number of surfaces and observers on statistical power in a multiobserver ROC radiographic caries detection study. **Caries Res.** 2006; 37(3): 200-5.
- Hintze H, Wenzel A, Frydenberg M. Accuracy of caries detection with four storage phosphor systems and E-speed radiographs. **Dentomaxillofac Radiol.** 2002; 31(3): 170-5.
- Hopcraft MS, Morgan MV. Comparison of radiographic and clinical diagnosis of approximal and occlusal dental caries in a young adult population. **Com Den Oral Epidemiol.** 2005;33:212-8.
- Jacobsen JH, Hansen B, Wenzel A, Hintze H. Relationship between histological and radiographic caries lesion depth measured in images from four digital radiography systems. **Caries Res.** 2004; 38(1): 34-8.
- Kalathingal SM, Mol A, Tyndall DA, Caplan DJ. In vitro assessment of cone beam local computed tomography for proximal caries detection. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** 2007;104(5):699-704.
- Kang BC, Goldsmith LJ, Farman AG. Observer differentiation of mechanical defects *versus* natural dental caries cavitations on monitor-displayed images with imaging plate readout. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** 1998; 86(5): 595-600.
- Kau CH, Richmond S, Palomo JM, Hans MG. Three-dimensional cone beam

REFERÊNCIAS

- computerized tomography in Orthodontics. **J Orthod.** 2005;32(4): 282-93.
- Kayipmaz S, Sezgin OS, Saricaoglu ST, Çan G. An in vitro comparison of diagnostic abilities of conventional radiography, storage phosphor, and cone beam computed tomography to determine occlusal and approximal caries. **European Journal of Radiology.** 2010; 37- 42.
- Lascalea CA, Panella J, Marques MM. Analysis of the accuracy of linear measurements obtained by cone beam computed tomography (CBCT-NewTom). **Dentomaxillofac Radiol.** 2004 Sep;33(5):291-4.
- Lee SJ, Jang KH, Spangberg LSW, Kim E, Jung IY, Lee CY, et al. Three-dimensional visualization of a mandibular first molar with three distal roots using computer-aided rapid prototyping. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** 2006;101(1): 668-74.
- Li G, Yoshura K, Welander U, Shi XQ, McDavid WD. Detection of approximal caries in digital radiographs before and after correction for attenuation and visual response: an in vitro study. **Dentomaxillofac Radiol** 2002; 31: 113-116.
- Lofthag-Hansen S, Huumonen S, Gröndahl K, Gröndahl HG. Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** 2007 Jan;103(1): 114-9.
- Loubele M, Maes F, Jacobs R, van Steenberghe D, White SC, Suetens P. Comparative study of image quality for MSCT and CBCT scanners for dentomaxillofacial radiology application. **Radiat Prot Dosimetry.** 2008;129(1-3):222-6
- Ludlow JB, Abreu Jr M, Mol A. Performance of a new F-speed film for caries detection. **Dentomaxillofac Radiol.** 2001a; 30(2): 110-3.
- Matherne RP, Angelopoulos C, Kulld JC, Tira D. Use of cone-beam computed tomography to identify root canal systems in vitro. **J Endod.** 2008, 34(1): 135-7.
- Marmulla R, Wörtche R, Mühling J, Hassfeld S. Geometric accuracy of the NewTom 9000 Cone Beam CT. **Dentomaxillofac Radiol.** 2005 Jan;34(1):28-31.
- Minah GE, Vandre RH, Talaksi R. Subtraction radiography of dentinal caries-like lesions induced *in vitro* by cariogenic bacteria. **Pediatr Dent.** 1998; 20(5): 345-9.
- Miles DA, Rozzano MR. The future of digital imaging in dentistry. **Dent Clin North Am.** 2000; 44: 427-38.
- Møystad A, Svanaes DB, Risnes S, Larheim TA, Gröndahl HG. Detection of approximal caries with a storage phosphor system. A comparison of enhanced digital images with dental X-ray film. **Dentomaxillofac Radiol.** 1996; 25(4): 202-6.
- Misch KA, Yi ES, Sarment DP. Accuracy of cone beam computed tomography for periodontal defect measurements. **J Periodontol.** 2006 Jul;77(7):1261-6.
- Nair MK, Nair UP. An *in vitro* evaluation of Kodak Insight and Ektaspeed Plus film with a CMOS detector for natural proximal caries: ROC analysis. **Caries Res.** 2001; 35(5): 354-9.

REFERÊNCIAS

Navarro LF, Puy MCL, Godoy FG. Diagnostic performance of radiovisiography in combination with a diagnosis assisting program versus conventional radiography and radiovisiography in basic mode and with magnification. **Med Oral Patol Oral Cir Bucal**. 2008; 13(4): E 261-5.

Nunes CABCM. **O uso da subtração digital no monitoramento da remineralização de lesões de cárie nas superfícies proximais dos dentes posteriores** [Dissertação]. Goiânia (GO): FO/UFG; 2003.

Nyvad B. Diagnosis versus detection of caries. **Caries Res**. 2004; 38(3): 192-8.

Ohki M, Okano T, Nakamura T. Factors determining the diagnostic accuracy of digitized conventional intraoral radiographs. **Dentomaxillofac Radiol**. 1994; 23(2): 77-82.

Oliveira, AEF. **Estudo comparativo das análises subjetiva e objetiva de quatro sistemas radiográficos digitais intrabucais** [Tese]. Piracicaba (SP): FOP/UNICAMP; 2001.

Peker I, Toraman A, Alkurt M, Altunkaynak B. Film tomography compared with film and digital bitewing radiography for proximal caries detection. **Dentomaxillofac Radiol**. 2007; 36: 495-9.

Pine CM, ten Bosch JJ. Dynamics of and diagnostic methods for detecting small carious lesions. **Caries Res**. 1996; 30(6): 381-8.

Pitts NB, Rimmer PA: *na in vivo comparision of radiographic and directly assessed clinical caries status of posterior approximal surfaces in primary and permanent teeth*. **Caries Res** 1991; 26: 146-152.

Pitts NB. Monitoring of caries progression in permanent and primary posterior approximal enamel by bitewing radiography. A review. **Community Dent Oral Epidemiol**. 1983; 11(4): 228-35.

Sakabe J, Kuroki Y, Fujimaki S, Nakajima I, Honda K. Reproducibility and accuracy of measuring unerupted teeth using limited cone beam X-ray CT. **Dentomaxillofac Radiol**. 2007; 36(1): 2-6.

Sanden E, Koob A, Hassfeld S, Staehle HJ, Eickholz P. Reliability of digital radiography of interproximal dental caries. **Am J Dent**. 2003; 16(3): 170-6.

Sarmiento VA, Rubira IRF. Contribuição da imagem digitalizada para o diagnóstico de cáries proximais. **Rev Fac Odontol Univ Fed Bahia**. 2000; 20: 43-5.

Scaf G, Kantor ML, Walsh SJ. Effect of magnification on caries detection with RadioVisioGraphy (RVG) [abstract 1217]. **J Dent Res**. 1993; 72: 255.

Scaf G, Macedo ES, Loffredo LCM. Efeito da magnificação ótica da imagem radiográfica na detecção de cáries proximais. **Rev Odontol UNESP**. 1998; 27(2): 437-48.

Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. **J Can Dent Assoc** 2006; 72(1):75-80.

REFERÊNCIAS

- Schulte AG, Wittchen A, Stachniss V, Jacquet W, Bottenberg P. Approximal caries diagnosis after data import from different digital radiography systems: Interobserver agreement and comparison to histological hard-tissue sections. **Caries Res.** 2008; 42: 57-61.
- Shi H, Scarfe WC, Farman AG. Three-dimensional reconstruction of individual cervical vertebrae from cone-beam computed-tomography images. **Am J Orthod Dentofacial Orthop.** 2007 Mar;131(3):426-32.
- Shi XQ, Li G. Detection accuracy of approximal caries by black- and-white and color- coded digital radiographs. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod** 2009; 107(3): 433-6.
- Shwartz M, Gröndahl HG, Pliskin JS, Boffa J. A longitudinal analysis from bitewing radiographs of the rate of progression of approximal carious lesions through human dental enamel. **Archs Oral Biol.** 1984; 29(7): 529-36.
- Skold UM. On caries prevalence and School-based fluoride programmes in Swedish adolescents. **Swed Dent J Suppl.** 2005(178): 11-75.
- Schmidt AS, Bruun MS, Dalsgaard I, Larsen JL. Incidence, distribution, and spread of tetracycline resistance determinants and integron-associated antibiotic resistance genes among motile aeromonads from a fish farming environment. **Appl Environ Microbiol.** 2001 Dec;67(12):5675-82.
- Stavropoulos A, Wenzel A. Accuracy of cone-beam CT, intraoral digital and conventional film radiography for the detection of periapical lesions: an ex vivo study in pig jaws. **Clin Oral Investig.** 2007; 11(1): 101-6.
- Sukovic P. Cone beam computed tomography in craniofacial imaging. **Orthod Craniofac Res.** 2003; 6 Suppl. 1: 31-6; discussion: 179-82.
- Sundberg H. Changes in the prevalence of caries in children and adolescents in Sweden 1985-1994. **Eur J Oral Sci** 1997; 104(4)(Pt2): 470-6.
- Svanaes DB, Møystad A, Risnes S, Larheim TA, Gröndahl HG. Intraoral storage phosphor radiography for approximal caries detection and effect of image magnification. Comparison with conventional radiography. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** 1996; 82(1): 94-100.
- Thylstrup A, Fejerskov O. Características clínicas e patológicas da cárie dentária. In: Thylstrup A, Fejerskov O. **Cariologia clínica.** 3.ed. São Paulo: Santos; 2001. p. 111-58.
- Trovati S, Ballarini F, Battistoni G, Cerutti F, Fassò A, Ferrari A, Gadioli E, Garzelli MV, Mairani A, Ottolenghi A, Paretzke HG, Parini V, Pelliccioni M, Pinsky L, Sala PR, Scannicchio D, Zankl M. Human exposure to space radiation: role of primary and secondary particles. **Radiat Prot Dosimetry.** 2006;122(1-4):362-6
- Tsuchida R, Araki K, Okano T. Evaluation of a limited cone-beam volumetric imaging system: comparison with film radiography in detecting incipient proximal caries. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** 2007;104(3):412-6.

---

REFERÊNCIAS

- Tyndall DA, Rathore S. Cone-beam CT diagnostic applications: caries, periodontal bone assessment, and endodontic applications. **Dent Clin North Am.** 2008; 52 (4): 825-41.
- van der Stelt PF. Principles of digital imaging. **Dent Clin North Am.** 2000; 44(2): 237-48.
- van Rijkom HM, Verdonschot EH. Factors involved in validity measurements of diagnostic tests for approximal caries – a meta-analysis. **Caries Res.** 1995; 29(5): 364-70.
- Vandenberghe B, Jacobs R, Yang J. Detection of periodontal bone loss using digital intraoral and cone beam computed tomography images: na in vitro assessment of bony and/or infrabony defects. **Dentomaxillofac Radiol** 2008; 37: 252-60.
- Versteeg KH, van der Stelt PF. Effect of logarithmic contrast enhancement on subtraction images. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** 1995; 80(4): 479-86.
- Young SM, Lee JT, Hodges RJ, Chang T-L, Elashoff DA, White SC. A comparative study of high-resolution cone beam computed tomography and charge-coupled device sensors for detecting caries. **Dentomaxillofac Radiol.** 2009; 38: 445-451.
- Wenzel A. Digital imaging for dental caries. **Dent Clin North Am.** 2000; 44(2): 319-38.
- Wenzel A, Hintze H. The choice of gold standard for evaluating tests for caries diagnosis. **Dentomaxillofac Radiol.** 1999a; 28(3): 132-6.
- Wenzel A, Hintze H. Comparison of microscopy and radiography as gold standards in radiographic caries diagnosis. **Dentomaxillofac Radiol.** 1999b; 28(3): 182-5.
- Wenzel A, Anthonisen PN, Juul MB. Reproducibility in the assessment of caries lesion behaviour: a comparison between conventional film and subtraction radiography. **Caries Res.** 2000; 34(3): 214-8.
- Wenzel A, Borg E, Hintze H, Gröndahl HG. Accuracy of caries diagnosis in digital images from charge-coupled device and storage phosphor systems: an *in vitro* study. **Dentomaxillofac Radiol.** 1995; 24(4): 250-4.
- Wenzel A, Pitts N, Verdonschot EH, Kalsbeek H. Developments in radiographic caries diagnosis. **J Dent.** 1993; 21(3): 131-40.
- Wenzel A, Haiter-Neto F, Gotfredsen E. Risk factors for a false positive test outcome in diagnosis of caries in approximal surfaces: Impact of radiographic modality and observer characteristics. **Caries Res.** 2007; 41:170-76.
- Wenzel A, Haiter-Neto F, Frydenberg M, Isidor S, Faaborg-Andersen M, Hintze H, Kirkevang LL, Effect of monitor display on detection of approximal caries lesions in

REFERÊNCIAS

digital radiographs. **Dentomaxillofac Radiol.** 2009 Dec;38(8):537-41.

Wenzel A. A review of dentists use of digital radiography and caries diagnosis with digital systems. **Dentomaxillofac Radiol.** 2006; 35: 307-14.

White SC, Yoon DC, Tetradis S. Digital radiography in dentistry: what it should do for you. **J Calif Dent Assoc.** 1999; 27(12): 942-52.

Zandoná AF, Zero DT. Diagnostic tools for early caries detection. **J Am Dent Assoc.** 2006; 137(12): 1675-84.

Zhang Z, Xing-min Q, Gang L, Zu-yan Z, Xu-chen M. The detection accuracies for proximal caries by cone-beam computerized tomography, film, and phosphor plates. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.** 2010; 1-6.

ANEXO



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



**CERTIFICADO**

O Comitê de Ética em Pesquisa da FOP-UNICAMP certifica que o projeto de pesquisa **"Aplicação da tomografia computadorizada por feixe cônico e da radiografia digital na acurácia do diagnóstico da cárie dentária com uso de filtros de realce"**, protocolo nº 148/2009, dos pesquisadores **Manuella Dias Furtado Belém, Cíntia Pereira Machado Tabachouny, Francisco Haiter Neto e Rivea Inês Ferreira**, satisfaz as exigências do Conselho Nacional de Saúde - Ministério da Saúde para as pesquisas em seres humanos e foi aprovado por este comitê em 27/11/2009.

The Ethics Committee in Research of the School of Dentistry of Piracicaba - State University of Campinas, certify that the project **"Application of cone beam computer tomography and digital radiography in the accuracy of caries diagnosis using distinction filters"**, register number 148/2009, of **Manuella Dias Furtado Belém, Cíntia Pereira Machado Tabachouny, Francisco Haiter Neto and Rivea Inês Ferreira**, comply with the recommendations of the National Health Council - Ministry of Health of Brazil for research in human subjects, and therefore was approved by this committee at .



**Prof. Dr. Pablo Agustín Vargas**  
Secretário  
CEP/FOP/UNICAMP



**Prof. Dr. Jacks Jorge Junior**  
Coordenador  
CEP/FOP/UNICAMP

Nota: O título do protocolo aparece como formado pelos pesquisadores, sem qualquer edição.  
Notice: The title of the project appears as provided by the authors, without editing.