

ELAINE APARECIDA FÉLIX DE ARAUJO

**COMPARAÇÃO ENTRE A IMAGEM RADIOGRÁFICA
INTERPROXIMAL CONVENCIONAL E A DIGITAL DIRETA
NA DETECÇÃO DE CÁRIES PROXIMAIS**



**Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia,
Campus de São José dos Campos, Universidade Estadual
Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título
de MESTRE, pelo Programa de Pós-Graduação em
ODONTOLOGIA, Área de Concentração em Radiologia
Odontológica.**

Orientador: Prof. Dr. Julio Cezar de Melo Castilho

**São José dos Campos
2001**

± D 622

A15c

± 1458

Apresentação gráfica e normalização de acordo com:

BELLINI, A.B.; SILVA, E.A. **Manual para elaboração de monografias: estruturas do trabalho científico**. São José dos Campos: FOSJC/UNESP, 2000.81p.

ARAUJO, E. A. F. **Comparação entre a imagem radiográfica interproximal convencional e a digital direta na detecção de cáries proximais**. 2001. 94f. Dissertação (Mestrado em Odontologia, Área de Concentração em Radiologia Odontológica) – Faculdade de Odontologia, Campus de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista. São José dos Campos.

*Dedico este trabalho aos meus pais,
Aparecido e Eulina,
que com sacrifício realizaram meus desejos,
com amor e compreensão
apoiam minhas decisões.*

***Ao Professor Doutor Julio Cezar de Melo Castilho meus
agradecimentos pelo crédito de confiança, apoio, orientação e
auxílio na realização deste trabalho.***

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Odontologia de São José dos Campos - UNESP, na pessoa de sua diretora Profa. Titular Maria Amélia Máximo de Araújo, pela oportunidade de realizar este curso e concretizar este trabalho.

Aos Profs. do Curso de Mestrado em Odontologia, área de concentração em Radiologia Odontológica, na pessoa de seu coordenador Prof. Dr. Julio Cezar de Melo Castilho, pela competência em suas condutas didáticas e pela dedicação em formar mestres.

Ao Prof. Titular Luiz César de Moraes e à Profa. Dra. Mari Eli Leonelli de Moraes pela amizade, compreensão e auxílio nos plantões da Radiologia.

Aos professores da Radiologia Maria Aparecida de Oliveira e Costa Graziosi e Edmundo Medici Filho pelo apoio durante o curso.

Ao Prof. Titular Roberto Antonio Nicodemo, pelo crédito de confiança, pelo apoio e ensinamentos que ajudaram no decorrer do curso de mestrado.

Ao Prof. Adjunto Horácio Faig Leite, da Anatomia, pelo auxílio na aquisição dos dentes da pesquisa e pela atenção durante o estágio docente.

À Profa. Dra. Ana Paula Martins Gomes, da Disciplina de Endodontia, pela confiança creditada, pelo apoio nos momentos mais difíceis, pelo incentivo e amizade sempre presente.

Ao Prof. Assistente Eduardo Galera da Silva, pelas sugestões na confecção dos corpos de prova e suporte de padronização radiográfica.

Ao Prof. Miguel Angel Castillo Salgado, da disciplina de Histologia, pela ajuda e plena dedicação na realização da parte histológica da pesquisa.

À bibliotecária Ângela de Brito Bellini, pela orientação e revisão do trabalho, normalização da redação e referências bibliográficas.

À secretária Sílvia Scarpel, pelo auxílio nas correções finais do trabalho.

Às Secretárias da Pós-Graduação Erena Michie Hasegawa, Rosemary de Fátima Salgado Pereira e Cida, pelas orientações durante o Curso de Mestrado.

Ao colega de mestrado Helio Santiago Meirelles Reis, pela ajuda no processamento das radiografias.

À colega de mestrado Denise Takehana dos Santos, pela ajuda na análise das imagens, pelo apoio e amizade durante o curso.

Aos Colegas de mestrado Alexandre Perez, Luiz Fernando Papaiz, pela amizade e apoio nos momentos difíceis e alegres do curso.

À Faculdade de Ciências da Saúde da UNIVAP, na pessoa do Diretor Renato Amaro Zangaro, pela autorização do uso do aparelho Sidexis.

À Jamilice Arid Travinski Iamamoto e Márcia Valéria Porto Silva, funcionárias da UNIVAP, pelo apoio na realização da parte prática da pesquisa.

Ao Cirurgião-Dentista Flávio Basílio Pereira, *In memoriam*, pelo incentivo no aprimoramento da pesquisa, indicando a utilização de um filme recente no mercado.

À Madalena e Eliana, pela companhia e auxílio durante os plantões da radiologia.

À Michelli Silvério Fernandes, técnica do Departamento de Odontologia Restauradora, pela colaboração na execução dos cortes histológicos.

Ao Prof. Ivan Balducci, da Disciplina de Bioestatística, por ter cedido o programa para a realização da parte estatística.

Ao Prof. João Bolognesi, professor de língua portuguesa, pelas correções gramaticais.

*Uma busca começa sempre
Com a sorte de Principiante
E termina sempre
Com a Prova do Conquistador*

Paulo Coelho

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE QUADROS	12
LISTA DE TABELAS	13
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	15
RESUMO	16
1 INTRODUÇÃO	17
2 REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1 Qualidade da radiografia no diagnóstico de cárie	20
2.2 Imagem digital comparada à radiografia convencional	24
2.3 Imagem digital no diagnóstico de cárie	31
3 PROPOSIÇÃO	46
4 MATERIAL E MÉTODO	47
4.1 Padronização da amostra	47
4.2 Obtenção das imagens	49
4.2.1 Radiografia convencional	49
4.2.2 Radiografia digital direta	49
4.3 Interpretação das imagens	51

4.3.1 Imagem radiográfica	51
4.3.2 Imagem digital	51
4.4 Análise histológica	52
5 RESULTADOS	59
5.1 Metodologia	59
5.2 Análise estatística	62
6 DISCUSSÃO	76
7 CONCLUSÕES	83
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
<i>ABSTRACT</i>	94

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Blocos unidos com cera pegajosa.....	47
FIGURA 2 – Suporte de isopor para padronização das exposições radiográficas.....	48
FIGURA 3 – Imagens: a) filme Ektaspeed Plus; b) filme INSIGHT; c) digital; d) digital com modificação do brilho e contraste.....	50
FIGURA 4 – Corte histológico: face proximal hígida (escore 0).....	53
FIGURA 5 – Corte histológico: face proximal com cárie incipiente em esmalte (escore 1).....	54
FIGURA 6 – Corte histológico: face proximal com cárie envolvendo todo o esmalte (escore 2).....	55
FIGURA 7 – Corte histológico: face proximal com cárie envolvendo menos da metade da dentina (escore 3).....	56
FIGURA 8 – Corte histológico: face proximal com cárie envolvendo mais da metade da dentina (escore 4).....	57
FIGURA 9 – Corte histológico: face proximal com cárie atingindo a cavidade pulpar (escore 5).....	58
FIGURA 10 - Curva R.O.C. – Teste ideal.....	61
FIGURA 11 - Curva R.O.C. – Teste sem poder de discriminação.....	61
FIGURA 12 – Representação gráfica da curva ROC comparando os quatro examinadores em relação ao filme INSIGHT.....	66
FIGURA 13 – Representação gráfica da curva ROC comparando os quatro examinadores em relação ao filme Ektaspeed Plus.....	67
FIGURA 14 – Representação gráfica da curva ROC comparando os quatro examinadores em relação à imagem digital Sidexis.....	68

FIGURA 15 – Representação gráfica da curva ROC comparando os quatro examinadores em relação à imagem digital Sidexis Modificado.....	69
FIGURA 16 – Representação gráfica da curva ROC comparando os quatro tipos de imagem em relação ao examinador 1.....	71
FIGURA 17– Representação gráfica da curva ROC comparando os quatro tipos de imagem em relação ao examinador 2.....	72
FIGURA 18 – Representação gráfica da curva ROC comparando os quatro tipos de imagem em relação ao examinador 3.....	73
FIGURA 19 – Representação gráfica da curva ROC comparando os quatro tipos de imagem em relação ao examinador 4.....	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação das imagens de cárie	52
Quadro 2 – Interpretação da estatística Kappa	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Avaliação do Índice de concordância (Kappa).....	62
Tabela 2 - Avaliação do Índice de Concordância (Kappa) entre os quatro examinadores em relação aos resultados obtidos em cada tipo de imagem radiográfica ou digital.....	63
Tabela 3 - Avaliação do Índice de Concordância (Kappa) entre os quatro tipos de imagens radiográficas ou digitais com relação aos resultados obtidos para cada um dos examinadores.....	64
Tabela 4 - Avaliação do Índice de Concordância (Kappa) entre as imagens com filmes Insight e Ektaspeed Plus e entre as imagens digitais Sidexis e Sidexis modificado com relação aos resultados obtidos para cada um dos examinadores.....	65
Tabela 5 - Caracterização dos dados relativos à curva ROC comparando os quatro examinadores em relação ao filme Insight.	66
Tabela 6 - Caracterização dos dados relativos à curva ROC comparando os quatro examinadores em relação ao filme Ektaspeed Plus.....	67
Tabela 7 - Caracterização dos dados relativos à curva ROC comparando os quatro examinadores em relação à imagem digital Sidexis.....	68
Tabela 8 - Caracterização dos dados relativos à curva ROC comparando os quatro examinadores em relação à imagem digital do Sidexis Modificado.....	69
Tabela 9 – Áreas da curva ROC para cada imagem radiográfica e digital obtidas pela análise de cada examinador.....	70

Tabela 10 - Caracterização dos dados relativos à curva ROC comparando os quatro tipos de imagem em relação ao examinador 1.....	71
Tabela 11 - Caracterização dos dados relativos à curva ROC comparando os quatro tipos de imagem em relação ao examinador 2.....	72
Tabela 12 - Caracterização dos dados relativos à curva ROC comparando os quatro tipos de imagem em relação ao examinador 3.....	73
Tabela 13 - Caracterização dos dados relativos à curva ROC comparando os quatro tipos de imagem em relação ao examinador 4.....	74
Tabela 14 – Comparação entre as áreas da curva ROC para cada duas imagens radiográfica ou digital obtidas pela análise de cada examinador.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCD – Charge Coupled Device

CMOS-AP – Complementary Metal Oxide Semiconductor – Active Pixel

ROC – Receiver Operating Characteristic

JPEG – Joint Photographic Experts Group

kVp – Quilovoltagem / pico

mA – Millampere

pixel – Picture element

RVG - Radiovisiography

TACT – Tuned Aperture Computed Tomography

TIFF – Tagged Interchange Format File

ARAUJO, E. A. F. Comparação entre a imagem radiográfica interproximal convencional e a digital direta na detecção de cáries proximais. 2001. 94f. Dissertação (Mestrado em Odontologia, Área de Concentração em Radiologia Odontológica) – Faculdade de Odontologia, Campus de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista. São José dos Campos.

RESUMO

O objetivo neste trabalho foi o de avaliar a acurácia na detecção de cáries proximais comparando a imagem digital e a imagem digital modificada brilho e contraste com os filmes Ektaspeed Plus e INSIGHT. Foram radiografados 52 pré-molares humanos extraídos e submetidos à idêntica padronização geométrica e condições de exposição. Usando uma escala de confiança com seis escores, quatro observadores, determinaram a ausência ou presença de cárie por quatro modalidades de imagem: a) filme Ektaspeed Plus; b) filme INSIGHT; c) digital direta; d) digital com modificação de brilho e contraste. O padrão real foi determinado pela análise microscópica das secções. Com os valores obtidos foi gerada uma curva ROC, avaliando a sensibilidade e especificidade dos métodos e com o teste estatístico Kappa de Cohen foi obtida a concordância interobservadores. Os resultados mostraram diferenças insignificantes entre a imagem digital e a radiográfica convencional ($P>0,05$).

Palavras Chave: Imagem digital; radiografia digital direta; cárie interproximal

1 INTRODUÇÃO

A área da saúde vem evoluindo muito nas últimas décadas, principalmente em relação à conscientização da importância do diagnóstico precoce das doenças.

A Odontologia vem dando muita importância ao diagnóstico de lesões cariosas incipientes, podendo acompanhá-las ou intervir antes de maiores consequências para o paciente, promovendo uma prática preventiva.

Tradicionalmente, o diagnóstico de cáries proximais é realizado pela soma da inspeção visual com exames radiográficos periódicos de rotina. Entretanto, a técnica radiográfica interproximal é bem difundida e utilizada na detecção de cáries interproximais, mas por utilizar filmes radiográficos possui algumas limitações.

Os filmes radiográficos têm como desvantagens a situação de estarem sujeitos a erros de processamento, variando as imagens de acordo com os produtos químicos utilizados e impossibilidade de manipular a imagem uma vez já realizado o processamento. Além disso, a imagem radiográfica requer tempo de revelação, fixação e secagem até que esteja pronta para que seja interpretada.

Com a introdução da informática na radiologia odontológica, foi possível alterar a imagem radiográfica obtida por meio da digitalização radiográfica. Nesta técnica digital indireta, radiografias convencionais são convertidas em imagens digitais. A digitalização das radiografias é feita por meio de scanner de alta resolução, acoplado a um conversor analógico-digital. As imagens resultantes são, então, apresentadas em um monitor de vídeo e melhoradas por um software de tratamento de imagens (Miles et al.²⁷, 1999; Watanabe et al.⁵¹, 1999).

Prosseguindo dentro da evolução tecnológica, a mais recente opção em radiografias intra-orais é a radiografia digital direta. Esta propicia imagens instantâneas que requerem menor tempo de exposição, dispensando o processamento químico necessário nos filmes periapicais (Horner et al.²⁴, 1990; Wenzel⁵², 1993; Wenzel et al.⁶⁴, 1993; Hedrick et al.¹⁸, 1994; Wenzel & Gröndahl⁵⁸, 1995; White et al.⁶⁷, 1999; Borg & Gröndahl⁶, 1996; Versteeg et al.⁴⁹, 1997; Wenzel⁵⁵, 1998; Sanderink & Miles³⁵, 2000; Wenzel⁵⁶, 2000).

Existem dois diferentes conceitos para a aquisição da imagem digital: o sistema baseado em placas de fósforo e o sistema baseado no CCD (Charge Coupled Device).

O sistema Digora utiliza placas de fósforo para a captura da informação radiográfica. Os raios X são convertidos em luz visível formando a imagem latente. Essa placa, após a exposição é levada ao aparelho Digora, sendo processada com o auxílio de um scanner, onde é atingida por um feixe de laser, ocasionando a emissão de luz. A luz é então captada por um fotodetector e transformada em sinais elétricos que são enviados ao software responsável pelo processamento da imagem digital (Clasen & Aun⁷, 1998).

O sistema Sidexis é baseado no CCD como um dispositivo de carga dupla que transforma a energia ionizante em luz e esta em sinais elétricos, os quais serão emitidos por meio de um cabo longo e flexível até o conversor analógico-digital (intensificador), responsável pela conversão dos sinais elétricos em sinais digitais. Essa imagem digital é apresentada no monitor de vídeo e pode ser modificada utilizando ferramentas do programa que acompanha o sistema utilizado (Clasen & Aun⁷, 1998).

Apesar dos dois métodos digitais apresentarem limitação na resolução da imagem, maior que no filme convencional, ambos parecem desempenhar sua função tão bem, ou melhor, na detecção de cáries proximais e oclusais (Wenzel et al.⁶⁴ 1993; Wenzel et al.⁶⁵ 1995).

A maior desvantagem, desses sistemas, é o alto custo (Miles et al. ²⁷, 1999). Mas, como todo advento tecnológico, com o passar do tempo esse valor tende a diminuir. Sendo assim, é relevante verificar a acurácia na detecção de cáries proximais segundo as imagens radiográfica convencionais e digital direta, tendo em vista que num futuro próximo a imagem digital direta venha a se tornar mais viável aos cirurgiões dentistas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura inclui trabalhos, relacionados em ordem cronológica de publicação, sobre imagem digital direta no diagnóstico radiográfico de cáries proximais. Alguns trabalhos realizados com filmes convencionais, com o Digora ou com imagens digitalizadas também foram incluídos para auxiliar no entendimento e estudo do assunto.

2.1 Qualidade da radiografia no diagnóstico de cárie

Em 1987, Arnold³ avaliou o relacionamento entre os fatores de exposição e o valor para diagnóstico das radiografias interproximais na interpretação das lesões iniciais de cárie, considerando como fatores de exposição mais importantes a kilovoltagem, o filtro de alumínio e o tempo de exposição. Observou que o filtro de alumínio e a kilovoltagem tiveram influência não significativa na qualidade para o diagnóstico, porém o fator mais crítico a influenciar foi o tempo de exposição. Entretanto, a maior diferença na qualidade do diagnóstico foi causada pelas diferenças entre os observadores.

Arnold⁴ (1987), continuando o trabalho anterior, avaliou as várias condições técnicas do observador e o valor para diagnóstico das radiografias interproximais na interpretação das lesões iniciais de cárie. Estudou a modificação da iluminação ambiente, a observação contra uma larga fonte de luz e o uso de acessórios. Observou que a modificação nas condições de iluminação teve pouca influência negativa na qualidade das radiografias para diagnóstico se comparada com as condições de iluminação escolhidas como padrão. O uso de acessórios pode ter influência positiva, especialmente quando alguém está usando uma lente

de aumento ou um visor de radiografia. Os sistemas de TV produziram resultados desapontadores. Entretanto, o observador foi a variável mais importante com respeito à qualidade para diagnóstico da radiografia.

Hintze et al.²³ (1995) compararam a precisão de quatro métodos de validação de cárie: estereomicroscopia, radiografia convencional, microrradiografia e inspeção visual para a detecção de cáries oclusais. Foram avaliados os acordos interobservadores entre os registros de três observadores para cada método no exame da cárie oclusal. O material consistia de 18 terceiros molares humanos e não erupcionados que foram removidos cirurgicamente e vinte dentes erupcionados que não se sabia o verdadeiro estado da cárie. Os dentes foram seccionados em 700µm, codificados e examinados. A estereomicroscopia demonstrou ser o único método que todos os observadores identificaram corretamente, tendo especificidade 1,00. Nos dentes erupcionados foram determinados cáries, 73, 58, 52, e 32%, respectivamente, pelos métodos estereomicroscopia, microrradiografia, inspeção visual e radiografia convencional. Como foi possível pela estereomicroscopia, houve detecção da cárie perto de três quartos dos dentes erupcionados e ao mesmo tempo para identificar todos os dentes não erupcionados e sondados. A estereomicroscopia mostrou nesse estudo ser o mais verdadeiro método de precisão da cárie.

Em 1996, Hintze et al.²¹ compararam a precisão dos filmes Ektaspeed Plus^{*} e M2 Comfort^{**} respectivamente contra os filmes Ultra-speed^{*} e Ektaspeed^{*} na detecção de cáries. Três observadores, independentemente, examinaram um total de 103 superfícies oclusais e 224 proximais, que foram comprovadas por exame microscópico. A precisão no diagnóstico radiográfico foi calculada na curva ROC. Nas superfícies oclusais, a curva ROC foi de 0,764 (nos filmes Ultra-speed) e 0,800 (nos filmes Ektaspeed). Nas superfícies proximais, a curva ROC foi

^{*} Kodak - Eastman Kodak, Rochester, N.Y.

^{**} Agfa - Agfa-Gevaert N.V., Mortsel, Bélgica.

de 0,550 (nos filmes Ultraspeed) e 0,696 (nos filmes Ektaspeed Plus), porém nenhuma diferença foi estatisticamente significativa entre os diferentes tipos de filmes.

Hintze & Wenzel²⁰ (1996) compararam a precisão na detecção de cáries oclusais e interproximais evidenciada em radiografias obtidas *in vivo* e *in vitro* do mesmo dente. Realizaram radiografias antes e após a exodontia de 130 dentes, a maioria terceiros molares. As radiografias foram examinadas por quatro observadores, independentemente, seguindo uma escala de confiança de cinco pontos. Os dentes foram seccionados e validados microscopicamente. O diagnóstico positivo foi definido com a presença de cárie em dentina, na superfície oclusal, e em esmalte, na superfície proximal. Foi utilizada a curva ROC para expressar a precisão no diagnóstico radiográfico. Para as cáries oclusais, a média da curva ROC foi 0,767 nas radiografias *in vivo* e 0,826 nas *in vitro*. Para as cáries proximais foi 0,707 e 0,735, respectivamente. As diferenças não foram significativas ($P>0,05$). Concluíram que o resultado do diagnóstico radiográfico da cárie na clínica parece ser comparável com o obtido no laboratório.

Em 1996, em um artigo de revisão, Pine & Bosch³¹ discutiram a dinâmica das lesões de cárie e os métodos de diagnóstico para a sua detecção. Apresentaram dados resumidos com taxas de progressão dos diferentes tipos de lesões com diferentes severidades iniciais. Entre as técnicas não invasivas, a transluminação por fibra ótica, utilizada apropriadamente, fornece a estimativa mais precisa das cáries dentinárias proximais nos dentes posteriores. O método de medida da resistência elétrica provavelmente fornecerá, no futuro, uma contribuição significativa para o diagnóstico das cáries oclusais. As radiografias permanecem como importante componente do armamento para diagnóstico e podem melhorar com a introdução da imagem digital direta. Os problemas de uma comprovação apropriada devem ser considerados para assegurar que as novas técnicas sejam corretamente avaliadas.

Ricketts et al.³³ (1997) realizaram um estudo com o objetivo de comparar a acurácia no diagnóstico de cáries com os filmes do grupo D e E. Utilizaram 96 dentes extraídos contendo cáries oclusais e proximais, representando uma amostra com baixa prevalência de cáries, e que foram montados em arcos de acrílico simulando relacionamento anatômico normal. Foram realizadas radiografias interproximais, interpretadas por cinco examinadores que avaliaram a presença e ausência de cáries. Também foi perguntado a cada examinador qual imagem de filme era subjetivamente preferida. Os dentes, em seguida, foram seccionados e histologicamente examinados para comprovar as decisões no diagnóstico radiográfico. Para todos os tipos de filmes, a porcentagem de lesões com cáries histologicamente em dentina e corretamente identificadas no exame radiográfico (sensibilidade) foi baixa (cáries proximais 8%-22%; oclusais 0%-33%). O número de dentina sadia corretamente identificada (especificidade) foi alto (cáries proximais 98%-100%; oclusais 79%-100%). Não houve diferenças significativas entre os filmes do grupo D e E. A sensibilidade não foi afetada pela preferência subjetiva de cada examinador por um filme em particular. A variação na sensibilidade do diagnóstico foi devida a diferenças entre os examinadores. Os autores concluíram que a relutância de muitos profissionais em utilizar o filme do grupo E por não gostarem da imagem não pode ser aprovada ou sustentada. Os dois tipos de filmes do grupo E (Kodak e Agfa) examinados podem ser recomendados para uso na prática geral.

2.2 Radiografia digital comparada à radiografia convencional

Os primeiros trabalhos a respeito da imagem digital direta utilizaram radiovisiografia (RVG) como nomenclatura. Por isso, na revisão esta é usada com a finalidade de reproduzir os textos dos artigos.

Horner et al.²⁴ (1990) estudaram a radiovisiografia, sistema que utiliza um sensor intrabucal no lugar do filme radiográfico, permitindo com isso as imagens serem analisadas num monitor de televisão. Avaliaram o sistema, desempenho e acesso em clínicas de pequeno porte. Sessenta pacientes participaram do estudo e foram radiografados pelo método convencional, usando os filmes Ultraspeed e Ektaspeed, e pelo sistema de radiovisiografia Trophy*. Os resultados permitiram verificar que a radiovisiografia é um sistema de rápida execução, utiliza baixas doses de radiação e produz imagens compatíveis para o diagnóstico. A radiovisiografia, quanto à imagem, apresenta ainda qualidade adequada para o uso clínico e mínima distorção.

Wenzel et al.⁶¹ (1991) fizeram um estudo com 166 pré-molares extraídos sem cavitação macroscópica e compararam a inspeção visual, os filmes radiográficos convencionais, as xerorradiografias e as radiografias digitalizadas na detecção de cáries em superfícies oclusais sem cavitação. Oito observadores examinaram os dentes, e cortes histológicos serviram como critério de validação para a presença e a profundidade da lesão de cárie. A cárie foi encontrada em 82 dentes (27 com profundo envolvimento dentinário). Aproximadamente 20% das lesões dentinárias foram detectadas pela inspeção visual e 40% pelo exame radiográfico convencional, ambos com número mínimo de falsos positivos. No exame que utilizou a radiografia digital e a xerorradiografia, houve aumento no número de falsos positivos. Na radiografia digital, o

* RVG – Trophy (UK) Ltd, Wembley, London

valor de verdadeiro positivo foi similarmente aumentado para 60%. Os valores de predição positivos foram, em média, 0,85 para inspeção visual, 0,89 para o filme, 0,78 para a xerorradiografia e 0,82 para a radiografia digital. Os negativos foram 0,56, 0,61, 0,61 e 0,69, respectivamente. Entretanto, a radiografia digital, comparada com as outras técnicas, foi capaz de mostrar mais de 70% das lesões profundas em dentina em contraste com 45% dos outros dois métodos por imagem, sem aumento no diagnóstico falso positivo dos dentes verdadeiramente livres de cárie.

Wenzel & Fejerskov⁵⁷ (1992) estudaram, em terceiros molares de uma população de adolescentes, a precisão da inspeção visual, da radiografia convencional e da radiografia digital na detecção das lesões de cáries oclusais. Foram extraídos 78 terceiros molares de jovens soldados, tendo esses dentes sido clinicamente considerados sem cavidades oclusais. Antes da exodontia, foram obtidas as radiografias intrabucais. Após a exodontia, os dentes foram examinados visualmente e as radiografias foram digitalizadas, tendo sido realizado realce da imagem com a extensão do contraste e o procedimento de filtragem, respectivamente. Os três tipos de imagem (convencional, digitalizada sem manipulação do contraste e digitalizada com manipulação do contraste) foram examinadas. Secções dentárias serviram para comprovar a profundidade da lesão. Como resultado, observaram que a radiografia digital com extensão do contraste foi o melhor dos quatro métodos (detectou mais de 70%), enquanto a inspeção visual (53%) mostrou melhor resultado que a radiografia convencional (48%). Quando os resultados da inspeção visual e da radiografia convencional foram combinados, foram obtidos aumento de 11% no valor da detecção com aumento de 7% na nota de falso positivo. Quando as radiografias digitais com manipulação do contraste foram combinadas com a inspeção visual, ganho de 33% foi obtido com aumento de 11% em relação aos falsos positivos.

Verdonschot et al.⁴⁷ (1992) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a acurácia das imagens radiográficas digitalizadas modificadas e não modificadas no diagnóstico radiográfico das cáries proximais, comparando essas imagens com a radiografia convencional. Digitalizaram, com uma vídeo câmara, vinte radiografias interproximais que resultaram em quarenta imagens digitais. A progressão de cárie em três superfícies proximais foi classificada por 12 dentistas nas radiografias convencionais, nas imagens digitais não modificadas. As modificações das imagens eram derivadas de uma probabilidade cumulativa dos valores de cinza na imagem digital original, utilizando-se uma das cinco probabilidades de distribuição: uniforme, exponencial, Rayleigh, raiz cúbica hiperbólica e logaritmo hiperbólico. A concordância interobservador foi substancial. As imagens digitais não modificadas produziram sensibilidades comparáveis às das radiografias, porém sua especificidade foi mais baixa. Quando o procedimento de diagnóstico foi discriminar entre cárie e não cárie, a modificação exponencial, raiz cúbica hiperbólica e logaritmo hiperbólico e as radiografias foram iguais. Com a decisão de cortar entre as cáries dentinárias e as não-dentinárias, a sensibilidade da modificação tipo logaritmo hiperbólico foi estatisticamente significante superior às das radiografias, porém essa modificação também estava associada a uma redução estatisticamente significante da especificidade. Concluíram que a modificação logarítmica hiperbólica, em particular, pode ser uma alternativa para a radiografia convencional no diagnóstico das cáries proximais incipientes e na decisão de tratamento restaurador.

Wenzel⁵² (1993) publicou uma revisão de literatura sobre a manipulação de imagens por meio de computador, com a finalidade de melhorar o diagnóstico na prática odontológica. Nesse trabalho comentou os parâmetros que definem a qualidade da imagem: contraste, nitidez e ruído (interferência), relatando como poderiam ser alterados digitalmente. Enumerou as vantagens da radiografia digital, tais como:

- a) redução da dose de radiação em comparação com a técnica convencional;
- b) o observador pode ter máximo controle da imagem e manipular as informações durante a interpretação;
- c) simplifica a rotina de trabalho, tendo em vista que não utiliza processamento por via úmida.

Conclui o artigo afirmando que, nas próximas décadas, parece provável que os sistemas radiográficos digitais intrabucais substituam o filme radiográfico.

Benn⁵ (1994) reconheceu que a radiografia é ainda a técnica amplamente disponível aos dentistas e que a radiografia digital oferece melhoria de imagem com menor dose de radiação, sem haver necessidade do processamento químico. Entretanto, o acompanhamento da progressão das cáries precisa de sistemas de imagem que sejam tão bons quanto os filmes para detectar lesões incipientes no esmalte. Alertou para o cuidado necessário na construção de modelos experimentais para a cárie que sejam realmente válidos. São necessários trabalhos que definam a qualidade da imagem digital, o suficiente para medir com precisão o acompanhamento na progressão da cárie. Tal acompanhamento individual deve ser realizado tanto nos pacientes com alto como nos de baixo risco de cárie, já que a cárie é uma doença em que o acompanhamento não levará a nenhum tratamento desnecessário, o que normalmente ocorre quando se utiliza um detector com alta sensibilidade, pois neste caso aumenta o mínimo de falsos positivos.

Vandre & Webber⁴⁵ (1995) escreveram um artigo sobre as futuras tendências da radiologia odontológica. Nesse artigo relataram que os sistemas de radiografia digital direta oferecem um potencial de mudança radical no modo de diagnóstico e plano de tratamento das doenças pelos dentistas. Eles oferecem a disponibilidade instantânea da imagem, menor exposição do paciente à radiação e eliminação dos equipamentos e produtos químicos para o processamento radiográfico. O

armazenamento das radiografias, como um dado digital, permite suas transmissões via linha telefônica, facilitando a consulta, que algum dia permitirá a expedição de autorização de planos de tratamentos pelas companhias seguradoras. O uso da subtração digital permitirá ao profissional obter diagnóstico de progressão da doença periodontal e da cárie antes que as técnicas atualmente disponíveis o possam. Com o auxílio do computador facilitará a detecção de cáries proximais, o diagnóstico da osteoporose, e um dia permitirá o traçado cefalométrico automático das radiografias.

Wenzel & Gröndahl⁵⁸ (1995) realizaram uma revisão de literatura ao comparar sistemas de imagem digital direta (RVG*, Vixa**, Sens-A-Ray***, Flash Dent**** e Digora). Foram analisados resolução do sistema, ruído do sensor, opções do software, dose e sensibilidade à radiação X. O sistema de radiografia digital direta em relação à técnica radiográfica convencional apresenta inúmeras vantagens: dispensa o uso do filme radiográfico, não necessita de soluções químicas para o processamento, aquisição instantânea da imagem, possibilidade de realçar a imagem, além de armazená-las e exportá-las. Outros benefícios que essa técnica proporciona é a de proteção ambiental, devido à diminuição no depósito de prata, pouca necessidade de habilidade e redução na dose de radiação.

Gröndahl et al.¹⁵ (1996) escreveram um artigo desenvolvido na Finlândia. Nesse artigo relataram que a aquisição digital direta da imagem intrabucal tem sido possível somente desde o final da década de oitenta, embora os métodos indiretos estejam disponíveis desde o final dos anos setenta. Estas outras técnicas apresentam uma série de limitações que tornam o seu uso embaraçoso. Descrevem os princípios e as utilizações do sistema, relatando que ele supera uma série

* Trophy – RadioVisioGraphy, Paris, França.

** Visualix – Gendex, Monza, Itália.

*** Sens-A-Ray – Regam Medical Systems, Göteborg, Suíça.

**** Flash Dent – Villa Sistemi Medicali, Buccinasco, Itália.

de limitações dos outros sistemas. Concluíram que o Digora* permite considerável redução na dose de raios X e é muito menos sensível para variações de exposição que os sistemas CCD e o filme convencional. Embora a resolução espacial seja menor que as imagens do filme convencional e dos sistemas CCD, sua qualidade de imagem é alta, talvez como efeito da grande variação dinâmica (dynamic range) do sistema de placa de imagem.

Versteeg et al.⁴⁸ (1997) compararam a imagem digital direta e indireta com o filme radiográfico convencional, utilizando-se de uma revisão de literatura com artigos internacionais. Procurou analisar na radiografia digital a qualidade de imagem, forma de aquisição, qualidade para diagnóstico, manipulação da imagem, análise automática e aplicação do software. Com essa revisão, pode-se observar que a imagem digital indireta ainda requer processamento do filme, sofisticados digitalizadores e tempo para digitalizar. Entretanto, esse não é um método eficiente para a prática clínica, embora a digitalização possa ser útil para a análise quantitativa de radiografias. Já a imagem digital direta é mais eficiente que a indireta e apresenta vantagens de obtenção da imagem instantânea, necessita de baixa dose de raios X e não precisa de processamento químico. A imagem digital direta, que não utiliza placa de imagem, pode ser bem usada ocasionalmente e para séries de boca toda. A principal aplicação do sistema direto com sensor é na endodontia e implantodontia. Em suma, a imagem digital direta pode ser tão eficiente quanto à imagem do filme na clínica odontológica. O computador proporciona muitas opções adicionais à imagem digital, como a compressão e transporte das informações radiográficas. Manipulação da imagem (realce, subtração e reconstrução da imagem) e a análise automática podem ser benéficas no diagnóstico radiográfico. Os autores concluíram que a imagem digital certamente tem bom potencial,

* Digora – Soredex, Helsinki, Finlândia.

especialmente com respeito ao aperfeiçoamento da qualidade da radiografia para diagnóstico e análise automática da imagem.

Versteeg et al.⁵⁰ (1998) compararam radiografias periapicais padronizadas e obtidas com um receptor de imagens CCD às obtidas com o filme convencional. Foram radiografados cinquenta pacientes, tendo um dente da região da mandíbula exposto ao sensor e ao filme, aleatoriamente. Foi usado o sistema Sidexis*, de radiografia digital direta, com seu apropriado porta-filme sendo usado o sensor e o filme nos tamanhos 1 e 2. A qualidade das imagens foi avaliada por dois radiologistas usando nove critérios individuais e o global na escala de três pontos (excelente, aceitável e não aceitável). Houve diferença significativa entre o filme e o sensor expostos ($P < 0,014$). Dos filmes radiográficos, 6% necessitaram repetições comparados ao sensor do qual 28% necessitaram ser repetidos. Concluíram que a radiografia periapical obtida com o sensor CCD conduziu a maiores erros e necessidade de maior número de repetições que o filme convencional.

Paurazas et al.³⁰ (2000) compararam a imagem digital obtida com um sensor CCD e com um sensor CMOS-AP ao filme Ektaspeed Plus na detecção de lesões ósseas periapicais. Foram criadas lesões periapicais no osso trabecular e cortical de dez mandíbulas secas humanas. As mandíbulas foram montadas em resina para padronização das imagens e utilizado o posicionador radiográfico Rinn (técnica do paralelismo). Setenta imagens radiográficas e 140 imagens digitais foram avaliadas por seis endodontistas e por dois radiologistas. Na análise estatística foram usadas a análise de variância e a curva ROC. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre filme, sistema CCD e sistema CMOS-AP. A detecção de lesões ocorreu com mais precisão no osso cortical que no osso trabecular, bem como quando a lâmina cortical foi envolvida. Concluíram que não houve diferenças entre

* Siemens - Bensheim, Alemanha.

os sistemas CCD e CMOS-AP e filme na detecção de lesões periapicais e que a identificação das lesões aproximou-se da perfeição quando a lâmina cortical foi envolvida.

2.3 Imagem digital no diagnóstico de cárie

Kidd & Pitts²⁶ (1990) realizaram uma reavaliação da literatura, ao examinar o valor da radiografia interproximal no auxílio do diagnóstico das cáries proximais e comparar os valores relativos dos exames clínico e radiográfico. Representaram os resultados tabulados de 29 estudos científicos. Esses resultados permitiram verificar que a radiografia interproximal é essencial para que muitas lesões não passem despercebidas. É particularmente importante na detecção das pequenas lesões que possam ser preventivamente tratadas ao invés de operadas. Embora exista a necessidade de assegurar que as exposições radiográficas sejam minimizadas, as evidências sugerem que tanto os clínicos como os epidemiologistas devem equilibrar essas necessidades com as questões éticas associadas à falha de empregar um auxílio diagnóstico já estabelecido.

Wenzel et al.⁶² (1990) avaliaram a profundidade de cáries oclusais por meio do exame clínico, radiográfico convencional, imagens radiográficas digitalizadas filtradas e imagens radiográficas digitalizadas com melhora do contraste. Os resultados dos exames foram comparados com os resultados do exame histológico. Foram usados 47 dentes (pré-molares e molares) extraídos. As radiografias foram realizadas com filme Ultraspeed* e aparelho GE 1000, com 70kVp e 15mA. As radiografias foram capturadas por câmera de vídeo conectada a um microcomputador, com placa para conversão analógica digital. Como resultados, observaram que medidas quantitativas da profundidade de cáries, visualizadas em radiografias digitais, tinham forte correlação com as

* Eastman Kodak Co. – Rochester N.Y., USA.

medidas histológicas. O estudo sugeriu que o processamento digital de imagens radiográficas constituía um auxílio diagnóstico que podia dar a estimativa mais precisa da profundidade de cáries oclusais.

Wenzel et al.⁶³ (1991) compararam a precisão no diagnóstico radiográfico dos exames de cáries oclusais em dentes sem cavidades, usando as seguintes técnicas radiográficas: radiografia convencional, imagens digitalizadas com melhora de contraste, radiografias digitalizadas filtradas, radiovisiografia com melhora de contraste e radiovisiografia com função x (saturação da densidade). Empregaram 81 terceiros molares completamente erupcionados e extraídos, sem cavitações macroscópicas visíveis. Após os dentes serem radiografados, secções foram realizadas para exame histológico das lesões. Quatro observadores, que não conheciam a prevalência de cárie do material, avaliaram a presença de cárie oclusal de cada dente. A taxa de detecção média para cáries em dentina foi mais alta com o emprego das imagens radiográficas digitalizadas em que se melhorou o contraste e pela radiovisiografia com modificação de brilho e contraste. A proporção de probabilidade para teste positivo (verdadeiramente positivo/falso positivo) para cada observador indicou que os dois métodos digitais que permitiam melhora de contraste, produziram desempenho tão bom, ou melhor, que o emprego das radiografias convencionais. Já as técnicas que empregaram radiografia digitalizada com filtragem e radiovisiografia com a função x proporcionaram menor precisão no diagnóstico em relação às radiografias convencionais.

Dove & McDavid⁹ (1992) realizaram estudo para verificar se o processamento digital da imagem poderia melhorar a precisão para o diagnóstico. Utilizaram computador, uma câmara para digitalizar as radiografias convencionais e um processamento digital da imagem que usava equalização de histograma e a inversão da escala de cinza. A imagem digital foi comparada com a radiografia convencional na detecção das cáries de superfícies proximais utilizando a análise ROC. Os

resultados indicaram que a técnica de processamento digital não melhorou a precisão no diagnóstico radiográfico comparado às radiografias convencionais. Nenhuma diferença significativa na precisão do diagnóstico foi observada entre a imagem digital e a convencional para a detecção de cáries na superfície proximal.

Hintze¹⁹ (1993) compara a radiografia digitalizada com a radiografia interproximal convencional, combinando com o exame clínico para verificação de cáries em 168 crianças com baixo índice de cárie. As radiografias revelaram duas a três vezes mais cáries que o exame clínico. As radiografias convencionais e digitalizadas permitiram detectar somente 1,6% e 1,1% cáries em dentina, respectivamente, das superfícies clinicamente sondadas.

Russel & Pitts³⁴ (1993) compararam a imagem digital às imagens radiográficas obtidas com filmes D e E *speed*. Foram utilizados cento e vinte dentes posteriores radiografados pela técnica interproximal. Posteriormente, os dentes foram seccionados mesio-distalmente e verificada histologicamente a profundidade das cáries. Os resultados permitiram verificar que para as cáries oclusais a sensibilidade e a especificidade são similares. Para as cáries interproximais a especificidade da radiovisiografia é similar às radiografias convencionais, porém a sensibilidade da radiovisiografia foi menor.

Wenzel & Hintze⁵⁹ (1993) avaliaram a percepção dos dentistas à qualidade das radiografias capturadas digitalmente. Realizaram trinta radiografias pelo sistema digital Visualix: dez radiografias periapicais para avaliação da anatomia dentária e óssea, dez periapicais para as patologias ósseas e dez interproximais para avaliação de cáries. Fizeram três cópias numeradas de cada imagem e as trataram com três diferentes filtros: A, B e C, respectivamente. Simultaneamente quatro imagens do mesmo caso foram apresentadas no monitor, em seqüência aleatória, e vinte dentistas classificaram, em uma escala de zero a quatro, cada conjunto de quatro imagens. Em geral, a maioria dos



dentistas preferiu as imagens tratadas às originais. As imagens A e B foram frequentemente mais selecionadas como primeira e segunda escolha nos grupos da anatomia óssea, dentária e de patologia óssea. A imagem original foi estimada inferior em mais da metade (55%) das séries. Para as radiografias interproximais, as imagens C foram classificadas significativamente mais altas. Concluíram que a possibilidade de tratamento da imagem deve ser oferecida pelas radiografias digitais já que a maioria dos dentistas preferiu a imagem tratada à versão original. A escolha do tratamento da imagem parece ser dependente da tarefa: menor tratamento foi necessário para delinear tênues diferenças teciduais.

Wenzel et al.⁶⁴ (1993) revisaram os desenvolvimentos que têm ocorrido em relação ao diagnóstico radiográfico das cáries, dentro do contexto das mudanças tanto no processo da doença como da tecnologia disponível. O declínio da prevalência de cáries observado em muitos países ocidentais tem sido acompanhado de mudanças no padrão de desenvolvimento das lesões. Mais lesões são agora vistas nas superfícies oclusais, a maioria está oculta (imperceptíveis para as técnicas convencionais para diagnóstico), enquanto a progressão das lesões de cáries proximais também tem diminuído. Os sistemas empregados para o diagnóstico de cáries devem levar em conta essas mudanças e as várias necessidades dos usuários de empregar diferentes métodos diagnósticos. Os autores revisaram e discutiram os desenvolvimentos em: radiografia convencional, xerorradiografia, imagem digital indireta (com análise computadorizada da imagem e subtração radiográfica) e imagem digital direta. Concluíram que: para a detecção das cáries proximais, em grupos de alta prevalência de cáries, tanto das cáries proximais (especialmente as pequenas lesões em esmalte) como das cáries dentinárias oclusais nos dentes com nenhuma ou pequena quebra da superfície, a radiografia ainda é um significativo e razoável método preciso de diagnóstico; apesar de a limitação da resolução ser maior, os métodos de imagem digital

parecem atuar tão bem ou melhor que o filme radiográfico convencional. Os sistemas digitais apresentam as vantagens de possibilitar o realce da imagem e significativa redução da dose de raios X. Pode ser visto que as técnicas de imagem digital entrarão na rotina clínica num futuro próximo.

Hintze et al.²² (1994) compararam radiografias convencionais com o sistema digital direto, na detecção de cáries oclusais em dentina e proximais em esmalte. Foram radiografados 66 dentes humanos extraídos (pré-molares e molares permanentes). Cada três dentes foram montados em blocos, estabelecendo contato, e radiografados pelo método convencional usando os filmes Ultraspeed e Ektaspeed e o aparelho GE 1000 70 kVp e 10 mA. Para o método digital foram utilizados o Radiovisigraphy* e o Visualix**. A precisão no diagnóstico para cada método foi expressa pela área da curva ROC. As diferenças não foram estatisticamente significantes entre as médias das áreas da curva ROC para os métodos radiográficos tanto para as cáries oclusais como para as proximais.

Dagenais & Clark⁸ (1995) compararam três tipos de imagens no diagnóstico de cáries interproximais: imagem obtida com o filme convencional, imagem impressa em papel técnico e imagem filtrada. Foram construídos dez manequins, com oito dentes cada um, de canino a primeiro molar, sendo analisadas doze superfícies proximais (com exceção da mesial de canino e distal de molar). Tais superfícies possuíam perfurações por brocas aleatórias, simulando cáries proximais. Todas as imagens foram obtidas utilizando o aparelho de RX Trophy 70X, 70 kVp, 8 mA. O filme usado foi o Ultraspeed da Kodak. As imagens foram analisadas por 26 dentistas e os resultados transferidos para a curva ROC, para avaliação estatística. Foi observado que a detecção de pequenas cavidades é significativamente mais confiável com filmes convencionais que com imagens digitais e com imagens impressas em

* Trophy – RadioVisioGraphy, Paris, França.

** Gendex – Visualix, Monza, Itália.

papel. As lesões avaliadas foram todas incipientes localizadas em esmalte, que, clinicamente, não seriam provavelmente restauradas. Dessas lesões, 76% foram permitidas detectar pela RVG comparadas com 85% pelo filme convencional.

Duncan et al.¹⁰ (1995) desenvolveram um programa capaz de diagnosticar as cáries proximais e tomar decisões sobre a necessidade de tratamento restaurador. O programa foi comparado com as decisões realizadas por um grupo de experientes clínicos. Os resultados indicaram que os observadores clínicos identificaram corretamente um número similar de superfícies, assim como o programa, porém, de observador para observador, houve maior variabilidade no número de superfícies identificadas corretamente do que naquelas identificadas pelos usuários do programa. Concluíram que pacotes de programas como esse têm o potencial, com o tempo, de melhorar a precisão, aumentando a consistência das decisões.

Wenzel et al.⁶⁵ (1995) avaliaram a precisão na detecção de cáries com quatro sistemas de radiografia intra-oral digital e o resultado da compactação das imagens. Foram estudados 116 dentes humanos posteriores extraídos com cáries oclusais e proximais. Os sistemas digitais analisados foram: Digora^{*}, RVG^{**}, Sens-A-Ray^{***} e Visualix^{****} e o sistema para compressão da imagem foi o JPEG. Como resultado os quatro sistemas digitais não apresentaram diferenças estatisticamente significantes, sendo semelhantes para a detecção de cárie *in vitro*. Entre as imagens comprimidas e não comprimidas também não apresentaram diferenças estatisticamente significantes.

Gottfredsen et al.¹⁴ (1996) estudaram o uso das imagens tratadas e o consumo de tempo no acesso à cárie por meio de quatro sistemas digitais (Digora^{*}, RVG^{**}, Sens-A-Ray^{***} e Visualix^{****}). Foram

^{*} Digora – Soredex, Helsinki, Finlândia.

^{**} Trophy – RadioVisioGraphy, Paris, França.

^{***} Sens-A-Ray – Regam Medical Systems, Göteborg, Suíça.

^{****} Visualix – Gendex, Monza, Itália.

utilizados 131 molares e pré-molares humanos extraídos, montados de três em três dentes alinhados. Os dentes foram radiografados pelos quatro sistemas e as imagens foram transferidas para um programa que permitia o ajuste de brilho, contraste e curva de gama. Dezesesseis dessas imagens foram comprimidas na versão JPEG. As 588 imagens foram avaliadas por seis observadores, que usaram uma escala de confiança com cinco pontos para verificar cáries proximais e oclusais nas amostras. Algum tratamento da imagem foi usado em quase todas as imagens e a curva gama foi a mais utilizada. As imagens do Visualix foram as mais manipuladas que as demais. As diferenças foram significantes em número de manipulações executadas entre todos os sistemas exceto entre Digora e Sens-A-Ray. A média do tempo gasto no registro de uma imagem foi de 24 segundos. Em média, foi menor o tempo significativamente gasto com a imagem do Digora que com os outros sistemas, embora não exista diferença significativa entre os sistemas baseados no CCD. Os observadores obtiveram vantagens de avaliação facilitada pelo realce da densidade e contraste nas imagens digitais. O potencial da manipulação da curva gama requer investigação adicional.

Vários modelos de aparelhos de radiografia digital têm sido utilizados para estudar a precisão dos sistemas para diagnósticos na detecção das cáries dentárias. Em 1996, Kang et al.²⁵ realizaram um estudo com o objetivo de comparar a habilidade dos dentistas em detectar os defeitos mecanicamente criados em relação às cavitações naturais de cárie, nas superfícies proximais de dentes extraídos, utilizando-se a radiografia digital CDR*. Os valores de detecção foram investigados de acordo com a profundidade da lesão para permitir comparações com os estudos já feitos na literatura com outros modelos de defeitos mecânicos e cáries naturais. A discriminação das cáries naturais contra os defeitos artificiais com a Radiografia Digital também foi comparada com o filme

* Computed Dental Radiography – Schick Industries, Long Island City, N.Y.

convencional relatada previamente na literatura. Cinquenta e dois dentes pré-molares e molares foram montados de modo a representar os arcos posteriores maxilar e mandibular para a radiografia interproximal. Havia 16 superfícies proximais com cáries naturais e 28 superfícies proximais com defeitos mecânicos. Uma placa acrílica com 1,8cm foi utilizada em frente ao receptor como material equivalente ao tecido mole. Trinta dentistas agiram independentemente como observadores para diferenciar, entre as superfícies proximais sadias dos dentes, as cáries naturais e os defeitos mecânicos. A avaliação da variabilidade intra e interobservador foram feitas pela estatística Kappa (K). Ignorando a estipulação do tipo de cavidade, a detecção foi de 74% para os defeitos mecânicos e 67% para as cáries naturais. As dificuldades ao detectar os defeitos mecânicos foram 1,40 vez maiores que as dificuldades de encontrar as cavitações de cáries naturais na mesma profundidade. A profundidade da lesão influenciou a probabilidade de identificar corretamente a presença de uma lesão; as dificuldades ao identificar a cavitação aumentaram 1,41 vez para cada 0,1mm de aumento na profundidade. A designação correta do tipo de lesão foi 1,42 vez mais provável nos defeitos mecânicos do que nas cáries naturais ($p=0,003$). As concordâncias intra-observador ($K=0,65$) e interobservador ($K=0,43$) foram muito boas. A discriminação entre as lesões naturais e artificiais foi menor com a Radiografia Digital do que as encontradas nos estudos prévios que utilizaram o filme convencional.

Moystad et al.²⁸ (1996) realizaram um estudo com objetivo de comparar a precisão das imagens do Digora realçadas e não realçadas e a do filme convencional Ektaspeed na detecção de cáries proximais. Expuseram, sob condições padronizadas, cinquenta dentes pré-molares e molares na placa de imagem do Digora e no filme convencional. O arquivo das imagens foi transferido para um diferente programa de processamento da imagem Image-Pro-Plus. Dez observadores, utilizando uma escala de confiança de cinco pontos, avaliaram 95 superfícies proximais com cáries no esmalte e na dentina em três modalidades de

imagem: imagens da placa de fósforo realçadas e não realçadas e do filme. As observações foram validadas microscopicamente. A precisão no diagnóstico radiográfico foi medida na área abaixo da curva ROC. Como resultados, as imagens realçadas tiveram significantes valores mais altos de A_z tanto no esmalte ($A_z = 0,819$) como na dentina ($A_z = 0,845$) do que as imagens não realçadas e o filme. Não houve diferença significativa tanto no esmalte como na dentina entre as não realçadas ($A_z = 0,780$ e $A_z = 0,789$) e o filme ($A_z = 0,688$ e $A_z = 0,793$). Concluíram que as imagens realçadas da placa de imagem melhoram a detecção das cáries proximais nesse estudo *in vitro*, comparadas com as imagens não realçadas e com o filme Ektaspeed.

Svanaes et al.³⁸ (1996) realizaram um estudo com o objetivo de testar a precisão da placa de imagem do sistema Digora no diagnóstico de cáries proximais, com especial ênfase à ampliação da imagem, comparando-a com a radiografia convencional. Também observaram se as imagens ao redor da imagem principal no monitor têm alguma influência no desempenho do observador. Expuseram, simultaneamente, cinquenta pré-molares e molares extraídos com os filmes Ektaspeed e com as placas óticas do Digora. As imagens do Digora foram transportadas para um diferente programa de processamento de imagem. Foram observadas 95 superfícies proximais por dez observadores que examinaram quatro modalidades de imagem: da placa de imagem no tamanho do filme examinadas com uma máscara negra ao redor; as mesmas imagens ampliadas 4X; ampliadas 4X e examinadas com um quadro ao redor de textos e gráficos; dos filmes diretamente no negatoscópio. As observações foram comprovadas com o exame microscópico dos dentes. A precisão no diagnóstico radiográfico foi calculada pela área abaixo da curva ROC(A_z). Não encontraram diferença significativa entre as imagens do Digora e as do filme. As imagens ampliadas do Digora com gráficos e textos ao redor demonstraram valores significativamente mais altos de A_z que as imagens não

ampliadas, tanto para o esmalte como para a dentina; já as imagens ampliadas com uma máscara negra ao redor demonstraram resultados semelhantes para a dentina. Concluíram que, nesse estudo *in vitro*, o desempenho dos observadores na detecção de cáries proximais com as imagens da placa de imagem foi comparável ao do filme Ektaspeed. As imagens ampliadas geralmente apresentaram precisão para o diagnóstico significativamente mais alta que as imagens não ampliadas.

White & Yoon⁶⁶ (1997) compararam a imagem digital direta à radiografia convencional. Foram estudados 320 dentes humanos extraídos (oitenta molares, oitenta pré-molares, oitenta caninos e oitenta incisivos). As radiografias convencionais foram obtidas por meio do aparelho GE 1000, 70kVp e filme Ektaspeed Plus. As imagens digitais foram obtidas com um CDR* e sensor CCD #2. Depois de analisadas as imagens, os dentes foram seccionados mesiodistalmente e aumentados 30x para determinar a profundidade das cáries. Como resultado, o CCD apresentou menor sensibilidade que o filme, enquanto a especificidade do CCD foi consideravelmente alta. A precisão do CCD e do filme não foi significativamente diferente, nem quando a especificidade e sensibilidade foram médias, nem quando a precisão foi mensurada para refletir prevalência de cáries. Concluíram que o sistema digital é comparado ao filme convencional.

Price & Ergül³² (1997) compararam a imagem digital direta obtida com o Sens-A-Ray** à imagem radiográfica convencional obtida com o filme Ektaspeed Plus. Foram usados vinte molares e pré-molares humanos extraídos com dez superfícies sondadas, 15 superfícies com cárie natural e 15 com cavidades preparadas artificialmente. Os dentes foram montados em blocos de acrílico individualmente e radiografados dois dentes experimentais, com dois adicionais para estabelecer contato. A radiografia convencional foi obtida usando o aparelho GE 1000, 90kVp

* Computed Dental Radiography – Schick Technologies, Inc., Long Island City, N.Y.

** Sens-A-Ray – Regam Medical Systems, Göteborg, Suíça.

e a imagem digital pelo Sens-A-Ray sem nenhuma alteração por meio do software. A presença de cárie foi verificada por sete dentistas e sete estudantes de odontologia, usando uma escala de cinco pontos de confiança. Os resultados passaram pela análise ROC que verificou não haver diferenças significantes no diagnóstico realizado pelos dentistas e pelos estudantes. Diferenças altamente significantes foram encontradas entre o filme e o Sens-A-Ray para cáries naturais e cavidades artificiais, mas a magnitude das diferenças é pequena. Sensibilidade e especificidade mostraram melhores diferenças entre métodos (tipos de lesões) e identificaram baixa interpretação de superfícies sondadas por estudantes. O filme foi superior ao Sens-A-Ray para interpretação de cáries proximais. Os estudantes foram menos realistas que os dentistas na interpretação de superfícies sondadas, mas o desempenho foi igual na interpretação de cáries naturais e cavidades artificiais.

Tyndall et al.⁴⁰ (1997) verificaram um novo método de criação de radiografia 3D pela Tomografia Computadorizada no diagnóstico de cáries primárias interproximais e oclusais. Foram avaliados 64 dentes extraídos com 89 lesões de cáries pela radiografia com o filme Ultraspeed, pela imagem digital direta e pela TACT. As imagens foram examinadas por 6 observadores treinados. Também se verificou a presença e profundidade das cáries, confirmadas pelo exame histológico dos dentes. Para determinar a profundidade, foi usada a análise de variância. A detecção, a precisão de detecção e o tempo de diagnóstico foram avaliados pelo teste estatístico Wald, não apresentando diferenças estatisticamente significantes entre a TACT e o filme. O filme e a TACT foram significantemente mais precisos que o sistema digital. Pelo teste Scheffe's, a TACT e o filme foram mais precisos que o sistema digital na determinação da profundidade das lesões, mas não estatisticamente diferentes quando comparados qualquer outro. O tempo necessário para diagnóstico não mostrou diferença estatística entre as três modalidades.

Naitoh et al.²⁹ (1998) compararam a imagem digital direta com a radiografia convencional na determinação da profundidade de cáries proximais. Foram radiografados 28 estudantes pelos métodos digital direto e convencional, totalizando 93 superfícies proximais que foram analisadas por seis observadores. O aparelho Max F-1, 70kVp e 10mA com o filme Ektaspeed foram usados para a obtenção da radiografia convencional. E a imagem digital foi obtida com o uso do aparelho Dixel*, que utiliza um CCD intrabucal para captura da imagem. Como resultado, o sistema digital não diminuiu a qualidade da imagem de acordo com os observadores quando alterado o brilho e contraste de acordo com a preferência de cada observador. Concluíram que o uso do sistema digital na clínica não apresenta problema em relação à veracidade do diagnóstico.

Tyndall et al.⁴¹ (1998) avaliaram a precisão na detecção de cáries proximais com o filme convencional Ektaspeed Plus comparado à imagem digital direta normal e realçado o brilho e contraste. As imagens digitais foram obtidas utilizando um sensor CCD e o aparelho Sidexis**. No estudo foram utilizados 24 dentes posteriores e 36 dentes anteriores extraídos, cariados e não cariados na face proximal, em aproximadamente igual proporção. As imagens foram obtidas submetendo os dentes à idêntica padronização geométrica e condições de exposição. Seis observadores, usando uma escala de confiança com cinco pontos, avaliaram 120 superfícies proximais quanto à presença e ausência de lesões de cárie. Observaram três modalidades de imagem: a) realçada pelo observador; b) observada diretamente no monitor do aparelho Sidexis; e c) filme Ektaspeed Plus. O grau de veracidade foi determinado pela análise microscópica das secções dos dentes estudados. As respostas dos observadores foram comparadas com o grau de veracidade verificado histologicamente e o padrão de consenso. Foi construída a

* manufaturado pela Morita Co.

** Siemens – Bensheim, Alemanha

curva ROC e a área abaixo dessa curva foi analisada. A análise de variância (ANOVA) foi usada para avaliar o efeito da modalidade, do observador e da repetição da leitura, demonstrando que houve diferenças significantes entre leitores, leituras e modalidades (0,001; 0,043 e 0,030, respectivamente). Este estudo *in vitro* verificou que a imagem digital direta foi equivalente ao filme convencional para a detecção de cáries interproximais. As imagens realçadas pelo observador exibiram menor precisão do diagnóstico radiográfico estatisticamente significativa em comparação à imagem digital direta e a o filme convencional.

Wenzel⁵⁵ (1998) escreveu um artigo sobre a radiografia digital e o diagnóstico de cárie. Relatou que a radiografia digital direta intrabucal somente se tornou possível na última década. Muitos estudos têm mostrado teoricamente que a radiografia digital direta tem um número de vantagens em relação ao filme convencional. Estudos laboratoriais como também estudos clínicos controlados são necessários para determinar se os novos sistemas digitais de imagem alteram o diagnóstico, o tratamento e o prognóstico quando comparados aos métodos convencionais. A maioria dos estudos são laboratoriais e só tem avaliado seus desempenhos nos diagnósticos. Essa revisão baseia-se nas evidências que existem sobre a deficiência na imagem para diagnóstico dos sistemas digitais na detecção de cáries. São revisados em conjunto com o uso da análise automática da imagem para o diagnóstico de cáries comparando os sistemas digitais ao filme convencional. São avaliados também os efeitos na precisão da detecção de cáries com o realce do contraste, do tamanho da imagem, das variações na dose de radiação e da compressão da imagem. As sensibilidades são relativamente altas (0,6-0,8) na detecção das cáries oclusais dentinárias com frações falso-positivas de 5% a 10%. A imagem radiolúcida na dentina é reconhecida como um bom preditor para a desmineralização. A radiografia não tem valor na detecção das lesões oclusais iniciais (esmalte). Na detecção das lesões dentinárias proximais,

as sensibilidades, as especificidades como também os valores preditivos são bons, mas são muito pobres para as lesões confinadas em esmalte. Entretanto, existe muito pouca informação documentada sobre a utilização dos sistemas digitais na clínica. Não há provas de que o número de retomadas tenha sido reduzido. Não se sabe quantas imagens são necessárias com os vários sistemas CCD quando comparadas com a radiografia convencional interproximal, nem quanto estáveis esses sistemas são no uso clínico diário ou se o controle apropriado de infecção pode ser mantido no rastreamento da placa de imagem ou nos sensores e cabo. Existem somente esparsas evidências de que as facilidades de realce da imagem sejam usadas na interpretação e de que tenham mudado as práticas de trabalho e decisões de tratamento. As conseqüências econômicas para o paciente, o profissional e a sociedade precisam ser examinados.

Forner et al.¹³ (1999) objetivaram determinar se a radiografia combinada com a recepção digital e a análise das imagens pelo monitor, RVG*, são efetivas no diagnóstico precoce de lesões simuladas de cárie. Foram produzidas experimentalmente lesões semelhantes à cárie em 39 molares e pré-molares permanentes. As imagens foram obtidas com o sistema digital Trophy e ampliadas 700X; as densidades das lesões em esmalte, em dentina e na polpa foram mensuradas pelo programa de análise de imagem Visualdent**. Os resultados mostraram diferenças estatisticamente significantes entre as lesões produzidas e o esmalte saudável. Essa mensuração foi independente da diferença de espessura da superfície do esmalte proximal em molares e pré-molares. A radiovisiografia combinada com o sistema de análise da imagem descrito foi capaz de distinguir lesões de cárie incipientes *in vitro*. Esse tipo de sistema para diagnóstico, que é

* Trophy – RadioVisioGraphy, Paris, França.

** Visualdent I.I – Xmotec, Madrid, Espanha.

acessível aos dentistas, pode ajudá-los a melhorar o diagnóstico precoce de cáries.

Uprichard et al.⁴² (2000) estudaram o desempenho da radiografia digital direta comparada à radiografia convencional para a verificação de cáries proximais na dentição mista. Foram montados 15 quadrantes, de canino decíduo a primeiro molar permanente, de dentes humanos extraídos. Essas arcadas foram radiografadas, sob condições padronizadas, utilizando o aparelho GE 1000, 65kVp e 15mA com os filmes Ultraspeed e Ektaspeed Plus. Para as radiografias digitais foi usado o aparelho Shick Technologies. As imagens foram analisadas por cinco odontopediatras que por meio de uma escala de confiança determinaram a presença de cárie na superfície proximal de cada dente. Foram usadas a análise ROC e a análise de variância (ANOVA) para comparar os três tipos de imagem na verificação de cárie proximal. A média da área abaixo da curva ROC para os observadores foi 0,7595 para o filme Ultraspeed, 0,7557 para o filme Ektaspeed Plus e 0,5928 para o receptor digital direto. Os resultados permitiram verificar que observadores experientes apresentaram maior precisão no diagnóstico de cárie proximal em radiografia convencional comparada à digital. E que os observadores selecionados apresentaram aumento na precisão do diagnóstico quando visualizaram as radiografias digitais num segundo tempo.

3 PROPOSIÇÃO

O propósito neste estudo é o de avaliar a precisão na detecção de cáries proximais comparando quatro modalidades de imagens radiográficas interproximais:

- a) convencional com o filme Ektaspeed Plus;
- b) convencional com o filme INSIGHT;
- c) digital direta;
- d) digital direta com modificação de brilho e contraste.

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 Padronização da amostra

Neste trabalho foram utilizados 52 dentes pré-molares humanos extraídos, os quais apresentavam superfícies hígidas e cariadas nas faces proximais. Esses dentes foram montados em blocos de resina juntamente com caninos e molares que manteriam contatos proximais com os dentes utilizados na pesquisa. Cada dois blocos foram unidos com cera pegajosa, simulando o contato oclusal, para que fossem realizadas incidências radiográficas pela técnica interproximal.



FIGURA 1 – Blocos unidos com cera pegajosa

Para simular a presença do tecido mole, foi confeccionada uma placa de resina com as seguintes dimensões: 13,5cm de largura por 8cm de altura e 1,5cm de espessura. Esta foi posicionada entre o filme ou

CCD e o feixe de raios X, para que atenuasse a radiação de forma semelhante aos tecidos moles da face do paciente durante uma tomada radiográfica interproximal (Alvares et al.², 1969).

Os blocos foram posicionados em um suporte de isopor, confeccionado para padronização das exposições radiográficas, nas dimensões de 50cm X 70cm X 2,5cm. Sobre a superfície de isopor havia locais determinados para os posicionamentos dos blocos de resina, da placa de resina (material equivalente ao tecido mole), do posicionador, do cabeçote com cilindro localizador do aparelho de raios X.

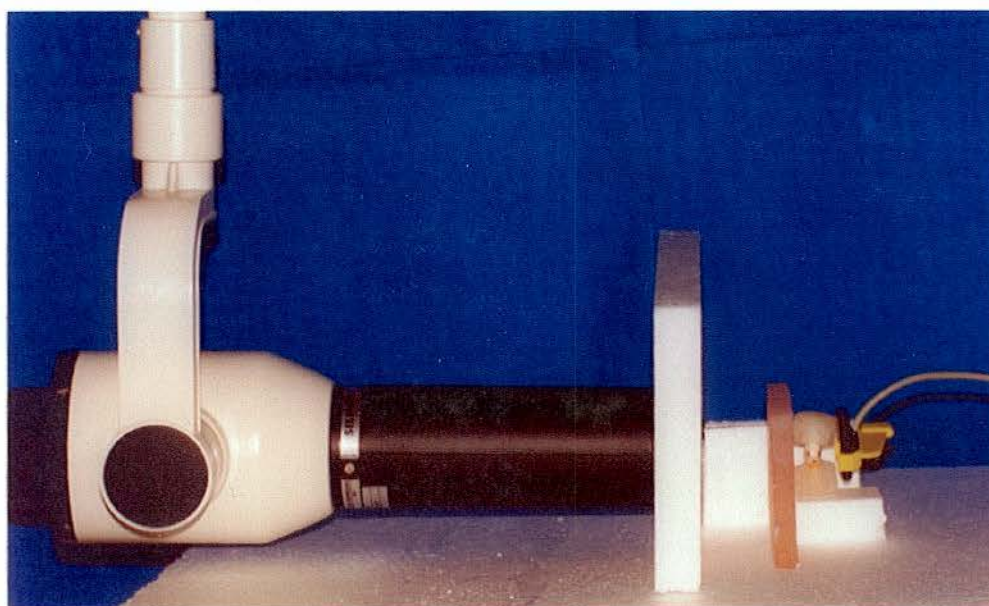


FIGURA 2 – Suporte de isopor para padronização das exposições radiográficas.

4.2 Obtenção das imagens

4.2.1 Radiografia convencional

As imagens radiográficas foram obtidas utilizando os filmes Ektaspeed Plus* e o INSIGHT*, de tamanho 0, para que os mesmos fossem introduzidos no posicionador radiográfico do sensor.

O aparelho de raios X utilizado foi o HELIODENT MD**, operando com 60kVp, 7mA e distância foco-filme de 30cm. O tempo de exposição foi de 0,2 segundos.

O processamento radiográfico foi realizado pela processadora automática Dent-X9000***, 4 1/2min. seco à seco, com as soluções RP x-Omat*.

4.2.2 Radiografia digital direta

Para obtenção da imagem digital foi utilizado o sistema Sidexis**, que utiliza um sensor intrabucal CCD de dimensões: 22,3mm X 37,3mm, e área ativa de 18,4mm X 29,6mm.

O aparelho de raios X utilizado foi o HELIODENT MD**, operando com 60kVp, 7mA e distância foco-filme de 30cm. O tempo de exposição foi de 0,1 segundos.

As imagens digitais foram armazenadas no formato TIFF, ocupando a memória de 271KB cada.

* Eastman Kodak Co. – Rochester N.Y., USA

** Siemens - Bensheim Germany

*** Elmsford, New York, USA



FIGURA 3 – Imagens: a) filme Ektaspeed Plus; b) filme INSIGHT; c) digital; d) digital com modificação do brilho e contraste.

4.3 Interpretação das imagens

4.3.1 Imagem radiográfica

As radiografias convencionais foram montadas em cartelas apropriadas e examinadas em sala escurecida sob luz de um negatoscópio.

4.3.2 Imagem digital

As imagens digitais foram interpretadas em um computador Pentium 266MHz, acoplado a um monitor 14" SVGA, com placa de vídeo de 10 gigabytes configurado com fonte pequena e resolução de 1024X768 pixels. O computador se encontrava numa sala escurecida, sem que nenhum tipo de luz ou brilho atingisse o monitor.

O programa utilizado para interpretação das imagens foi o Aldus PhotoStyler. As imagens foram interpretadas no modo normal e com ajuste do brilho e contraste, conforme a preferência de cada examinador.

As radiografias convencionais e as imagens digitais foram interpretadas por dois radiologistas e dois clínicos gerais. As imagens foram classificadas pelos escores propostos no Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação das imagens de cárie*

Escore	Classificação
0	Dente hígido
1	Cárie incipiente, penetrando em menos da metade do esmalte
2	Cárie penetrando, no mínimo, em metade do esmalte, mas não envolvendo a junção amelo-dentinária
3	Cárie de esmalte e dentina através da junção amelo-dentinária, estendendo-se menos da metade do caminho em direção à polpa
4	Cárie de esmalte e dentina penetrando em mais da metade do caminho em direção à cavidade pulpar
5	Cárie que atinge a cavidade pulpar

* Haugejorden & Slack¹⁶

4.4 Análise histológica

Após serem radiografados, os dentes tiveram suas coroas seccionadas e incluídas em resina, dentro de um molde apropriado, que permitissem a adaptação na máquina de corte. As coroas foram seccionadas mesiodistalmente em cortes de 0,4mm a 0,1mm de espessura na máquina Extec-Labcut 1010**.

Os cortes foram desgastados em lixa d'água até que permitisse boa visualização, da maior profundidade da cárie, no estereomicroscópio, entre 450µm e 700µm.

** Division of Excel Technologies INC. USA.

Os cortes foram examinados em um estereomicroscópio com aumento de 25X. Os aspectos morfológicos que foram considerados para a classificação, segundo Quadro 1, correspondem ao tecido efetivamente cariado. O aspecto invasivo da cárie que foi observado pelos prismas de esmalte e pelos canaliculos dentinários não foi considerado, devido à adequação à prática clínica.



FIGURA 4 – Corte histológico: face proximal hígida (escore 0).



FIGURA 5 – Corte histológico: face proximal com cárie incipiente em esmalte (escore 1).



FIGURA 6 – Corte histológico: face proximal com cárie envolvendo todo o esmalte (escore 2).



FIGURA 7 – Corte histológico: face proximal com cárie envolvendo menos da metade da dentina (escore 3).



FIGURA 8 – Corte histológico: face proximal com cárie envolvendo mais da metade da dentina (escore 4).



FIGURA 9 – Corte histológico: face proximal com cárie atingindo a cavidade pulpar (escore 5).

5 RESULTADOS

5.1 Metodologia

O índice de concordância de Kappa é um teste não-paramétrico utilizado para avaliar o nível de concordância entre dois testes. Neste estudo, o índice de Kappa forneceu, por exemplo, o nível de concordância entre os resultados da interpretação radiográfica com o filme Insight e o resultado do exame histológico para cada um dos examinadores. Ressalta-se que, o que se está testando é se a concordância entre dois tipos de imagens (radiográfica e digital) é nula ($Kappa = 0$) ou não ($Kappa > 0$). Portanto, um resultado significativo, ou seja, p menor 0,05 indica que existe alguma concordância entre duas imagens, mas, o valor do Kappa é que determina a intensidade desta concordância (quanto mais próximo de 1, maior a concordância entre os dois tipos de imagens). Sendo que, este índice pode ser interpretado conforme o quadro abaixo.

Quadro 2 - Interpretação da estatística do teste kappa

Intervalo	Interpretação
$< 0,40$	Concordância fraca
$0,40 \text{ — } 0,75$	Concordância de razoável à boa
$\geq 0,75$	Concordância excelente

A curva R.O.C. foi utilizada para verificar entre os quatro examinadores quanto aos quatro tipos de imagens interpretadas utilizando o critério de classificação de cárie mostrado no Quadro 1 qual

ou quais deles apresentam melhor acurácia no diagnóstico quando comparado com os resultados obtidos por meio do exame histológico (padrão-ouro). Além disso, para cada um dos examinadores estudados também foram avaliadas as imagens que se mostraram mais fidedignas na detecção de cárie de acordo com os resultados obtidos no exame histológico. Além disso, verifica-se qual o ponto de corte que melhor discrimina um resultado "Sadio" e "Doente" quando comparado ao padrão-ouro estabelecido.

Esta curva é um método gráfico que relaciona os valores de Sensibilidade e Especificidade das imagens avaliadas. Sendo que, a Sensibilidade mede a capacidade de uma imagem mostrar resultados "Doente" nos exames realizados e a Especificidade mede a capacidade de uma imagem mostrar resultados "Sadio" a luz do teste tratado como padrão-ouro (resultado do exame histológico). A seguir é apresentado o método de cálculo das medidas de Sensibilidade e Especificidade.

$$S = \frac{\text{Total de pacientes com resultado 'Doente' pelos dois testes}}{\text{Total de pacientes com resultado 'Doente' no padrão - ouro}} \times 100$$

$$E = \frac{\text{Total de pacientes com resultado 'Sadio' pelos dois testes}}{\text{Total de pacientes com resultado 'Sadio' no padrão - ouro}} \times 100$$

Um teste ideal é aquele em que se atinge o canto esquerdo superior (100% de sensibilidade e especificidade). Por outro lado, quando a curva é um segmento diagonal do canto inferior esquerdo para o canto superior direito, o teste não tem poder de discriminação. As figuras 10 e 11 mostram as duas situações, respectivamente.

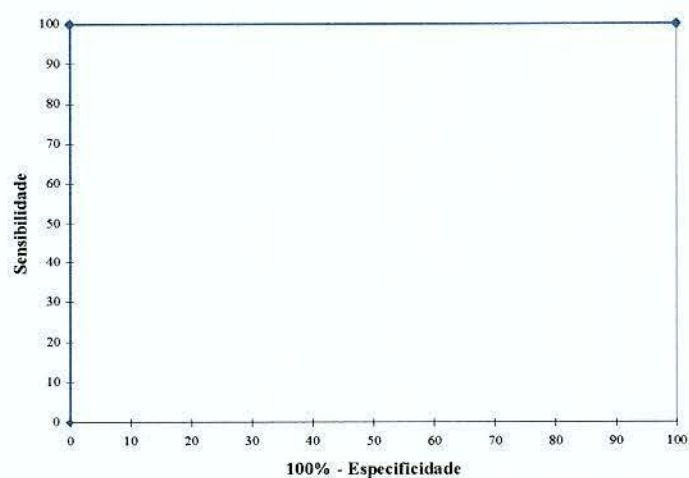


FIGURA 10 - Curva R.O.C. – Teste ideal.

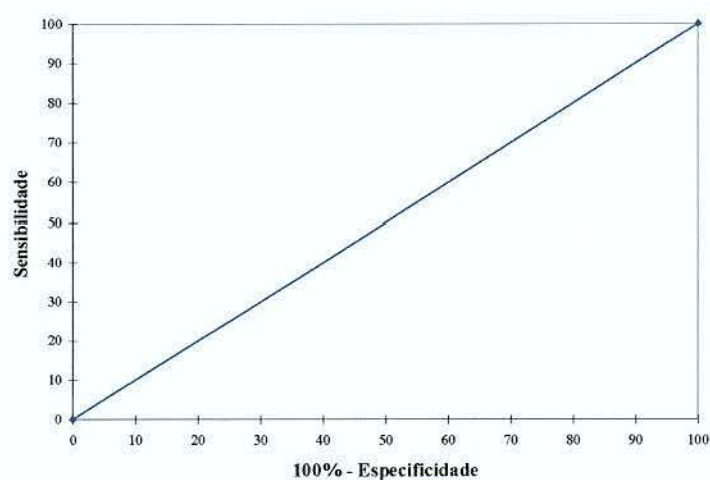


FIGURA 11 - Curva R.O.C. – Teste sem poder de discriminação.

Foram calculadas as áreas abaixo dessa curva e verificado o nível de significância existente entre a diferença das áreas em cada tipo de imagem, para cada observador. Todos os resultados foram considerados significativos para uma probabilidade de significância inferior a 5% ($p < 0,05$). Tendo, portanto, pelo menos 95% de confiança nas conclusões apresentadas.

5.2 Análise estatística

A Tabela 1 permite observar que os examinadores 1 e 2 na observação das imagens obtidas com os filmes INSIGHT e Ektaspeed Plus foram os que apresentaram maiores níveis de concordância com o exame histológico (padrão-ouro), onde, os valores de Kappa variaram entre 0,578 a 0,656. Para as demais avaliações, ressalta-se que todos os examinadores em cada imagem radiográfica avaliada apresentaram concordância significativa ($p > 0,05$) com o resultado do histológico, entretanto, os graus de concordância são fracos ou pouco superior ao valor de Kappa igual a 0,40. O Kappa apresentado nas Tabelas 1, 2, 3 e 4 refere-se a uma generalização do índice de Kappa de Cohen.

Tabela 1 - Avaliação do Índice de Concordância (Kappa)

Ex*	Tipos de imagens radiográfica / digital							
	INSIGHT		Ektaspeed Plus		Sidexis		Sidexis Modificado	
	K	p	K	p	K	p	K	p
1	0,656	<0,001	0,603	<0,001	0,456	<0,001	0,372	<0,001
2	0,578	<0,001	0,581	<0,001	0,429	<0,001	0,506	<0,001
3	0,407	<0,001	0,519	<0,001	0,420	<0,001	0,382	<0,001
4	0,324	<0,001	0,307	<0,001	0,392	<0,001	0,357	<0,001

Nota: O índice de concordância foi avaliado baseado no critério de classificação de cárie (de 0 a 5).

* Examinador

A Tabela 2 permite verificar que a imagem digital do Sidexis com modificação do brilho e contraste obteve o maior grau de concordância entre os quatro examinadores, onde, o valor de Kappa encontrado foi de 0,653 e o menor grau de concordância foi obtido na imagem do filme INSIGHT com Kappa igual a 0.466.

Tabela 2 - Avaliação do Índice de Concordância (Kappa) entre os quatro examinadores em relação aos resultados obtidos em cada tipo de imagem radiográfica ou digital.

Tipos de imagens	Face	
	Kappa	p
INSIGHT	0,466	< 0,001
Ektaspeed Plus	0,566	< 0,001
Sidexis	0,573	< 0,001
Sidexis Modificado	0,653	< 0,001

Nota: O índice de concordância foi avaliado baseado no critério de classificação de cárie (de 0 a 5).

Na avaliação do índice de concordância para cada um dos examinadores em relação ao quatro tipos de imagens estudadas, a Tabela 3 permite verificar que o grau de concordância (Kappa) alcançado pelos examinadores 1, 2 e 3 foi muito semelhante e próximo ou igual a 0,62, grau esse, considerado de razoável a bom.

Tabela 3 - Avaliação do Índice de Concordância (Kappa) entre os quatro tipos de imagens radiográficas ou digitais com relação aos resultados obtidos para cada um dos examinadores.

Examinador	Face	
	Kappa	p
1	0,620	< 0,001
2	0,625	< 0,001
3	0,620	< 0,001
4	0,560	< 0,001

Nota: O índice de concordância foi avaliado baseado no critério de classificação de cárie (de 0 a 5).

Já, na avaliação do índice de concordância (Kappa) entre os tipos de imagens radiográficas obtidas com os filmes INSIGHT e Ektaspeed Plus e entre os tipos de imagens digitais, Sidexis e Sidexis Modificado observa-se que há significativo aumento nos índices de concordância quando comparado aos resultados apresentados anteriormente (Tabela 3). Por exemplo, observa-se que o examinador 1 para as imagens radiográficas e os examinadores 2 e 3 para as imagens digitais alcançaram um grau excelente de concordância entre os resultados das imagens ($Kappa > 0,75$). Entretanto, resultados altos de Kappa nesta situação determinam apenas que um resultado baseado no critério de classificação de cárie obtido no filme Insight tende a ser o mesmo encontrado no filme Ektaspeed Plus, ou seja, estes resultados não determinam qual tipo de imagem e examinador apresentam resultados mais fidedignos quanto avaliados sob a ótica do resultado histológico (padrão-ouro).

Tabela 4 - Avaliação do Índice de Concordância (Kappa) entre as imagens com filmes INSIGHT e Ektaspeed Plus e entre as imagens digitais Sidexis e Sidexis Modificado com relação aos resultados obtidos para cada um dos examinadores.

Examinador	Tipos de imagens			
	Radiográfica		Digital	
	Kappa	p	Kappa	p
1	0,802	< 0,001	0,589	< 0,001
2	0,701	< 0,001	0,775	< 0,001
3	0,727	< 0,001	0,772	< 0,001
4	0,693	< 0,001	0,704	< 0,001

Nota: O índice de concordância foi avaliado baseado no critério de classificação de cárie (de 0 a 5).

As Figuras de 12 à 15 e as Tabelas de 5 à 8 apresentam os resultados da curva R.O.C. considerando-se cada tipo de imagem comparando-se os quatro examinadores participantes da pesquisa. Para os resultados referentes às imagens radiográficas com os filmes INSIGHT e Ektaspeed Plus observa-se que os examinadores 1 e 2 foram aqueles que alcançaram os melhores níveis de fidedignidade quando comparado aos resultados do histológico. Estes examinadores quanto às imagens radiográficas com os filmes INSIGHT e Ektaspeed Plus quase que atingiram o nível ideal de fidedignidade (Figura 12).

Nos casos das imagens digitais, observa-se um que os examinadores 1 e 2 continuam a apresentar os melhores níveis de fidedignidade, porém, com níveis inferiores aos alcançados nas imagens com os filmes INSIGHT e Ektaspeed Plus. Além disso, os examinadores 3 e 4 atingiram resultados mais próximos aos outros dois examinadores.

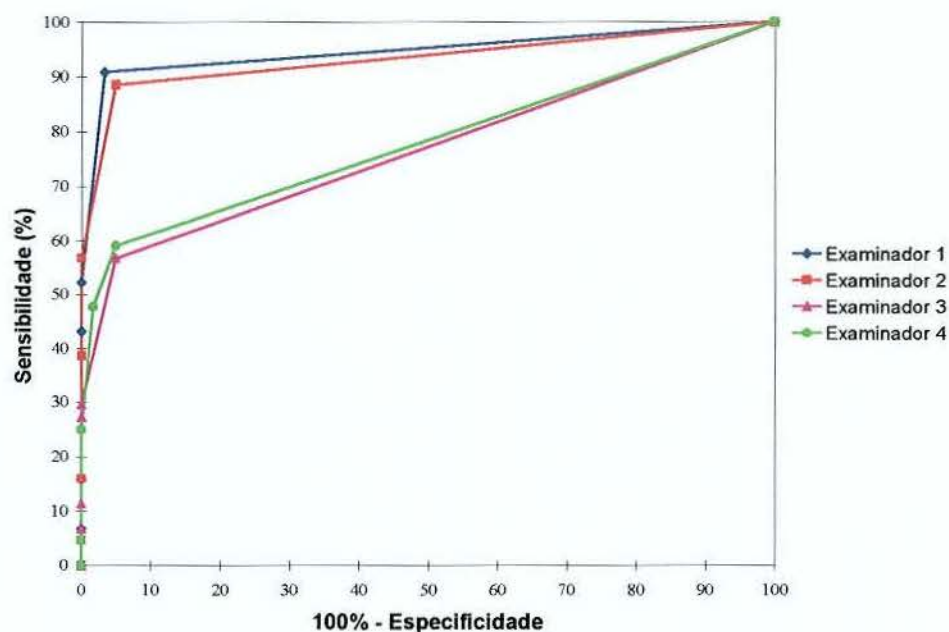


FIGURA 12 – Representação gráfica da curva ROC comparando os quatro examinadores em relação ao filme INSIGHT .

Tabela 5 - Caracterização dos dados relativos à curva ROC comparando os quatro examinadores em relação ao filme INSIGHT .

Escore	Examinador							
	1		2		3		4	
	S	E	S	E	S	E	S	E
= 0	90,9	96,7	88,6	95,0	56,8	95,0	59,1	95,0
≤ 1	52,3	100,0	56,8	100,0	29,6	100,0	47,7	98,3
≤ 2	43,2	100,0	38,6	100,0	27,3	100,0	25,0	100,0
≤ 3	15,9	100,0	15,9	100,0	11,4	100,0	4,6	100,0
≤ 4	6,8	100,0	4,6	100,0	6,8	100,0	0,0	0,0

Nota: Resultado do histológico: Escore = 0 → Dente Sadio Escore > 0 → Dente Doente
Os resultados na tabela estão apresentados em valores percentuais (%)

Legenda: S → Sensibilidade E → Especificidade

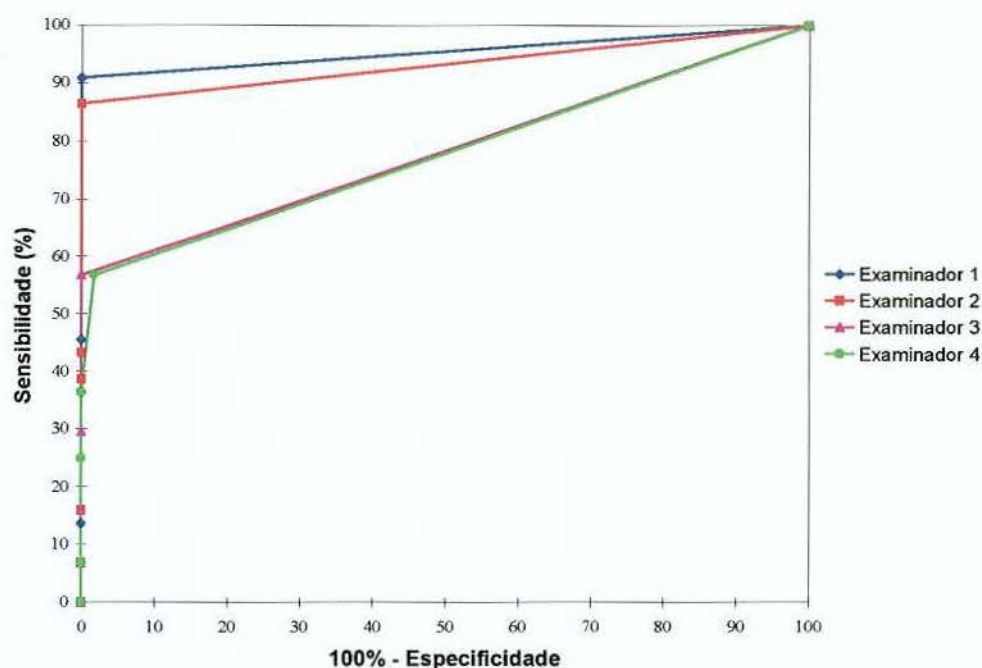


FIGURA 13 – Representação gráfica da curva ROC comparando os quatro examinadores em relação ao filme Ektaspeed Plus.

Tabela 6 - Caracterização dos dados relativos à curva ROC comparando os quatro examinadores em relação ao filme Ektaspeed Plus.

Escore	Examinador							
	1		2		3		4	
	S	E	S	E	S	E	S	E
= 0	90,9	100,0	86,4	100,0	56,8	100,0	56,8	98,3
≤ 1	45,6	100,0	43,2	100,0	29,6	100,0	36,4	100,0
≤ 2	36,4	100,0	38,6	100,0	29,6	100,0	25,0	100,0
≤ 3	13,6	100,0	15,9	100,0	15,9	100,0	6,8	100,0
≤ 4	6,8	100,0	6,8	100,0	6,8	100,0	0,0	0,0

Nota: Resultado do histológico: Escore = 0 → Dente Sadio Escore > 0 → Dente Doente
Os resultados na tabela estão apresentados em valores percentuais (%)

Legenda: S → Sensibilidade E → Especificidade

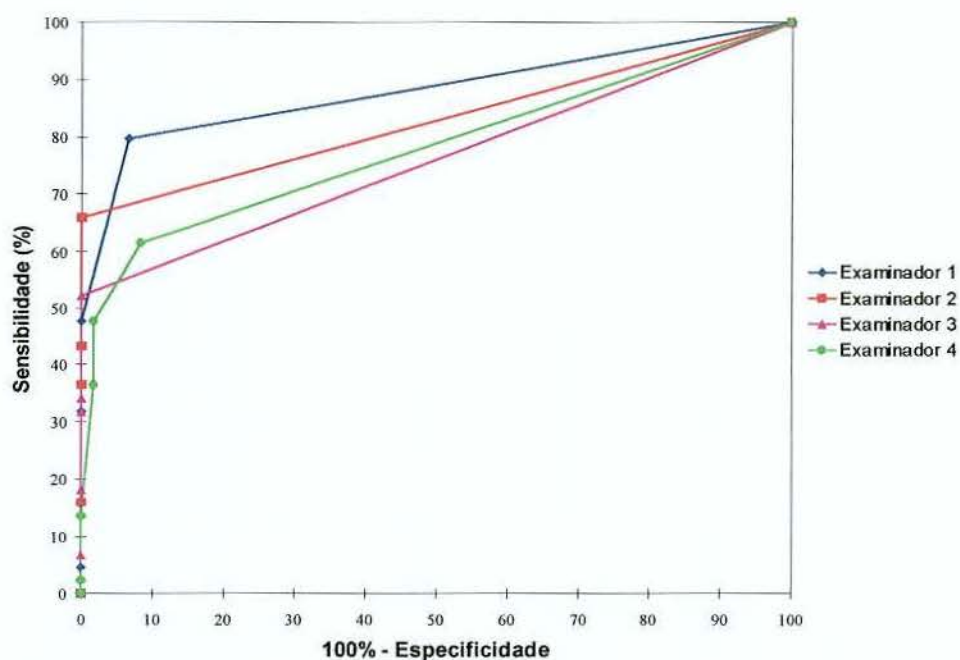


FIGURA 14 – Representação gráfica da curva ROC comparando os quatro examinadores em relação à imagem digital Sidexis.

Tabela 7 - Caracterização dos dados relativos à curva ROC comparando os quatro examinadores em relação à imagem digital Sidexis.

Escore	Examinador							
	1		2		3		4	
	S	E	S	E	S	E	S	E
= 0	79,6	93,3	65,9	100,0	52,3	100,0	61,4	91,7
≤ 1	47,7	100,0	43,2	100,0	34,1	100,0	47,7	98,3
≤ 2	31,8	100,0	36,4	100,0	31,8	100,0	36,4	98,3
≤ 3	15,9	100,0	15,9	100,0	18,2	100,0	13,6	100,0
≤ 4	4,6	100,0	0,0	0,0	6,8	0,0	2,7	100,0

Nota: Resultado do histológico: Escore = 0 → Dente Sadio Escore > 0 → Dente Doente
Os resultados na tabela estão apresentados em valores percentuais (%)

Legenda: S → Sensibilidade E → Especificidade

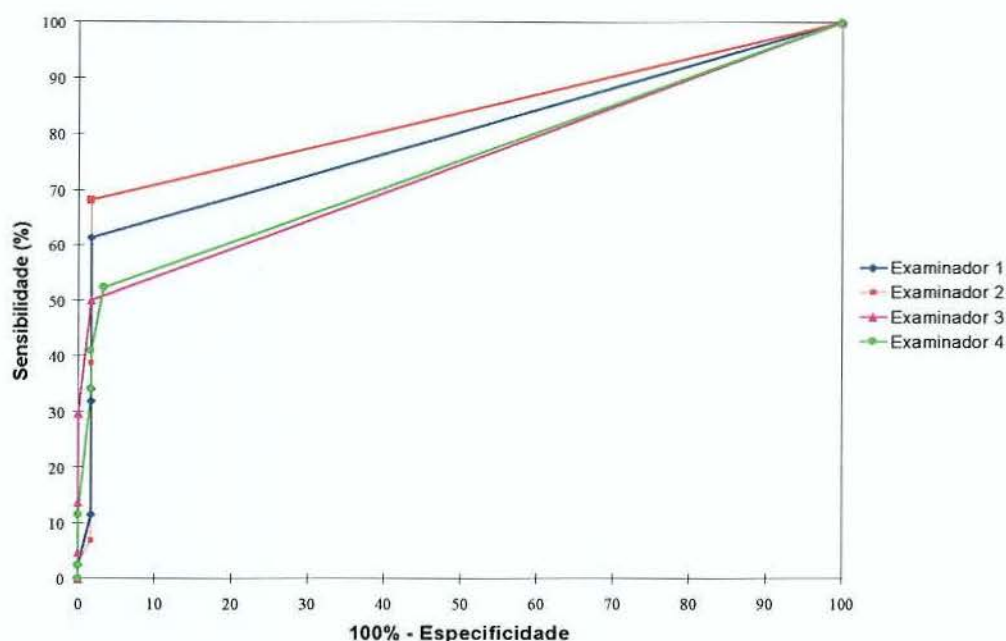


FIGURA 15 – Representação gráfica da curva ROC comparando os quatro examinadores em relação à imagem digital Sidexis Modificado.

Tabela 8 - Caracterização dos dados relativos à curva ROC comparando os quatro examinadores em relação à imagem digital do Sidexis Modificado.

Escore	Examinador							
	1		2		3		4	
	S	E	S	E	S	E	S	E
= 0	61,4	98,3	68,2	98,3	50,0	98,3	52,3	96,7
≤ 1	34,1	98,3	38,4	98,3	29,6	100,0	40,9	98,3
≤ 2	31,8	98,3	34,1	98,3	29,6	100,0	34,1	98,3
≤ 3	11,4	98,3	6,8	98,3	13,6	100,0	11,4	100,0
≤ 4	2,3	100,0	2,3	100,0	4,6	100,0	2,3	100,0

Nota: Resultado do histológico: Escore = 0 → Dente Sadio Escore > 0 → Dente Doente
Os resultados na tabela estão apresentados em valores percentuais (%)
Legenda: S → Sensibilidade E → Especificidade

A Tabela 9, representa os valores calculados à partir da área abaixo da curva ROC. As imagens obtidas com os filmes radiográficos apresentaram maior acurácia quando comparadas às imagens digitais. Verifica-se também, que a imagem digital com modificação do brilho e contraste mostrou ser a menos acurada para detecção de cáries proximais.

Tabela 9 – Áreas da curva ROC para cada imagem radiográfica e digital obtidas pela análise de cada examinador.

Imagens	Examinador 1	Examinador 2	Examinador 3	Examinador 4
Ektaspeed Plus	0,9545	0,9318	0,7841	0,7902
Insight	0,9470	0,9210	0,7568	0,7985
Sidexis	0,8803	0,8295	0,7727	0,7811
Sidexis Modificado	0,7943	0,8275	0,7441	0,7366

Já as Figuras de 16 a 19 e as Tabelas de 10 a 13 comparam os quatro tipos de imagens estudadas em relação a cada um dos examinadores. E, os resultados mostram que as imagens obtidas com os filmes INSIGHT e Ektaspeed Plus alcançaram os melhores níveis de fidedignidade, principalmente em relação aos examinadores 1 e 2. Já no que tange aos examinadores 3 e 4, observa-se que os níveis de fidedignidade mostrado entre os quatro tipos de imagens foram muito semelhantes e com níveis bem abaixo daqueles atingidos pelos examinadores 1 e 2.

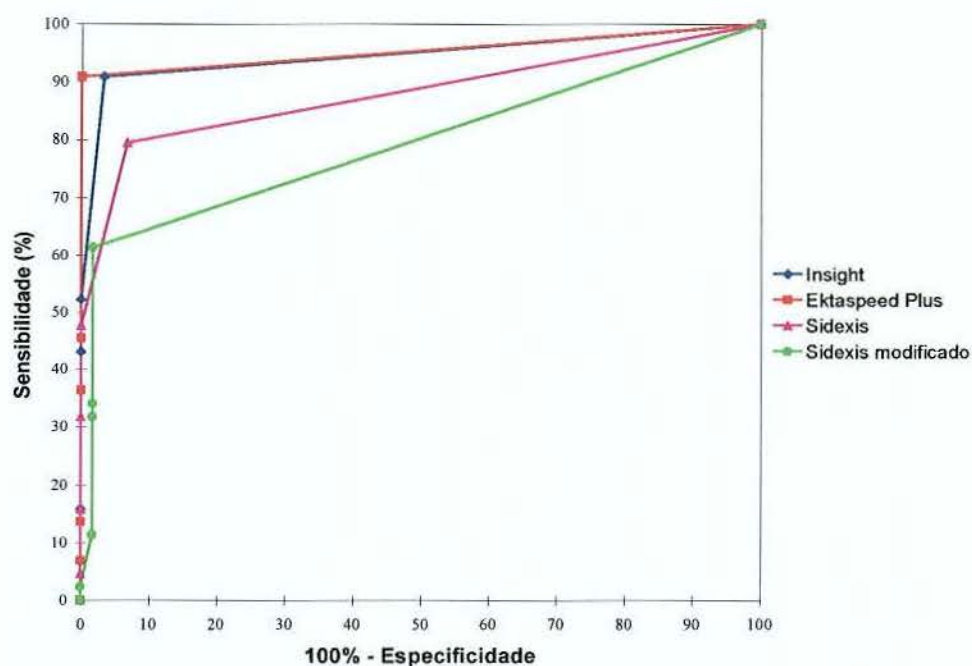


FIGURA 16 – Representação gráfica da curva ROC comparando os quatro tipos de imagem em relação ao examinador 1.

Tabela 10 - Caracterização dos dados relativos à curva ROC comparando os quatro tipos de imagem em relação ao examinador 1.

Escore	Tipos de imagem							
	INSIGHT		Ektaspeed Plus		Sidexis		Sidexis modificado	
	S	E	S	E	S	E	S	E
= 0	90,9	96,7	90,9	100,0	79,6	93,3	61,4	98,3
≤ 1	52,3	100,0	45,6	100,0	47,7	100,0	34,1	98,3
≤ 2	43,2	100,0	36,4	100,0	31,8	100,0	31,8	98,3
≤ 3	15,9	100,0	13,6	100,0	15,9	100,0	11,4	98,3
≤ 4	6,8	100,0	6,8	100,0	4,6	100,0	2,3	100,0

Nota: Resultado do histológico: Escore = 0 → Dente Sadio Escore > 0 → Dente Doente
Os resultados na tabela estão apresentados em valores percentuais (%)
Legenda: S → Sensibilidade E → Especificidade

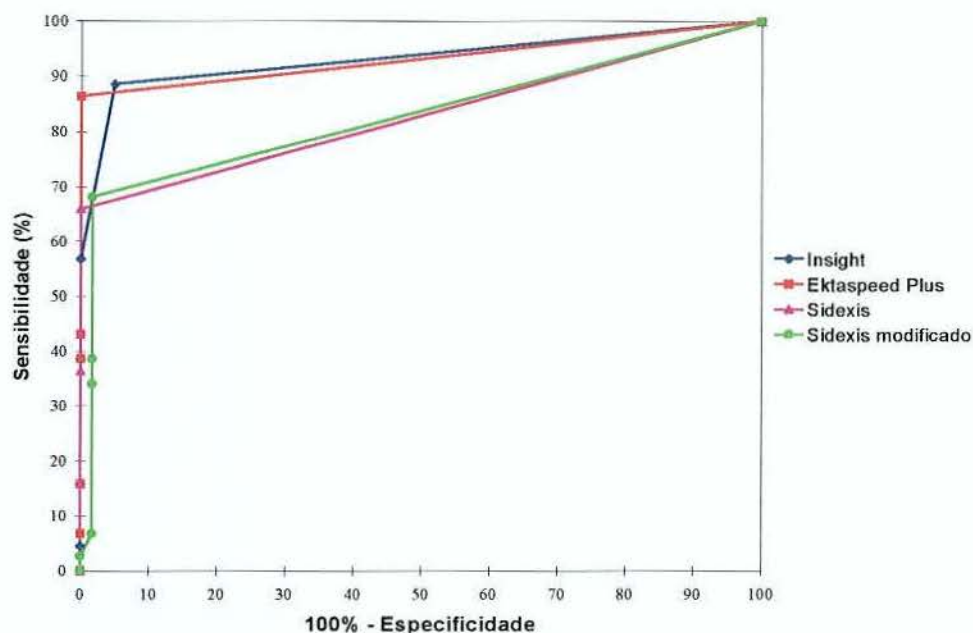


FIGURA 17 – Representação gráfica da curva ROC comparando os quatro tipos de imagem em relação ao examinador 2.

Tabela 11 - Caracterização dos dados relativos à curva ROC comparando os quatro tipos de imagem em relação ao examinador 2.

Escore	Tipos de imagem							
	INSIGHT		Ektaspeed Plus		Sidexis		Sidexis modificado	
	S	E	S	E	S	E	S	E
= 0	88,6	95,0	86,4	100,0	65,9	100,0	68,2	98,3
≤ 1	56,8	100,0	43,2	100,0	43,2	100,0	38,4	98,3
≤ 2	38,6	100,0	38,6	100,0	36,4	100,0	34,1	98,3
≤ 3	15,9	100,0	15,9	100,0	15,9	100,0	6,8	98,3
≤ 4	4,6	100,0	6,8	100,0	0,0	0,0	2,3	100,0

Nota: Resultado do histológico: Escore = 0 → Dente Sadio Escore > 0 → Dente Doente
Os resultados na tabela estão apresentados em valores percentuais (%)

Legenda: S → Sensibilidade E → Especificidade

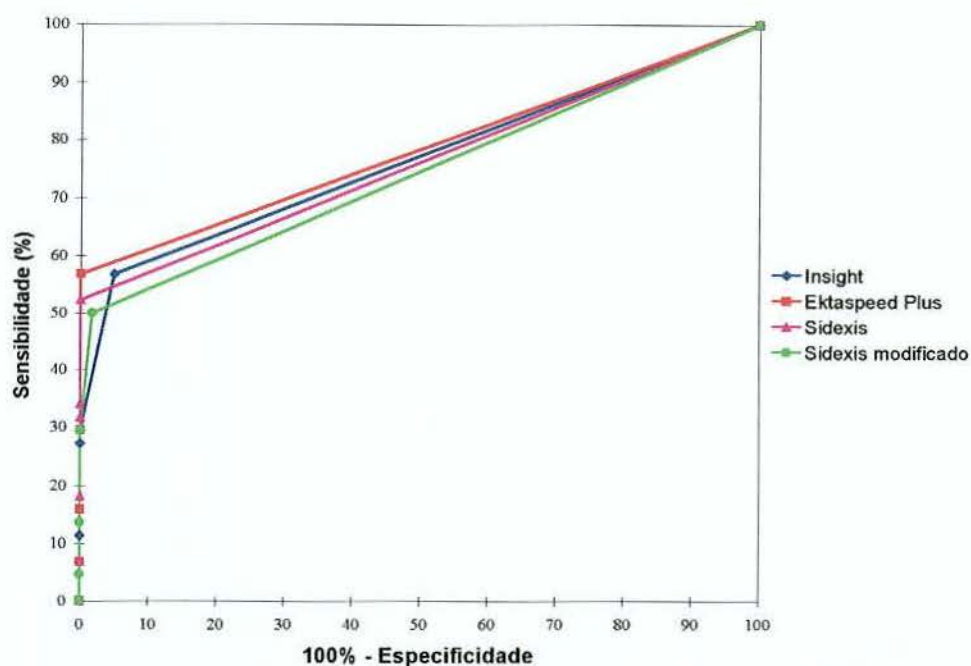


FIGURA 18 – Representação gráfica da curva ROC comparando os quatro tipos de imagem em relação ao examinador 3.

Tabela 12 - Caracterização dos dados relativos à curva ROC comparando os quatro tipos imagem em relação ao examinador 3.

Escore	Tipos de imagem							
	INSIGHT		Ektaspeed Plus		Sidexis		Sidexis modificado	
	S	E	S	E	S	E	S	E
= 0	56,8	95,0	56,8	100,0	52,3	100,0	50,0	98,3
≤ 1	29,6	100,0	29,6	100,0	34,1	100,0	29,6	100,0
≤ 2	27,3	100,0	29,6	100,0	31,8	100,0	29,6	100,0
≤ 3	11,4	100,0	15,9	100,0	18,2	100,0	13,6	100,0
≤ 4	6,8	100,0	6,8	100,0	6,8	0,0	4,6	100,0

Nota: Resultado do histológico: Escore = 0 → Dente Sadio Escore > 0 → Dente Doente
Os resultados na tabela estão apresentados em valores percentuais (%)

Legenda: S → Sensibilidade E → Especificidade

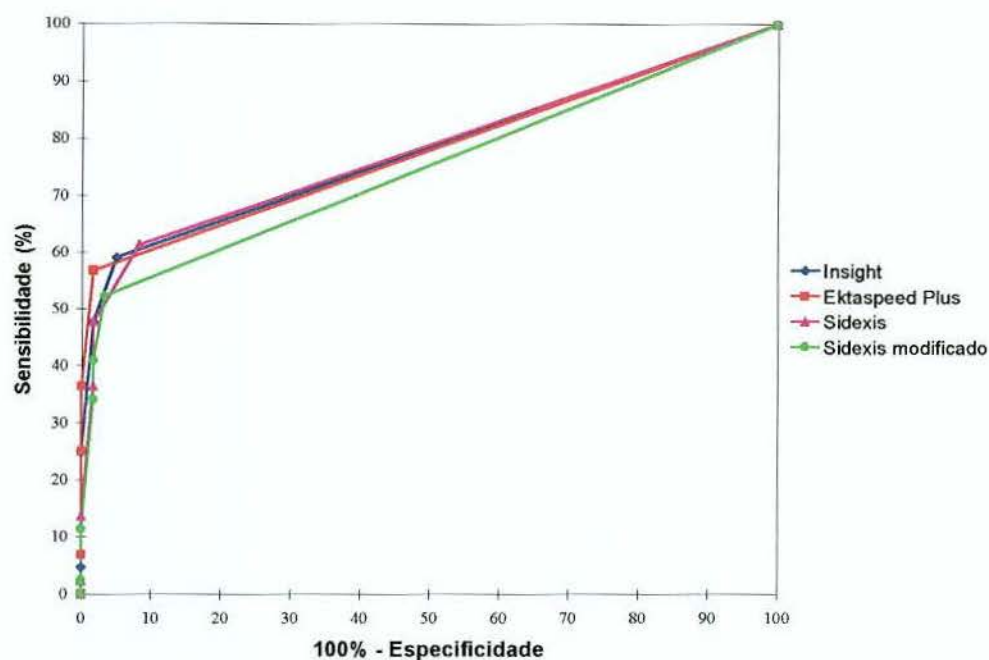


FIGURA 19 – Representação gráfica da curva ROC comparando os quatro tipos de imagem em relação ao examinador 4.

Tabela 13 - Caracterização dos dados relativos à curva ROC comparando os quatro tipos de imagem em relação ao examinador 4.

Escore	Tipos de imagem							
	INSIGHT		Ektaspeed Plus		Sidexis		Sidexis modificado	
	S	E	S	E	S	E	S	E
	S	E	S	E	S	E	S	E
= 0	59,1	95,0	56,8	98,3	61,4	91,7	52,3	96,7
≤ 1	47,7	98,3	36,4	100,0	47,7	98,3	40,9	98,3
≤ 2	25,0	100,0	25,0	100,0	36,4	98,3	34,1	98,3
≤ 3	4,6	100,0	6,8	100,0	13,6	100,0	11,4	100,0
≤ 4	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	100,0	2,3	100,0

Nota: Resultado do histológico: Escore = 0 → Dente Sadio Escore > 0 → Dente Doente
Os resultados na tabela estão apresentados em valores percentuais (%)

Legenda: S → Sensibilidade E → Especificidade

Tabela 14 – Comparação entre as áreas da curva ROC para cada duas imagens radiográfica ou digital obtidas pela análise de cada examinador.

Imagens	Examinador 1	Examinador 2	Examinador 3	Examinador 4
Ekta X INS	0,4185	0,4042	0,3508	0,4518
Ekta X S	0,0544	0,0320*	0,4363	0,4480
Ekta X SM	0,0018*	0,0296*	0,2898	0,2281
INS X S	0,0770	0,0506	0,4123	0,4005
INS X SM	0,0030*	0,0467*	0,4311	0,1935
S X SM	0,0830	0,4871	0,3471	0,2687

Nota: *Valores estatisticamente significantes com $P < 0,05$

Legenda: Ekta – Ektaspeed Plus

INS – INSIGHT

S – Sidexis

SM – Sidexis Modificado

Segundo a Tabela 14, os examinadores 1 e 2 interpretaram com maior acurácia as imagens radiográficas comparadas às imagens digitais com modificação do brilho e contraste, apresentando diferenças estatisticamente significantes ($P < 0,05$). E somente o examinador 2 obteve resultados superiores significantes na interpretação das imagens obtidas com o filme Ektaspeed Plus em relação à imagem digital.

6 DISCUSSÃO

O exame radiográfico interproximal é, sem dúvida, primordial na detecção de cáries proximais. Em estudos *in vitro* é possível que se realizem técnicas invasivas na procura da real profundidade da lesão de cárie. O exame que melhor apresentar essa profundidade é que será designado como padrão ouro.

Os estudos laboratoriais necessitam da utilização de um verdadeiro padrão ouro para que os resultados possam ser transferidos para situações clínicas, de acordo com Hintze et al.²¹ (1996) e Wenzel & Hintze⁶⁰ (1999).

Segundo Wenzel & Hintze⁶⁰ (1999), o padrão ouro não pode ser selecionado entre o melhor ou pior observador, devido à variabilidade na interpretação radiográfica. Sendo assim, o verdadeiro padrão ouro é estabelecido pelo exame das superfícies por meio do estereomicroscópio, que determina o verdadeiro estado da doença. Hintze et al.²³ (1995) verificaram que a estereomicroscopia mostrou ser o mais verdadeiro método de validação na detecção de cáries.

No presente trabalho, o padrão ouro foi estabelecido pelo exame histológico das superfícies proximais dos dentes radiografados. Com a utilização desse exame como parâmetro foi possível verificar a concordância interobservadores e avaliar quais das imagens, radiográficas convencionais ou digitais, apresentou melhor precisão no diagnóstico da cárie interproximal.

A concordância interobservadores mostra quais observadores estão examinando de igual forma, e também se os quatro tipos de imagens são interpretadas da mesma maneira.

A radiografia convencional apresentou valores de concordância interobservadores variando de excelente (0,802) à boa (0,693). Na radiografia digital variou de excelente (0,775) à razoável (0,589). Esses valores mostram que há subjetividade na interpretação das imagens podendo ser oriunda do critério de classificação. Os códigos utilizados para determinar a profundidade de cárie permitem que observadores distintos interpretem a mesma imagem e avaliem emitindo diferentes notas.

Haugejorden & Slack¹⁶ (1975) estudaram códigos para descrição da profundidade de cárie minimizando erros intraobservadores e concluíram que os escores utilizados no presente trabalho são adequados em estudos radiográficos de progressão de cárie.

A subjetividade dos resultados pode advir da experiência dos observadores. Stookey et al.³⁷ (2000) relatam como limitação da interpretação radiográfica o alto grau de variabilidade intra e interobservadores. Dunn & Kantor¹¹ (1993) citam a interpretação radiográfica como uma atividade de alto nível cognitivo baseado no conhecimento e experiência do examinador. Essa observação explica a variabilidade de concordância entre os examinadores 1, 2, 3 e 4. Os observadores 1 e 2 interpretam com maior frequência radiografias periapicais e interproximais na pesquisa de imagens radiolúcidas compatíveis com cáries. Já os observadores 3 e 4 interpretam com maior frequência radiografias panorâmicas na procura de alterações do complexo maxilomandibular. Essas características podem explicar os níveis de concordância serem maiores para os observadores 1 e 2. Apesar do treinamento dos examinadores, a experiência adquirida diariamente pode ter influenciado nos valores da concordância interobservador, sendo também observado no trabalho de Uprichard et al.⁴² (2000). Ou, como descrito no trabalho de Tosoni³⁹ (1998), a explicação de tal variação pode estar na psicofísica, que estuda as relações funcionais entre a mente e os fenômenos físicos.

A análise das concordâncias permitiu verificar maior concordância interobservadores na interpretação das imagens provenientes do sistema de imagem digital direta com manipulação do brilho e contraste. Discordando dos trabalhos de Duncan et al.¹⁰ (1995), Abreu Junior et al.¹ (1999), que verificaram maior concordância interobservadores na interpretação das imagens radiográficas comparadas à imagem digital. Porém a existência de concordância, nesse caso, não revela qual imagem é melhor. A alta concordância interobservadores indica que em determinado método, os observadores interpretam as imagens de igual forma.

Ao comparar a qualidade para diagnóstico das imagens obtidas com os filmes radiográficos Ektaspeed Plus e INSIGHT, foi observado que não há diferenças significativas, semelhantemente aos resultados encontrados em estudos comparando filmes Ultraspeed e Ektaspeed Plus (Hintze et al.²², 1994; Hintze et al.²¹, 1996; Ricketts et al.³³, 1997).

Vários autores compararam a imagem radiográfica convencional à imagem digital não encontrando diferenças na mensuração das imagens (Velders et al.⁴⁶, 1996; Versteeg et al.⁴⁸, 1997) e verificando semelhante desempenho no diagnóstico de cáries (Dove et al.⁹, 1992; Wenzel⁵², 1993; Wenzel et al.⁶⁴, 1993; Wenzel⁵⁵, 1998; Hintze et al.²⁴, 1994; Wenzel et al.⁶⁵, 1995; Moystad et al.²⁸, 1996; White & Yoon⁶⁶, 1997; Tyndall et al.⁴¹, 1998; Tosoni³⁹, 1998).

A validade do diagnóstico radiográfico é expressa pela sensibilidade, que é a capacidade de determinar a presença da doença, e pela especificidade, que é a capacidade de determinar a ausência da doença, ambas comprovadas pelo padrão ouro. Exames com altos valores de sensibilidade são considerados bons, porém se não estiverem acompanhados de baixa especificidade. Valores baixos de especificidade indicam a alta ocorrência de falso-positivos, isto é, observação de cárie em superfície hígida.

Wenzel⁵⁴ (1995) menciona que o cálculo da área da curva ROC é o meio mais fácil de comparar métodos de diagnóstico de cárie. Tal curva relaciona os valores verdadeiro-positivos com os falso-positivos. O valor da área abaixo da curva ROC expressa a acurácia do método diagnóstico.

Ao comparar as áreas de várias interpretações radiográficas é possível tirar a diferença desses valores e avaliar se as imagens são estatisticamente diferentes, com 95% de confiabilidade.

Os resultados obtidos neste trabalho variaram conforme o observador. A diferença das áreas abaixo da curva ROC resultaram em diferenças estatisticamente significantes apenas para os examinadores 1 e 2. Sendo assim, para tais foi observada superioridade significativa das imagens radiográficas convencionais sobre as digitais com modificação do brilho e do contraste. E somente para o examinador 2 houve diferença significativa, mostrando inferioridade da imagem digital em relação à imagem obtida com o filme Ektaspeed Plus.

No presente trabalho a interpretação da imagem digital apresentou menor sensibilidade que da imagem radiográfica convencional, mas apresentando qualidade para diagnóstico semelhante, para a maioria dos observadores, assim como nos trabalhos de Russel & Pitts³⁴, 1993 e Van der Stelt⁴³, 1995. E vindo de encontro aos trabalhos de Price & Ergül³² (1997) e Uprichard et al.⁴² (2000) que encontraram diferenças significantes de superioridade do filme em relação à imagem digital.

A radiografia digital foi obtida com o tempo de exposição recomendado pelo manual do aparelho, havendo redução de 50% no tempo utilizado para as radiografias convencionais. Segundo Borg & Grondahl⁶ (1996), a dose de exposição para obtenção da imagem digital direta deve em princípio ser reduzida, pois requer 10% a 50% da dose necessária para criar uma imagem de qualidade aceitável no filme Ektaspeed Plus. Trabalhos mostram que a utilização de um tempo de

exposição muito baixo proporciona maior ruído às imagens(Wenzel⁵³, 1994; Svanaes et al.³⁸ 1996; White et al.⁶⁷ 1999).

O ruído é uma interferência que dá à imagem digital um aspecto mosqueado, presença de pontos claros e escuros, que dificultam a observação de detalhes. Pode ser ocasionado durante a exposição quando diferentes intensidades de raios X são absorvidas na superfície da placa de imagem. O ruído pode também pode ser eletrônico quando provocado durante a captura de imagem, isto é, durante a conversão do sinal analógico em digital pelo sistema. Na imagem digital, quanto menor for o tamanho do pixel, maior será o ruído relativo ao sinal eletrônico (Svanaes et al.³⁸, 1996).

Van der Stelt⁴⁴ (2000) relata que o tamanho do pixel deve ser pequeno para que seja captado pelo olho humano, proporcionando uma interpretação da imagem como sendo mais homogênea.

Na conversão da imagem analógica para digital ocorre perda de informação. A imagem analógica mostra o real delineamento da imagem, que ao ser convertida em digital passa a apresentar um padrão xadrez, causado pela forma quadrada ou retangular do pixel individual. Essa perda é real na teoria, mas na prática a informação essencial é preservada na imagem (Van der Stelt⁴⁴, 2000).

Heaven et al.¹⁷ (1994), Duncan et al.¹⁰ (1995) e Firestone et al.¹² (1998) observaram que na interpretação de imagens por meio de vídeo ocorre um aumento da sensibilidade e redução na especificidade, porém sem diminuir significativamente a acurácia na detecção de cárie.

No presente trabalho também ocorreu aumento da sensibilidade em detrimento da especificidade. O examinador 1 obteve sensibilidade de 79,6%, porém com especificidade de 93,3%. Já o examinador 2 teve uma sensibilidade 65,9%, mas com 100% de especificidade na observação de imagens digitais. Wenzel⁶⁴ et al. (1993) relatam que a utilização de um aparelho digital com alta sensibilidade

acarretaria no aparecimento de falso-positivos. Isso indica que pacientes com baixo risco de cárie receberiam tratamentos desnecessários.

Esse problema pode ser contornado pelos examinadores, pois a verificação de uma lesão de cárie incipiente não implica que o dente deva ser restaurado, mas acompanhado até o novo exame após 6 meses. Sendo assim, o CCD poderá ser sensível sem que haja modificação da conduta a ser empregada.

Ao comparar a imagem digital com melhora do brilho e do contraste em relação ao filmes convencionais pode-se verificar que houve diferenças significativas, segundo dois dos observadores. Tyndall et al.⁴¹ (1998) também observaram que a modificação do brilho e contraste feita por cada observador, provocou detrimento da imagem quando comparado com radiografias convencionais e imagem digital direta. A explicação está na falta de domínio na manipulação das imagens não utilizando o programa no seu total potencial. Wenzel⁵⁴ (1995) em suas investigações aventou que o realce da imagem usado incorretamente pode reduzir a precisão no diagnóstico radiográfico.

Mas trabalhos como os de Wenzel et al.⁶³ (1991), Gotfredsen et al.¹⁴ (1996), Moystad et al.²⁸ (1996) e Shrout et al.³⁶ (1996) observaram melhores resultados na interpretação das imagens digitais com modificação do brilho e contraste, contrario ao trabalho que teve diminuição da sensibilidade em relação a imagem digital sem modificação do brilho e contraste.

Atualmente estão sendo lançados no mercado sistemas digitais diretos possuindo programas com grande número de ferramentas, que auxiliam no aprimoramento da imagem. Mas, para que o programa seja utilizado no seu potencial máximo é preciso que o cirurgião dentista esteja habituado com a sua utilização.

A introdução da informática nos consultórios fez aumentar a procura de programas que auxiliem no diagnóstico, e o sistema digital

direto deve futuramente ser incluído na lista de aquisições do cirurgião dentista.

O real obstáculo que impede a compra desses sistemas é o alto custo. No artigo de Miles et al.²⁷ (1999) são discutidas as razões pelas quais esses sistemas devem ser utilizados e relacionam uma tabela de gastos com o sistema radiográfico convencional e os gastos com o sistema digital direto, sendo possível verificar que em um ano o sistema digital acaba custando menos que manter o método convencional.

Diante dos resultados discutidos neste trabalho, é possível que o sistema digital direto seja utilizado em controles periódicos de pesquisa de cárie, mesmo que não apresente a mesma qualidade dos filmes radiográficos.

7 CONCLUSÕES

Dentro dos parâmetros em que foi realizada esta pesquisa, pode-se concluir que:

- a) o filme Ektaspeed Plus proporcionou melhor interpretação das imagens comparadas ao filme INSIGHT, sem diferenças estatisticamente significantes;
- b) os filmes radiográficos apresentaram imagens com qualidades superiores em relação à radiografia digital direta;
- c) a radiografia digital direta apresentou melhores imagens comparadas à radiografia digital direta com modificação do brilho e contraste, sem diferenças estatisticamente significantes;
- d) os filmes radiográficos apresentaram imagens com qualidades superiores em relação à radiografia digital direta com modificação do brilho e contraste.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

- 1 ABREU JUNIOR, M. et al. Two- and three-dimensional imaging modalities for the detection of caries. A comparison between film, digital radiography and turned aperture computed tomography (TACT™). **Dentomaxillofac Radiol**, v. 28, n.3, p. 152-7, May 1999.
- 2 ALVARES, L.C.; TAVANO, O.; FREITAS, J.A.S. Estudo comparativo entre alguns materiais substitutos para o tecido mole, no que concerne à absorção de raios X e emissão de radiação secundária. **Estomat Cult**, v.3, n.2, p.153-66, Jul./Dez. 1969.
- 3 ARNOLD, L.V. The radiographic detection of initial carious lesions on the proximal surfaces of teeth. Part I. The influence of exposure conditions. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v.64, n.2, p. 221-31, Aug. 1987.
- 4 ARNOLD, L.V. The radiographic detection of initial carious lesions on the proximal surfaces of teeth. Part II. The influence of viewing conditions. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol**, v.64, n.2, p. 232-40, Aug. 1987.
- 5 BENN, D.K. Radiographic caries diagnosis and monitoring. **Dentomaxillofac Radiol**, v.23, n.2, p.69-72, May 1994.

*Baseada em:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. **Referências bibliográficas. NBR 6023**. Rio de Janeiro, 2000. 22p.

- 6 BORG, E.; GRÖNDAHL, H-G. On the dynamic range of different X-ray photon detectors in intra-oral radiography. A comparison of image quality in film, charge coupled device and storage phosphor systems. **Dentomaxillofac Radiol**, v. 25, n. 2, p.82-8, Apr. 1996.
- 7 CLASEN, N.F.; AUN, C.E. Radiografia digital direta: análise dos principais sistemas e recursos. **Rev Odontol UNICID**, v.10, n.2, p.109-20, Jul./Dez. 1998.
- 8 DAGENAIS, M.E.; CLARK, B.G. Receiver operating characteristics of RadioVisioGraphy. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v.79, n.2, p.238-45, Feb. 1995.
- 9 DOVE, S.B.; McDAVID, W.D. A comparison of conventional intra-oral radiography and computer imaging techniques for the detection of proximal surface dental caries. **Dentomaxillofac Radiol**, v. 21, n.3, p.127-34, Aug. 1992.
- 10 DUNCAN, R.C. et al. Using computers to diagnose and plan treatment of approximal caries detected in radiographs. **J Am Dent Assoc**, v.126, n.7, p.873-81, July 1995.
- 11 DUNN, S.M.; KANTOR, M.L. Digital radiology facts and fictions. **J Am Dent Assoc**, v.124, n.12, p.39-47, Dec. 1993.
- 12 FIRESTONE, A.R. et al. The effect of a knowledge-based, image analysis and clinical decision support system on observer performance in the diagnosis of approximal caries from radiographic images. **Caries Res**, v.32, n.2, p.127-34, Feb. 1998.

- 13 FORNER, L. et al. Digital radiology and image analysis for approximal caries diagnosis. **Oper Dent**, v. 24, n.1, p. 312-5, Jan./Feb. 1999.
- 14 GOTFREDSEN, E.; WENZEL, A.; GRÖNDAHL, H.-G. Observers' use of image enhancement in assessing caries in radiographs taken by four intra-oral digital systems. **Dentomaxillofac Radiol**, v.25, n.1, p.34-8, Jan. 1996.
- 15 GRÖNDAHL, H-G. et al. An image plate system for digital intra-oral radiography. **Dent Update**, v.23, p.334-7, Oct. 1996.
- 16 HAUGEJORDEN, O.; SLACK, G.L. A study of intra-examiner error associated with recording of radiographic caries at different diagnostic levels. **Acta Odont Scand**, v.33, n.4, p.169-81, July. 1975.
- 17 HEAVEN, T.J.; WEEMS, R.A.; FIRESTONE, A.R. The use of a computer-based image analysis program for the diagnosis of approximal caries from bitewing radiographs. **Caries Res**, v. 28, n.1, p.55-8, Jan. 1994.
- 18 HEDRICK, R.T. et al. Radiographic determination of canal length: direct digital radiography *versus* conventional radiography. **J Endod**, v.20, n.7, p.320-6, July 1994.
- 19 HINTZE, H. Screening with conventional and digital bite-wing radiography compared to clinical examination alone for caries detection in low-risk children. **Caries Res**, v.27, n.6, p.499-504, Nov. 1993.

- 20 HINTZE, H.; WENZEL, A. Clinical and laboratory radiographic caries diagnosis. A study of the same teeth. **Dentomaxillofac Radiol**, v. 25, n.3, p.115-8, June 1996.
- 21 HINTZE, H.; CHRISTOFFERSEN, L; WENZEL, A. In vitro comparison of Kodak Ultra-speed, Ektaspeed, Ektaspeed Plus, and Agfa M2 Comfort dental x-ray films for the detection caries. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 81,n. 2, p.240-4, Feb. 1996.
- 22 HINTZE, H.; WENZEL, A.; JONES, C. *In vitro* comparison of D- and E- Speed film radiography, RVG, and Visualix digital radiography for the detection of enamel approximal and dentinal occlusal caries lesions. **Caries Res**, v. 28, n.5, p.363-7, Sept.1994.
- 23 HINTZE, H.; WENZEL, A.; LARSEN, M. J. Stereomicroscopy, film radiography, microradiography and naked-eye inspection of tooth sections as validation for occlusal caries diagnosis. **Caries Res**, v. 29, n.5, p.359-63, Sept. 1995.
- 24 HORNER, K. et al. Radiovisiography: an initial evaluation. **Br Dent J**, v. 168, n.6, p.244-8, Mar. 1990.
- 25 KANG, B-C. et al. Observer differentiation of proximal enamel mechanical defects versus natural proximal dental caries with Computed Dental Radiography. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 82, n.4, p.459-65, Oct. 1996.
- 26 KIDD, E.A.M.; PITTS, N.B. A reappraisal of the value of the bitewing radiograph in the diagnosis of posterior approximal caries. **Br Dent J**, v. 169, n.7, p.195-200, Oct. 1990.

- 27 MILES, D.A.; LANGLAIS, R.P.; PARKS, E.T. Digital x-rays are here; why aren't you using them? **J Cal Dent Assoc**, v.27, n. 12, p.926-34, Dec. 1999.
- 28 MOYSTAD, A. et al. Detection of approximal caries with a storage phosphor system. A comparison of enhanced digital images with dental X-ray film. **Dentomaxillofac Radiol**, v.25, n.4, p.202-6, Sept. 1996.
- 29 NAITOH, M. et al. Observer agreement in the detection of proximal caries with direct digital intraoral radiography. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 85, n.1, p.107-12, Jan. 1998.
- 30 PAURAZAS, S.B. et al. Comparison of diagnostic accuracy of digital imaging by using CCD and CMOS-APS sensors with E-speed film in the detection of periapical bony lesions. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v.89, n.3, p.356-62, Mar. 2000.
- 31 PINE, C.M.; BOSCH, J.J. Dynamics of and diagnostic methods for detecting small carious lesions. **Caries Res**, v. 30, n.6, p.381-8, Nov. 1996.
- 32 PRICE, C.; ERGUL, N. A comparison of a film-based and a direct digital dental radiographic system using a proximal caries model. **Dentomaxillofac Radiol**, v.26, n.1, p.45-52, Jan. 1997.
- 33 RICKETTS, D.N.J. et al. An evaluation of diagnostic yield from bitewing radiographs of small approximal and occlusal carious lesions in a low prevalence sample in vitro using different film types and speeds. **Br Dent J**, v. 182, n.2, p.51-8, Jan. 1997.

- 34 RUSSELL, M.; PITTS, N.B. Radiovisiographic diagnosis of dental caries: initial comparison of basic mode videoprints with bitewing radiography. **Caries Res**, v. 27, n.1, p.65-70, Jan. 1993.
- 35 SANDERINK, G.C.H.; MILES, D.A. Intraoral detectors. **Dent Clin North Am**, v. 44, n. 2, p.249-55, Apr. 2000.
- 36 SHROUT, M.K. et al. Digital enhancement of radiographs: can it improve caries diagnosis? **J Am Dent Assoc**, v.127, p.469-73, Apr. 1996.
- 37 STOOKEY, G.K. et al. Dental caries diagnosis. **Dent Clin North Am**, v. 43, n. 4, p.319-38, Oct. 2000.
- 38 SVANAES, D. B. et al. Intraoral storage phosphor radiography for approximal caries detection and effect of image magnification. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 82, n. 1 p.94-100, July 1996.
- 39 TOSONI, G.M. **Qualidade diagnóstica das imagens radiográficas convencional e digital da cárie dentária**. 1998. 175p. Tese (Doutorado em Radiologia, Área de Concentração em Radiologia Odontológica) - Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo.
- 40 TYNDALL, D.A. et al. TACT imaging of primary caries. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v.84, n.2, p.214-25, Aug. 1997.

- 41 TYNDALL, D.A. et al. A comparison of Kodak Ektaspeed Plus film and the Siemens Sidexis digital imaging system for caries detection using receiver operating characteristic analysis. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 85, n.1, p.113-8, Jan. 1998.
- 42 UPRICHARD, K.K. et al. Comparison of direct digital and conventional radiography for the detection of proximal surface caries in the mixed dentition. **Pediatric Dent** v.22, n.1, p. 9-15, Jan. 2000.
- 43 VAN DER STELT, P.F. Digital radiology: deficiencies, failures and other adventures. **Dentomaxillofac Radiol**, v.24, n. 2, p.67-8, May 1995.
- 44 VAN DER STELT, P.F. Principles of digital imaging. **Dent Clin North Am**, v. 44, n. 2, p.319-38, Apr. 2000.
- 45 VANDRE, R.H.; WEBBER, R.L. Future trends in dental radiology. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 80, n.4, p.471-8, Oct. 1995.
- 46 VELDERS, X.L. et al. Dose reduction of two digital sensor systems measuring file lengths. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 81, n.5, p.527-39, May 1995.
- 47 VERDONSCHOT, E.H. et al. Effects of digital gray-scale modification on the diagnosis of small approximal carious lesions. **J Dent**, v.20, n.1, p.44-9, Feb. 1992.
- 48 VERSTEEG, C.H.; SANDERINK, G.C.H.; VAN DER STELT, P.F. Efficacy of digital intra-oral radiography in clinical dentistry. **J Dent** v.25, n.3/4, p.215-224, May/July 1997.

- 49 VERSTEEG, C.H. et al. Estimating distances on direct digital images and conventional radiographs. **J Am Dent Assoc**, v.128, p.439-43, Apr. 1997.
- 50 VERSTEEG, C.H. et al. An evaluation of periapical radiography with a charge-coupled device. **Dentomaxillofac Radiol**, v.27, n.2, p.97-101, Mar. 1998.
- 51 WATANABE, P.C.A. et al. Estudo atual da arte da imagem digital em Odontologia. **Rev Assoc Paul Cir Dent**, v. 53, n. 4, p.320-25, July /Ago. 1999.
- 52 WENZEL, A. Computer-aided image manipulation of intraoral radiographs to enhance diagnosis in dental practice: a review. **Int Dent J**, v. 43, n.2, p.99-108, Apr. 1993.
- 53 WENZEL, A. Sensor noise in direct digital imaging (the RadioVisioGraphy, Sens-a-Ray, and Visualix/Vixa systems) evaluated by subtraction radiography. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 77, n.1, p.527-39, Jan. 1994.
- 54 WENZEL, A. Current trends in radiographic caries imaging. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 80, n.5, p.527-39, Nov. 1995.
- 55 WENZEL, A. Digital radiography and caries diagnosis. **Dentomaxillofac Radiol**, v. 27, n.1, p.3-11, Jan. 1998.
- 56 WENZEL, A. Digital imaging for dental caries. **Dent Clin North Am**, v. 44, n. 2, p.319-38, Apr. 2000.

- 57 WENZEL, A.; FEJERSKOV, O. Validity of diagnosis of questionable caries lesions in occlusal surfaces of extracted third molars. **Caries Res**, v. 26, n.3, p.188-94, May/June 1992.
- 58 WENZEL, A.; GRÖNDAHL, H-G. Direct digital radiography in the dental office. **Int Dent J**, v. 45, n.1, p.27-34, Feb. 1995.
- 59 WENZEL, A.; HINTZE, H. Perception of image quality in direct digital radiography after application of various image treatment filters for direct ability of dental disease. **Dentomaxillofac Radiol**, v. 22, n.3, p.131-4, Aug. 1993.
- 60 WENZEL, A.; HINTZE, H. Comparison of microscopy and radiography as gold standards in radiographic caries diagnosis. **Dentomaxillofac Radiol**, v. 28, n.2, p.182-5, Mar. 1999.
- 61 WENZEL, A.; LARSEN, M.J.; FEJERSKOV, O. Detection of occlusal caries without cavitation by visual inspection, film radiographs, xeroradiographs digitized radiographs. **Caries Res**, v. 25, n.5, p.365-71, Sept. 1991.
- 62 WENZEL, A. et al. Depth of occlusal caries assessed clinically, by conventional film radiographs, and by digitized, processed radiographs. **Caries Res**, v. 24, n.5, p.327-33, Sept. 1990.
- 63 WENZEL, A. et al. Radiographic detection of occlusal caries in noncavited teeth. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 72, n.5, p.621-6, Nov. 1991.
- 64 WENZEL, A. et al. Developments in radiographic caries diagnosis. **J Dent**, v. 21, n.5, p.131-140, Sept./Oct. 1993.

- 65 WENZEL, A. et al. Accuracy of caries diagnosis in digital images from charge-coupled device and storage phosphor systems: and in vitro study. **Dentomaxillofac Radiol**, v. 24, n.4, p.250-254, Nov. 1995.

- 66 WHITE, S.C.; YOON, D.C. Comparative performance of digital and conventional images for detecting proximal surface caries. **Dentomaxillofac Radiol**, v.26, n.1, p.32-8, Jan. 1997.

- 67 WHITE, S.C.; YOON, D.C.; TETRADIS, S. Digital radiography In dentistry: what it should do for you. **J Cal Dent Assoc**, v.27, n. 12, p.942-52, Dec. 1999.

ARAUJO, E. A. F. **Comparison of conventional imaging and direct digital on the detection of proximal caries.** 2001. 94f. Dissertação (Mestrado em Odontologia, Área de Concentração em Radiologia Odontológica) – Faculdade de Odontologia, Campus de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista. São José dos Campos.

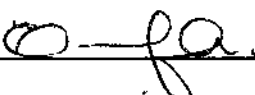
ABSTRACT

The purpose this study was to evaluate the accuracy of proximal caries detection comparing enhanced and unenhanced Sidexis CCD-based digital image with Ektaspeed Plus and Insight films. Fifty-two extracted teeth posterior were imaged under identical standardized geometric and exposure conditions. Four observes, using six point confidence scale, rated 104 proximal surfaces for the presence or absence of carious lesions by means of four image modalities: a) Ektaspeed Plus films; b) INSIGHT films; c) unenhanced Sidexis displays; d) observer enhanced. The real pattern was determined by microscopy analysis of sections. Receiver Operating Characteristic curves were generated analyzed with Kappa the according interobservers. The results indicated that there wasn't significant difference between unenhanced Sidexis and film images ($P > 0,05$).

Key-words: Digital image; radiography direct digital; proximal caries

Autorizo a reprodução xerográfica deste trabalho.

São José dos Campos, 30 de agosto de 2001.



ELAINE APARECIDA FÉLIX DE ARAUJO