

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS  
FACULDADE DE ODONTOLOGIA**

**Avaliação de reabsorções radiculares externas simuladas,  
por meio de subtração radiográfica digital**

**TONY VIEIRA FARIA**

**BELO HORIZONTE  
2008**

**TONY VIEIRA FARIA**

**Avaliação de reabsorções radiculares externas  
simuladas, por meio de subtração radiográfica  
digital**

Dissertação apresentada à Pontifícia Universidade  
Católica de Minas Gerais, como parte dos  
requisitos para a obtenção do título de Mestre em  
Odontologia, área de concentração: Ortodontia.  
Orientador: Prof. Dr. Flávio Ricardo Manzi

**BELO HORIZONTE - MG**  
**FACULDADE DE ODONTOLOGIA DA PUC MINAS**

**2008**

#### FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| F224a | <p data-bbox="461 1482 662 1518">Faria, Tony Vieira</p> <p data-bbox="461 1518 1252 1608">Avaliação de reabsorções radiculares externas simuladas, por meio de subtração radiográfica digital / Tony Vieira Faria. Belo Horizonte, 2008. 66f.: il.</p> <p data-bbox="461 1637 1321 1731">Orientador: Flávio Ricardo Manzi<br/>Dissertação (Mestrado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Odontologia.</p> <p data-bbox="461 1760 1305 1854">1. Ortodontia - Diagnóstico. 2. Radiologia. 3. Intensificação de imagem radiográfica. I. Manzi, Flávio Ricardo. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título.</p> <p data-bbox="1093 1883 1339 1910">CDU: 616.314-089.23</p> |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Elaborada pela bibliotecária Erica Fruk Guelfi CRB 6/2068

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

## **DEDICATÓRIA**

Benedito Ayres Faria e Rita de Cássia Vieira Faria, pai e mãe.

## **AGRADECIMENTOS**

A meus pais e minhas irmãs por estarem sempre tão presentes mesmo longe. Por me conhecerem tão bem, amarem minhas qualidades e respeitarem meus defeitos, lutando junto comigo para que eu concluísse esse objetivo.

A minha prima Lorena, uma prima-quase-irmã, obrigado por estar lá sempre que eu precisei.

Ao meu orientador Drº Flávio Ricardo Manzi, por tornar possível a realização desse trabalho, por ter me ensinado, acima de tudo, que determinação e seriedade são aspectos fundamentais para alcançar qualquer objetivo e por ter mantido relação tão harmoniosa e cordial durante todo esse tempo. Muito obrigado.

Ao Professor Doutor Roberval de Almeida Cruz, Coordenador dos Programas de Mestrado em Odontologia,

A todos os professores do curso de Mestrado em ortodontia da PUC: Eustáquio Araújo, Dauro Oliveira, Tarcísio Junqueira Pereira, Heloísio Leite, Hélio Brito, Wellington Pacheco, José Maurício, José Eymard, Armando Lima, Ênio Mazzeiro, Flávio Almeida, Julio Brant e Ildeu Andrade por transmitirem conhecimento de maneira generosa e desapegada. Muito obrigado.

Ao meu professor da disciplina de ortodontia, no curso de odontologia da FAESA, Dr. Wellington Rody, por ser um exemplo de professor e profissional, guiando minha formação e servindo como inspiração de seriedade e determinação.

Ao meu padrinho Dr. Maury Heringer, pelo incentivo em seguir a ortodontia e todo o apoio prestado.

Aos meus colegas de curso Bruna, pelo bom humor e simpatia permanentes e pela excelente convivência; Flávio, pelas horas de descontração, por ter me recebido tão bem em Belo Horizonte, pelos conselhos relutantes e por demonstrar duas características fantásticas por todo o curso: alegria e ponderação; Ludimila, pela convivência harmoniosa e bom humor nas brincadeiras e Roberta, por estar ao meu lado (na clínica, inclusive!) por todo esse tempo, com certeza convivência que me acrescentou muito!

Aos alunos da turma IX Bruno Fonseca, Bruno Gribel, Paula, Maria Rita, Rafael e Sarah pela amizade que demonstraram desde o começo do curso, que só aumentou quando foram para clínica. Considero muito todos vocês, especialmente meus “colegas-revisores” que demonstraram preocupação e interesse me auxiliando na realização desse trabalho.

Aos alunos da turma VII e da turma X: Klinger, Leonardo, Mariana e Larissa, Adriana, Cybele, Flávia, Larissa e Tathiana. Obrigado pela ótima convivência.

A ex-aluna Silvana Albuquerque que teve enorme importância nesse trabalho.

Aos meus amigos: Camille, Carla, Cícero, Daniel, Marcinho, Marcus, Milena e Rafael por serem.

Aos amigos José Luís, Renato e Thiago por me receberem em Belo Horizonte, deixar que eu transformasse a sala da casa deles em minha casa e pela amizade nesses anos de convivência em Belo Horizonte. Muito obrigado mesmo.

Aos novos inquilínos da república, Francisco e Lucas, por continuarem com o “legado” da nossa residência.

Aos funcionários da PUC Minas, em especial ao Alcides, a Consuelo e ao Diego, grande amigo aqui em Belo Horizonte.

Aos profissionais que avaliaram os dados do meu trabalho, cuja contribuição e disposição mostraram-se inestimáveis.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

E acima de todos, a Deus.

## RESUMO

A realização desse trabalho teve como objetivo avaliar reabsorções radiculares externas simuladas, utilizando a técnica de subtração radiográfica digital. Foi selecionada uma amostra de 36 incisivos centrais superiores extraídos, que tiveram seu comprimento mensurado e posteriormente reduzido gradualmente, no seu longo eixo, em valores de 0,5mm, 1,0mm, 1,5mm, e 2,0mm. Em seguida, os mesmos foram divididos em dois grupos: no primeiro foram realizados desgastes regulares na face vestibular e no segundo um desgaste de padrão irregular, mais semelhante àqueles encontrados em reabsorções *in vivo*. As radiografias digitais foram obtidas com o sistema digital DenOptix® e as imagens obtidas foram subtraídas pelos métodos linear e logarítmico com o sistema Emago®. As imagens foram avaliadas por dois grupos: o primeiro contendo 5 radiologistas e o segundo 5 ortodontistas. Os avaliadores determinaram a capacidade de diagnóstico da radiografia digital comparada com a subtração radiográfica digital (linear e logarítmica). Foi observado que a subtração digital aumentou a capacidade de diagnóstico das reabsorções radiculares apicais e vestibulares, principalmente quando as reabsorções eram pequenas. Na comparação entre os profissionais, verificou-se que o grupo dos radiologistas apresentou melhores desempenhos em todos os métodos de avaliação de reabsorção radiculares externas apicais e vestibulares em pequenas reabsorções. Pode-se concluir que o método de subtração radiográfica digital é um método eficaz para avaliação e identificação de pequenas reabsorções radiculares externas.

**Palavras chave:** Intensificação de imagem radiográfica. Radiografia dentária digital . Radiografia. Diagnóstico

## ABSTRACT

The aim of this *in vitro* study was to evaluate external root resorption using the digital radiography subtraction technique. The sample was comprised of 36, previously extracted, human upper central incisors. The roots were measured and their length reduced by 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 mm along their long-axis. The roots were then perforated, 4mm to the apex on their buccal surface. The sample was then divided into 2 groups. The first group presented a regular resorption pattern on the buccal surface of the root and the second an irregular pattern, to better mimic *in vivo* conditions. The digital radiographs were taken using the DenOptix® Digital system and the images were subtracted using the linear and logarithmic methods with the aid of the Emago® System. The radiographs and the subtracted images were assessed by two groups of evaluators: the first group was comprised of 5 radiologists and the second of 5 orthodontists. The evaluator assessed each subtraction radiograph (linear and logarithmic) and digital radiograph. The results shows that the subtraction radiograph enhanced diagnostic accuracy of the apical and buccal resorptions. Comparison between the two groups of professionals shows the radiologist group had the highest results in every method. This results may conclude that the subtraction is an effective method to improve diagnostic capability of small external root resorptions.

**Keywords:** Radiographic Image Enhancement. Radiography, Dental, Digital . Radiography. Diagnosis

## LISTAS DE SIGLAS

**DOS** - Disk Operating System

**Bit** - Bynary digit

**BMP** - Bitmap

**cd** – Compact Disc

**dpi** - Dots per inch

**JPEG** - Joint Photographic Experts Group

**PUC Minas** - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

**TIFF** - Tagged Image File Format

## SUMÁRIO

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| LISTA DE ARTIGOS.....                          | 13 |
| 1. INTRODUÇÃO GERAL.....                       | 14 |
| 2. PROPOSIÇÕES .....                           | 17 |
| 2.1 Proposição Geral.....                      | 17 |
| 2.2 Proposições Específicas.....               | 17 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS COMPLEMENTARES..... | 18 |
| ARTIGO I.....                                  | 20 |
| ARTIGO II.....                                 | 35 |

## LISTA DE ARTIGOS

Essa dissertação gerou as seguintes propostas de artigos:

- I. Subtração Radiográfica: possibilidades e limitações.....20
- II. Avaliação de reabsorções radiculares externas simuladas por meio da subtração radiográfica digital.....35

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A reabsorção radicular externa apical dos incisivos superiores tem sido observada durante anos como um processo que pode acompanhar o tratamento ortodôntico. Ela é caracterizada pela perda da estrutura mineralizada da raiz do dente. Este processo de reabsorção pode ser definido como fisiológico, quando ocorre em dentes decíduos que se encontram em processo de esfoliação; ou patológico, quando acomete dentes permanentes (CONSOLARO, 2005).

Em diversos estudos são observadas altas taxas de incidência e prevalência da reabsorção radicular apical externa em pacientes tratados ortodonticamente (NEWMAN, 1975; LEVANDER; MALMGREN, 1988; LINGE; LINGE, 1991). No entanto, quando essa perda é de até três milímetros no terço apical, ela não deve ser motivo para cuidados especiais (CONSOLARO, 2005). Na maioria dos casos, este tipo de reabsorção é mínima e sem significado clínico.

No entanto, a movimentação ortodôntica pode causar danos extremos e irreversíveis à raiz dentária, como a reabsorção radicular apical externa severa. Este grau de reabsorção apresenta um encurtamento exagerado do dente, com redução do comprimento total da raiz podendo chegar a 1/3 da mesma, sendo impossível prever o risco de um paciente desenvolver esse severo tipo de reabsorção antes de se iniciar o tratamento ortodôntico (LEVANDER; MALMGREN, 1988).

A radiografia periapical representa o método de diagnóstico mais comumente utilizado para detectar a presença de reabsorções radiculares externas apicais. Ao compará-la aos outros métodos radiográficos, observa-se a superioridade no diagnóstico neste tipo de lesão (CLASEN; AUN, 2001; WESTPHALEN *et al.*, 2004).

Com este propósito, a imagem radiográfica deve reproduzir com fidelidade a forma e tamanho do dente radiografado. Torna-se necessário, então, que a radiografia apresente máxima nitidez e seja rica em detalhes, além de apresentar grau de densidade e contraste médio (CHAPNICK, 1989; BORG *et al.*, 1998).

Porém, para se determinar pequenas alterações radiculares que possam ocorrer durante um determinado período de tempo são necessários métodos com alto grau de precisão, para que as alterações possam ser mensuradas, por um ou vários observadores, com um pequeno grau de variação. Com isso os métodos

radiográficos de diagnóstico convencionais tem se mostrado ineficientes para a correta avaliação da região periapical. O surgimento das imagens radiográficas digitais criaram expectativas com relação a exames de diagnósticos mais sensíveis e específicos em diversas áreas da Odontologia.

No final da década de 80, a radiografia periapical digital tornou-se uma opção à sua versão convencional (MOUYEN; BENZ; SONNABEND, 1989). Na época de seu surgimento, a utilização da radiografia digital era limitada em grande parte pelo alto custo de computadores pessoais, além da necessidade de um *hardware* específico para exibição de imagens em sistemas que utilizem o DOS e o pequeno espaço de memória interna dos computadores disponíveis, que tornava difícil a armazenagem das imagens radiográficas. Com a popularização da plataforma Windows®, a evolução na tecnologia dos computadores e a redução do custo para adquirí-los, essas limitações foram superadas (WENZEL; MØYSTAD, 2001).

A radiografia digital apresenta uma série de vantagens sobre sua versão convencional: menor tempo de execução entre a técnica radiográfica e a aquisição da imagem, ausência da necessidade de uma etapa de processamento químico o que evita possíveis erros técnicos e agressões ao meio ambiente, diminuição da dose de radiação, além das diversas ferramentas digitais que podem auxiliar na obtenção de dados fazendo com que a imagens sejam ampliadas, transformadas em forma negativa, sofram alterações de contraste e brilho, colorização da imagem e pseudo 3D (relevo). Além disso, medidas lineares e angulares também podem ser obtidas por meio das ferramentas presentes nos *softwares* dos sistemas digitais, assim como, quantificar os tons de cinza existente (valor na escala de cores de cinza dos pixels) em uma determinada área radiográfica (WENZEL; GOTFREDSEN, 2002).

Outra valiosa ferramenta digital que pode auxiliar a obtenção de dados diagnósticos mais precisos é a subtração radiográfica digital.

Com a subtração radiográfica, duas imagens da mesma região anatômica, que sejam geometricamente semelhantes, são superpostas gerando uma terceira imagem que reúne as estruturas de ambas. Quando não há diferenças entre essas estruturas observadas, a imagem gerada será um cinza neutro. Estruturas diferentes apresentarão variações nos tons de cinza da área onde essa modificação ocorrer, ressaltando a diferença entre as radiografias iniciais.

Essa técnica é descrita na odontologia desde os trabalhos de Grondhal e Grondhal (1983), como um meio de diminuir o ruído estrutural no diagnóstico de pequenas modificações periodontais observadas em radiografias.

Com o advento da radiografia digital, a possibilidade de manipulação das imagens radiográficas ficou mais dinâmica, facilitando a utilização dessa técnica.

A técnica de subtração radiográfica é utilizada há anos em especialidades como a periodontia (WEBBER; RUTTIMANN; GRONDAHL, 1982; VANDRE *et al.*, 1995) e a dentística (GRONDAHL; GRONDAHL, 1983; VANDRE *et al.*, 1995; SOUSA *et al.*, 1997; FERRARI *et al.*, 2006). Alguns estudos empregaram seu uso para detecção de perda óssea e níveis de reabsorção apical (JEFFCOAT; JEFFCOAT; WILLIAMS, 1984; LEVANDER; MALGREEM, 1988; KRAVITZ *et al.*, 1992).

Motivado pelas dúvidas levantadas sobre a aplicabilidade diagnóstica dessa técnica na ortodontia, propôs-se um estudo *in vitro*, verificando a capacidade diagnóstica da subtração radiográfica digital ao avaliar reabsorções radiculares apicais e vestibulares em incisivos superiores, sob o ponto de vista de ortodontistas e radiologistas.

## **2. PROPOSIÇÕES**

### **2.1 Proposição geral:**

- Avaliar a efetividade da subtração radiográfica digital no diagnóstico de reabsorção radicular externa em incisivos superiores.

### **2.2 Proposições específicas:**

- Analisar a capacidade da subtração radiográfica digital no diagnóstico da presença de reabsorções radiculares externas apicais de incisivos superiores, avaliada por dois grupos de profissionais: ortodontistas e radiologistas.
- Analisar a capacidade da subtração radiográfica digital no diagnóstico da presença de reabsorções radiculares externas vestibulares regulares e irregulares de incisivos superiores, avaliada por dois grupos de profissionais: ortodontistas e radiologistas.
- Comparar a utilização da subtração radiográfica digital entre dois grupos de profissionais distintos: ortodontistas e radiologistas

## REFERÊNCIAS COMPLEMENTARES

BORG E. *et al.* Film and digital radiography for detection of simulated root resorption cavities. **Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics**, St. Louis, v.86, n.1, p.110-114, 1998.

CHAPNICK, L. External root resorption: An experimental radiographic evaluation. **Oral surgery, oral medicine, and oral pathology**, St. Louis, v.67, n.5, p.578-582, 1989.

CLASEN, N. F.; AUN, C. E. Estudo comparativo entre radiografia convencional e radiografia digital direta no diagnóstico de reabsorção radicular externa. **Revista de Odontologia da UNICID**, São Paulo, v.13, n.2, p.95-102, 2001.

CONSOLARO, A. **Reabsorções dentarias nas especialidades clínicas**, 2. ed. Maringá: Dental Press, 448p, 2005.

FERRARI, K. C. *et al.* Avaliação da subtração radiográfica digital na detecção de cáries proximais simuladas. **Revista odontologia ciência**, Porto Alegre, v.21 n.51 p.67-70, 2006.

GRONDAHL, H.G.; GRONDAHL K. Subtraction Radiography for the diagnosis of periodontal bone lesions. **Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics**, St. Louis, v.55, p. 208-13, 1983.

JEFFCOAT M.K.; JEFFCOAT R.L.; WILLIAMS R.C. A new method for the comparison of bone loss measurements on nonstandardized radiography. **Journal of periodontal research**, Boston, v.19, p.434-40, 1984.

KRAVITZ L.H., *et al.* Assessment of external root resorption using digital reconstruction radiography. **Journal of Endodontics**, v.18 p.275-84. 1992.

LEVANDER, E.; MALMGREN, O. Evaluation of the risk of root resorption during orthodontic treatment: A study of upper incisors. **European journal of orthodontics**, London, v.10, n.1, p.30-38, 1988.

LINGE, L.; LINGE, B. O. Patient characteristics and treatment variables associated with apical root resorption during orthodontic treatment. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v. 99, p. 35-43, 1991.

MOUYEN, F.; BENZ, C.; SONNABEND J.P. Presentation and physical evaluation of RadioVisioGraphy. **Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics**, St. Louis, v.68, p.238-242, 1989.

NEWMAN, W. G. Possible etiologic factors in external root resorption. **American Journal of Orthodontics Dentofacial Orthopedics**, St. Louis, v.67, n.5, p.522-539, 1975.

SOUSA, C.J.A. Controle da remoção de cárie dental através da subtração de imagem radiográfica computadorizada. **Revista da ABO nacional**, v.5, n.6, p.313-316, 1997.

VANDRE, R. H. *et al.* Future trends in dental radiology. **Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics**, St. Louis, v.80, n.4, p. 471-478, 1995.

WEBBER R.L.; RUTTIMANN U.E.; GRONDAHL H.G. X-ray image subtraction as a basis for assessment of periodontal changes. **Journal of periodontal research**, Boston, v.17, p.509-511, 1982.

WENZEL A.; MOYSTAD A. Decision criteria and characteristics of Norwegian general dental practitioners selecting digital radiography. **Dentomaxillo facial radiology**, Tokyo, v.30, p.197-202, 2001.

WENZEL A.; GOTFREDSEN E. Digital radiography for the orthodontist. **American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics**, Boston, v.121, n.2, 2002.

WESTPHALEN, V. P. D. *et al.* Conventional and digital radiographic methods in the detection of simulated external root resorptions: a comparative study. **Dentomaxillo facial radiology**, Tokyo, v.33, p.233-235, 2004.

## ARTIGO I

# Subtração radiográfica digital: possibilidades e limitações

*Digital subtraction radiography: possibilities and limitations*

Tony Vieira Faria<sup>1</sup>, Flávio Ricardo Manzi<sup>2</sup>

**Resumo-** A subtração radiográfica digital é um método de enorme sensibilidade na detecção de pequenas modificações ósseas e dentárias. O objetivo desse artigo é revisar a literatura observando a história dessa técnica, os parâmetros que permitem que ela seja aplicada com sucesso e suas possibilidades nas diversas especialidades odontológicas apresentando um caso clínico que ilustra o potencial diagnóstico dessa técnica.

**Palavras- Chave:** Intensificação de imagem radiográfica. Radiografia dentária digital. Radiografia. Diagnóstico.

## INTRODUÇÃO

A primeira geração das técnicas de subtração de imagens, que remota à década de 30, era baseada apenas na sobreposição de imagens fotográficas. Na década de 80 surgiu a segunda geração, utilizando câmeras de vídeo para captura das imagens que então eram enviadas para o computador e manipuladas. A terceira geração, e atual, é baseada em equipamentos radiográficos que já geram as imagens em meio digital, o que facilita sua manipulação (LEHMANN; GRONDAHL; BENN, 2000).

Na subtração radiográfica digital, duas radiografias da mesma região anatômica, realizadas em tempos diferentes têm suas estruturas idênticas removidas e a imagem resultante é apenas a diferença entre ambas (VAN DER STELT, 1993). Essa imagem resultante, apresentando a subtração das imagens originais, é composta por tons que seguem a escala de tons de cinza presentes nos

---

<sup>1</sup> Mestrando em ortodontia.

<sup>2</sup> Professor do curso de mestrado em ortodontia da PUC Minas.

computadores convencionais, que variam de “0” a “255” em sistemas que operam em 8 *bytes*. Estruturas idênticas entre ambas as radiografias se apresentam com um valor na escala de cinza de “128” (SAMARABANDU *et al.*, 1994a), pois a subtração dos valores de níveis de cinza em áreas iguais resultaria em “0”, um tom preto. No entanto, o programa soma “128” a esse resultado, tornando áreas idênticas entre ambas as radiografias determinadas por uma tonalidade de cinza neutra. Áreas com diferença de densidade óssea/ dentária, causam variações nos níveis de cinza apresentando tons mais claros quando houver ganho de estrutura mineralizada ou tons mais escuros quando houver perda de estrutura (MAEDA *et al.*, 1998).

Para que a técnica de subtração radiográfica possa ser corretamente observada, alguns requisitos são necessários.

## **1. PADRONIZAÇÃO DAS IMAGENS A SEREM SUBTRAÍDAS**

Um pré-requisito para que a subtração radiográfica possa ser corretamente utilizada é que as duas radiografias a serem subtraídas estejam espacialmente semelhantes, com mínima variação (GRONDAHL; GRONDAHL; WEBBER, 1984). Caso não estejam geometricamente alinhadas, com contraste semelhante, a diferença observada na imagem resultante pode ser fruto de falhas nesse alinhamento e não diferenças entre as imagens observadas nas radiografias.

Lehmann *et al.* (2000) apontam que variações na angulação de tubos dos aparelhos radiográficos, ruído estrutural, técnica de processamento da radiografia ou sensores digitais de modalidades diferentes levam a tonalidades de cinza diferentes. Quando essas variações são observadas em duas radiografias que serão subtraídas, são apontadas como variações entre ambas, representando um erro.

Essas variações entre duas radiografias após serem subtraídas podem ser observadas através de uma imagem linear chamada de subtração radiográfica linear. Essa imagem mostra apenas as imagens sobrepostas com seus *pixels* subtraídos e a diferença entre as mesmas demarcada.

A subtração pode ser também representada pela subtração radiográfica logarítmica que aumenta o contraste das imagens. Seu resultado ressalta as pequenas diferenças entre ambas, ao custo de um aumento de contraste, além do

aumento de ruído estrutural (BITTAR-CORTEZ *et al.*, 2006) ou ainda ter as diferenças representadas por diferentes cores (REDDY, 1991; BRAGGER *et al.*, 1994).

São muitos os métodos para tornar geometricamente idênticas duas radiografias. Samarabandu *et al.* (1994a) classificam esses métodos em *priori* e *posteriori* à aquisição das imagens. Entre as técnicas *priori*, que englobariam aquelas realizadas antes da aquisição da imagem, são descritos: um dispositivo de resina autopolimerizável fixado na arcada do paciente, servindo como referência para o acoplamento do tubo do aparelho radiográfico (GRÖNDAHL; GRÖNDAHL, 1983), um cefalostato modificado para a padronização da posição da cabeça do paciente em relação a fonte de radiação (JEFFCOAT; JEFFCOAT; WILLIAMS, 1984; LUDLOW *et al.*, 1994) ou posicionadores de radiografias periapicais aos quais são adaptados registros oclusais individuais confeccionados com resina acrílica autopolimerizável ou material de moldagem (WEBBER; RUTTIMANN; GRONDAHL, 1982; VANDRE; WEBBER, 1995; CRESTANI *et al.*, 2001). Nas técnicas *posteriori*, que fazem menção àquelas realizadas depois da obtenção das imagens, destacam-se os recursos digitais fornecidos por diferentes *softwares* para a padronização geométrica ou a equalização de imagens. Nesse recurso, os valores de pixels discrepantes são movidos para a mesma direção, mantendo-se a proporção da distância entre os mesmos e deslocando a curva do histograma (OHKI *et al.*, 1994).

Para equalizar as variações no contraste das radiografias, Ruttimann, Webber e Shmidt (1985) atentaram para as diferenças nos tempos de exposição radiográficas e revelação dos filmes de diferentes marcas e desenvolveram um método de correção para essas variações que ajustava os níveis de cinza com uma equação quadrática. Diversos outros autores desenvolveram métodos de correção de contraste como Ohki, Okano e Yamada (1988); Hidelbolt *et al.* (1996) e Byrd *et al.* (1998).

A padronização da conformação geométrica das radiografias é outro aspecto *posteriori* importante na obtenção de uma técnica de subtração precisa. Alguns dos primeiros autores a proporem um algoritmo com essa finalidade foi Jeffcoat, Jeffcoat e Williams (1984). Os autores propuseram a demarcação de 4 pontos anatômicos que serviriam como coordenadas para a sobreposição das imagens. Wenzel (1989) propôs a demarcação de aproximadamente 16 *pixels* em áreas anatômicas que

pudessem ser facilmente identificáveis, como a junção amelocementária e o ápice radicular, para a sobreposição de imagens.

Mol *et al.* (2003) observaram a possibilidade de corrigir erros de angulação nas imagens radiográficas de até 6º, tanto no sentido vertical quanto no sentido horizontal, na relação fonte de radiação/ elemento irradiado. Concluiu que, com as ferramentas de reconstrução de imagem baseadas em pontos anatômicos fornecidas pelo software Emago®, a precisão do operador é alta e a relação entre uma imagem com erros de angulação reconstruída e uma correspondente sem erros é estabelecida.

Métodos de alinhamento automático, que se contrapõem aos manuais de marcação de pontos anatômicos para a sobreposição das imagens, foram propostos por Samarabandu (1994b) e Byrd *et al.* (1998).

Yoon (2000) propôs o desenvolvimento de um *software* que realizaria a padronização da posição geométrica e de contraste das imagens a serem subtraídas de maneira automática, sem a necessidade de marcação de pontos, utilizando o Visual Points v.4 da Microsoft®. Este autor concluiu que o novo método é mais rápido e não incorporam possíveis erros de marcação de pontos anatômicos, presentes nos métodos manuais.

## 2. FORMATO DO ARQUIVO DIGITAL

Uma radiografia intra-oral digital necessita entre 100kB e 300kB de memória. O tipo de arquivo digital determina a precisão e a quantidade de informações contidas nas imagens. Quanto maior esse arquivo mais informações podem ser contidas nele assim como mais memória digital é necessária para armazená-lo. Formatos que comprimem as imagens, reduzindo a quantidade de memória digital que esse arquivo ocupa, afetando menos ou até mesmo não tendo qualquer efeito sobre as informações nela contidas, torna-se um importante tópico para a subtração radiográfica digital.

Wenzel *et al.* (1996) transformaram imagens do formato TIFF para JPEG (cuja compressão do arquivo leva à perda de informações com grande redução no

tamanho do arquivo) e Lempel-Ziv-Welch (cuja compressão não leva à perda de informação, reduzindo o tamanho do arquivo em 50%, aproximadamente). Os autores verificaram que a redução no tamanho do arquivo de até 1/12 não determina perdas significativas no diagnóstico. Esse resultado concorda com os trabalhos de Fidler *et al.* (2002) e Mahl *et al.* (2003) que apontam que o formato JPEG não compromete mensurações utilizando a técnica de subtração radiográfica digital.

Gegler, Mahl e Fontanella (2006) compararam os efeitos de subtrair imagens nos formatos TIFF, JPEG e BMP ao avaliar reabsorção apical externa simulada e concluíram que não há diminuição na capacidade de diagnóstico utilizando nenhum dos tipos de formatos de arquivos.

### **3. SUBTRAÇÃO NAS ÁREAS ODONTOLÓGICAS**

Vários estudos direcionados às áreas específicas da odontologia foram realizados observando a aplicabilidade da subtração radiográfica. Kravitz *et al.* (1992) avaliaram a capacidade diagnóstica quantitativa e qualitativa da subtração radiográfica ao se analisar lesões apicais realizadas com ácido clorídrico. Os autores concluíram que essa técnica é significativamente superior à radiografia convencional no diagnóstico dessas lesões e Sousa *et al.* (1997) apontam que a subtração radiográfica é um método reproduzível, tornando o diagnóstico das estruturas analisadas mais objetivo por eliminar o fator pessoal.

Outros autores, como Hintze *et al.* (1992) analisaram se a técnica de subtração radiográfica digital é capaz de aumentar a detecção de pequenas cavidades radiculares nos terços cervical, médio e apical de pré-molares fixados em blocos maxilares. Os autores concluíram que algumas das menores cavidades foram melhor diagnosticadas com a técnica de subtração radiográfica digital, mas a acurácia geral do diagnóstico não foi aumentada quando comparada com a radiografia convencional.

Em dentes com lesões periapicais, tanto em casos para diagnóstico precoce como para preservação após tratamento endodôntico ou terapia cirúrgica, a técnica da subtração radiográfica digital pode mostrar alterações na densidade mineral na

ordem de 5%, muito abaixo dos 30-60%, necessários para a visualização nas radiografias convencionais (DOTTO, 2005).

Além desses, Heo *et al.* (2001) realizaram estudo objetivando qualificar a subtração radiográfica digital para o diagnóstico de lesões apicais simuladas e comparar a capacidade diagnóstica dessa técnica com a radiografia digital convencional. Concluíram que a subtração radiográfica digital facilita o diagnóstico se comparada com a radiografia digital. Esse resultado é confirmado por Dotto (2005) que avaliaram a perda mineral *in vitro*, realizada com ácido clorídrico em 54 pré-molares humanos demonstrando que a técnica de subtração radiográfica digital permite a visualização da progressão da perda mineral em esmalte proximal.

No entanto, Ferrari *et al.* (2006) avaliaram a capacidade da subtração digital na detecção de desmineralizações com ácido clorídrico a 18%, nas faces proximais de elementos dentários, simulando lesões cariosas precoces. Os autores concluíram que a subtração é uma boa ferramenta diagnóstica mas os resultados são ainda melhores quando avaliados apenas com as radiografias digitais, sem a técnica de subtração radiográfica.

Em outras áreas da odontologia, como a implantodontia, a subtração também foi analisada por autores como Bittar-Cortez *et al.* (2006), observaram a densidade óssea em regiões perimplantares, comparando a subtração radiográfica digital com radiografias digitais convencionais. Para isso, monitoraram 34 pacientes com radiografias pré-operatórias, uma semana antes da cirurgia de implante e pós-operatórias, 4 meses depois. Os autores não encontraram diferenças significativas entre as radiografias digitais convencionais e a técnicas de subtração digital.

Diversos outros estudos observaram a técnica de subtração digital de imagens em especialidades como a periodontia (WEBBER; RUTTIMANN; GRONDAHL, 1982; VANDRE; WEBBER, 1995), e a dentística (GRONDAHL; GRONDAHL, 1983; VANDRE; WEBBER, 1995; SOUSA *et al.*, 1997; FERRARI, 2006), em sua maioria apontando muitas vantagens no diagnóstico utilizando essa técnica.

#### 4. CASO CLÍNICO

Paciente do sexo feminino com 31 anos de idade compareceu ao consultório odontológico para realização de um exame de rotina. Observou-se clinicamente uma destruição coronária no elemento 25. Durante a percussão vertical, lateral e palpação não apresentava sintomatologia. No exame radiográfico observou-se destruição coronária e condutos parcialmente obturados, com presença de imagem radiolúcida no periápice do elemento 25, com contornos bem delimitados e circundados por um halo radiopaco (Figura 1).



Figura 1: Radiografia periapical inicial. Note a imagem radiolúcida circunscrita delimitada por halo radiopaco compatível de lesão periapical.

Foi indicado o retratamento endodôntico com a realização de uma nova restauração (Figura 2). Após seis meses foi realizada uma radiografia de acompanhamento o qual se percebe a neo-formação óssea (Figura 3). Para evidenciar o reparo ósseo, foi realizada a subtração radiográfica digital linear e logaritma (Figuras 4 e 5).

Foi utilizado o programa Emago®/ Advanced v3.2. (Oral Diagnostic Systems, Amsterdam, The Netherlands) para a realização da subtração e, para que essa fosse possível, o comando “reconstruction” foi utilizando tornando as imagens geometricamente semelhantes.



Figura 2: Radiografia periapical final pós tratamento endodôntico e restaurador



Figura 3: Acompanhamento radiográfico de 6 meses. Note o aumento da radiopacidade na região periapical do dente 25.

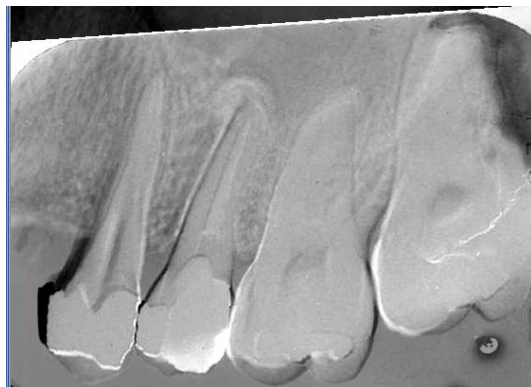


Figura 4: Subtração radiográfica digital linear. Note que a área de reparação apresenta com tom de cinza claro, concluindo ganho de tecido mineralizado.

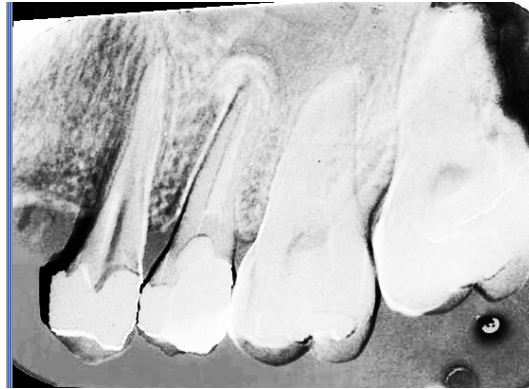


Figura 5: Subtração radiográfica digital logaritmica. Note que a área de reparação apresenta um tom de cinza claro, concluindo ganho de tecido mineralizado.

## 5. DISCUSSÃO

As radiografias digitais permitem recursos relacionados à manipulação das imagens, como alteração em relevo, mudança de brilho e contraste, inversão dos tons de cinza e aplicação de cores, podendo auxiliar no diagnóstico de lesões intra-ósseas, além de possibilitar, com um programa específico, a realização da subtração radiográfica digital.

A radiografia convencional apresenta algumas limitações para o diagnóstico precoce de lesões em tecidos mineralizado, uma vez que o sistema visual humano distingue apenas 30 tons de cinza (REEDY *et al.*, 1991). A sensibilidade para se diagnosticar pequenas mudanças no osso alveolar e lesões presentes apenas no osso esponjoso muitas vezes não são visíveis com este método, necessitando de uma perda óssea alveolar de 30% a 60% e que envolva principalmente uma cortical óssea. Sendo assim, em muitos casos podem-se ter resultados falso positivo ou falso negativo, dificultando bastante o diagnóstico precoce.

A padronização dos exames radiográficos é a maior dificuldade do método de subtração radiográfica digital. Ferrari *et al.* (2006) apontam que essa dificuldade limita o uso da técnica pois as radiografias obtidas em tempos diferentes devem ser muito semelhantes para que ocorra a perfeita sobreposição das estruturas ou um programa deve ser utilizado com esse fim. Apenas dessa forma a utilização desta técnica geraria resultados satisfatórios.

Uma outra grande dificuldade da subtração radiográfica digital é o alto custo devido à necessidade de um aparelho, um programa específico, dispositivo de padronização do exame radiográfico e treinamento técnico e científico dos profissionais. No entanto, o maior uso desta técnica deve diminuir estes custos, facilitando o acesso dos profissionais a este método e também aos programas.

A sensibilidade, ou seja, a habilidade de detectar a lesão quando ela está verdadeiramente presente, é de 91,3% utilizando a subtração radiográfica e a especificidade, ou habilidade de diagnosticar a ausência da doença quando esta realmente esta ausente, é maior que 95,7% (HEO *et al*, 2001). Esta técnica pode aumentar significativamente a detectabilidade de mudanças ósseas de radiografias em série. Entretanto, o sucesso da técnica depende de se alcançar uma reprodutibilidade satisfatória das imagens, com relação à projeção geométrica, contraste e densidade. A demanda da reprodutibilidade geométrica depende do tamanho da lesão a ser estudada, isto é, quanto menor a lesão, melhor deve ser a reprodução geométrica.

Observando a experiência do profissional para diagnóstico de lesões periapicais, a técnica da subtração radiográfica digital foi capaz de melhorar a sensibilidade de diagnóstico em aproximadamente 35%, enquanto que a técnica radiográfica convencional, apenas 13%, ou seja, 3 vezes inferior (TOKAREWIZC *et al.* , 2007). Assim, os autores concluíram que a subtração radiográfica digital contribuiu para diagnósticos mais precisos independente do nível de experiência profissional do examinador já que, nesta técnica, o resultado final é obtido de maneira mais objetiva.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A subtração radiográfica digital mostra-se como uma ferramenta com possibilidade de elevar a capacidade de diagnóstico frente à grande parte das alterações possíveis de serem visualizadas radiograficamente.

Para que a técnica seja útil para o diagnóstico é essencial que a posição geométrica e a densidade das imagens seja reproduzida. Logo, a diferença entre as posições geométricas, fatores de exposição, no contraste e na intensidade entre a

imagem inicial e a de controle pode tornar incerta a detecção de possíveis alterações.

Outros fatores importantes são o tipo de arquivo em que essas imagens serão armazenadas, o tipo de subtração que será realizada com essas imagens e até mesmo o objetivo da subtração, uma vez que atingir o nível de padronização que a técnica exige é difícil, indicando a técnica para acompanhamentos de situações clínicas específicas.

**Abstract:** The digital subtraction radiography is a method of great sensibility in detecting small bone and dental alterations. The aim of this article is to review the literature to present the history of this technique, the parameters which allow it to be successfully applied and its possible applications in different odontologic specialties.

**Key-words:** Radiographic Image Enhancement. Radiography, Dental, Digital . Radiography. Diagnosis

## REFERÊNCIAS

BITTAR-CORTEZ J. A. *et al.* Comparision of hard tissue density changes around implants assessed in digitized conventional radiographs and subtraction images. **Clinical Oral Implants Research**, Berne, v.17, n.5, p.560-564, 2006.

BRAGGER U. *et al.* Influence of contrast enhancement and pseudocolor transformation on the diagnosis with digital subtraction images (DSI). **Journal of periodontal research**, Boston, v.29, n.2, p.95-102, 1994.

BYRD, V. *et al.* Semi- automated image registration for digital subtraction radiography. **Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics**, St. Louis, v. 85,p.473-478, 1998.

CRESTANI M. B. *et al.* Avaliação da padronização radiográfica para a subtração digital de imagens. **Revista da faculdade de odontologia de Porto Alegre**, Porto Alegre, v.42, n.1, p.25-30, 2001.

DOTTO G. N. Subtração digital radiográfica: identificação precoce de perdas minerais em esmalte, **Ciência odontológica Brasileira**, São José dos Campos, v. 8 n. 1 p. 82-89, 2005.

FERRARI, K. C. *et al.* Avaliação da subtração radiográfica digital na detecção de cáries proximais simuladas. **Revista odontologia ciência**, Porto Alegre, v.21 n.51 p.67-70, 2006.

FIDLER, A. *et al.* Imact of JPEG lossy image compression on quantitative digital subtraction radiography. **Dentomaxillofacial Radiology**, Tokyo, v.31, p.106-112, 2002.

GEGLER, A.; MAHL, C.E.W.; FONTANELLA, V. Reproducibility of and file format effect on digital subtraction radiography of simulated external root resorptions. **Dentomaxillofacial Radiology**, Tokyo, v.35, p.10-13, 2006.

GRONDAHL, H.G.; GRONDAHL, K. Subtraction Radiography for the diagnosis of periodontal bone lesions. **Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics**, St. Louis, v.55, n.2, p. 208-13, 1983.

GRONDAHL, H.G.; GRONDAHL, K.; WEBBER, R.L.; Influence of variation in projection geometry on the detectability of periodontal bone lesions. **Journal of Clinical Periodontology**, Gothenburg, v.11, p.411-420, 1984.

HEO M. *et al.* Quantitative analysis of apical root resorption by means of digital subtraction radiography. **Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics**, St. Louis, v. 91, p. 369-373, 2001.

HILDEBOLT, C.F. *et al.* Histogram-matching and histogram-flattening contrast correction methods: a comparison. **Dentomaxillofacial Radiology**, Tokyo, v.25, n.1, p.42-47, 1996.

HINTZE H. *et al.* Digital subtraction radiography for assessment of simulated root resorption cavities. Performance of conventional and reverse contrast modes. **Endodontic and dental Traumatology**, v.8, n.4, p.149-54, 1992.

JEFFCOAT M.K.; JEFFCOAT R.L.; WILLIAMS R.C. A new method for the comparison of bone loss measurements on nonstandardized radiography. **Journal of periodontal research**, Boston, v.19, p.434-40, 1984.

KRAVITZ L.H., *et al.* Assessment of external root resorption using digital reconstruction radiography. **Journal of Endodontics**, Orlando, v.18 p.275-84, 1992.

LEHMANN, T.M.; GRONDAHL, H.G.; BENN, D.K.; Computer-based registration for digital subtraction in dental radiology. **Dentomaxillofacial Radiology**, Tokyo, v.29, p.323-346, 2000.

LUDLOW, J.B. *et al.* Comparison of stent versus laser and cephalostat aligned periapical film positioning techniques for use in digital subtraction radiography. **Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Maxillofacial Radiology and Endodontics**, St. Louis, v. 77, n.2, p.436-395, 1994.

MAEDA, C.M. *et al.* Emprego da subtração radiográfica digital em Periodontia. **Revista Periodontia**, v.7, n. 2, p. 102-108, 1998.

MALH, C.E.W *et al.* Efeitos da compressão JPEG na subtração radiográfica digital quantitativa de perda óssea alveolar simulada. **Revista da faculdade de odontologia de Porto Alegre**, Porto Alegre, v.44, n.2, p.31-33, 2003.

MOL, A., *et al.* The performance of projective standartization for digital subtraction radiography, **Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Maxillofacial Radiology and Endodontics**, St. Louis, v.96, p.373-382, 2003.

OHKI, M.; OKANO, T.; YAMANDA, N. A contrast-correction method for digital subtraction radiography. **Journal of periodontal research**, Boston, v. 23, p.277-280, 1988.

OHKI, M. Factor determining the diagnostic accuracy of digitized conventional intraoral radiographs. **Dentomaxillofacial Radiology**, Tokyo, v.23, n.2, p.77-82, 1994.

REDDY, M. S. *et al.* Contrast enhancement as an aid to interpretation in digital subtraction radiography. **Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Maxillofacial Radiology and Endodontics**, St. Louis, v. 71, n. 6, p. 763- 69, 1991.

RUTTIMANN, U.E.; WEBBER, R.L.; SHMIDT, E. A robust digital method for film contrast correction in subtraction radiography. **Journal of periodontal research**, Boston, v.21, p.486-495, 1985.

SARAMABANDU, J. *et al.* Algorithm for the automated alignment of radiographs for image subtraction. **Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Maxillofacial Radiology and Endodontics**, St. Louis, v. 77, n.1, p. 75-79, 1994a.

SARAMABANDU, J. *et al.* Registration techniques for digital subtraction radiography. **Dentomaxillofacial Radiology**, Tokyo, v. 23, p. 117-119, 1994b.

SOUSA, C.J.A. Controle da remoção de cárie dental através da subtração de imagem radiográfica computadorizada. **Revista da ABO nacional**, v.5, n.6, p.313-316, 1997.

TOKAREWICZ, D. *et al.* Influência do nível de experiência do examinador na interpretação de radiografias obtidas através da técnica convencional e da subtração radiográfica digital (SRD). **Revista Periodontia**, v.17, n.3, p.73-78, set. 2007.

WEBBER, R.L.; RUTTIMANN, U.E.; GRONDAHL, H.G. X-ray image subtraction as a basis for assessment of periodontal changes. **Journal of periodontal research**, Boston, v.81, p.351-355, 1982.

WENZEL, A. Effect of manual compared with reference point superimposition on image quality in digital subtraction radiography. **Dentomaxillofacial Radiology**, Tokyo, v.18, p.145-150,1989.

WENZEL, A, *et al.* Impact of lossy image compression on accuracy of caries detection in digital images taken with a storage phosphor system. **Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Maxillofacial Radiology and Endodontics**, St. Louis, v. 77, n.1, p. 75-79, 1996.

VAN DER STELT, P.F. Modern radiograph methods in the diagnosis os periodontal disease. **Advances in Dental Research**, Stanford, v.7, n.2, p. 158-62, 1993.

VANDRE, R. H., WEBBER, R. L., Future trends in dental radiology. **Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics**, St. Louis, v.80, n.4, p. 471-478, 1995.

YOON, D.C. A new method for the automated alignment of dental radiographsfor digital subtraction radiography. **Dentomaxillofacial Radiology**, Tokyo, v.29, p.11-19, 2000.

## ARTIGO II

### **Avaliação de reabsorções radiculares externas simuladas por meio da subtração radiográfica digital**

*Avaliation of simulate external root resorption by means of digital subtraction radiography*

Tony Vieira Faria<sup>1</sup>, Silvana Albuquerque<sup>2</sup>, Ênio Tonani Mazzieiro<sup>3</sup>, Flávio Ricardo Manzi<sup>3</sup>

**RESUMO** – A detecção precoce de reabsorções radiculares é de enorme importância na ortodontia, por permitir mudanças na mecânica ortodôntica, antes que maiores danos sejam causados nas estruturas radiculares. Este trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia da subtração radiográfica digital, linear e logarítmica, na detecção de reabsorções radiculares em incisivos superiores *in vitro* e comparar sua utilização por 2 grupos: ortodontistas e radiologistas contendo 5 integrantes/cada. Foi selecionada uma amostra de 36 incisivos centrais superiores extraídos, que tiveram seu comprimento mensurado e posteriormente reduzido gradualmente, no seu longo eixo, em valores de 0,5mm, 1,0mm, 1,5mm e 2,0mm. Em seguida, os mesmos foram divididos em dois grupos que sofreram desgastes na face vestibular, 4mm do ápice radicular: no primeiro, foram realizados desgastes regulares e no segundo desgastes de padrão irregular, mais semelhantes àqueles encontrados em reabsorções *in vivo*. As radiografias digitais foram obtidas com o sistema digital DenOptix® e as imagens obtidas foram subtraídas pelos métodos linear e logarítmicos com o *software* Emago®. Os avaliadores determinaram a capacidade de diagnóstico da radiografia digital comparada com a subtração radiográfica digital (linear e logarítmica) em ambos os grupos. Foi observado que subtração digital aumentou a capacidade de diagnóstico das reabsorções radiculares apicais e vestibulares, principalmente as de pequenas dimensões. Na comparação entre os profissionais, verificou-se que o grupo dos radiologistas apresentou melhores desempenhos em todos os métodos de avaliação de reabsorção radiculares externas apicais e vestibulares, especialmente em reabsorções de pequenas proporções. Pode-se concluir que o método de subtração radiográfica digital é um método eficaz para avaliação e identificação de pequenas reabsorções radiculares externas.

**Palavras - Chave:** Intensificação de imagem radiográfica. Radiografia dentária digital. Radiografia. Diagnóstico

---

<sup>1</sup> - Mestrando em ortodontia.

<sup>2</sup> - Mestre em ortodontia.

<sup>3</sup> - Professor do curso de mestrado em ortodontia da PUC Minas.

## INTRODUÇÃO

A reabsorção radicular externa apical dos incisivos superiores tem sido observada durante anos como um processo que pode acompanhar o tratamento ortodôntico, sendo caracterizada pela perda da estrutura mineralizada da raiz do dente. Este processo pode ser definido como fisiológico, quando ocorre em dentes decíduos que se encontram em processo de esfoliação; ou patológico, quando acomete dentes permanentes (CONSOLARO, 2005).

Em diversos estudos são observadas altas taxas de incidência e prevalência da reabsorção radicular apical externa em pacientes tratados ortodonticamente (NEWMAN, 1975; LEVANDER; MALMGREN, 1988; LINGE; LINGE, 1991). No entanto, quando essa perda é de até três milímetros no terço apical, ela não deve ser motivo para cuidados especiais (CONSOLARO, 2005). Na maioria dos casos, este tipo de reabsorção é mínima e sem significado clínico.

A movimentação ortodôntica pode causar danos extremos e irreversíveis à raiz dentária, como a reabsorção radicular apical externa severa. Este grau de reabsorção apresenta um encurtamento exagerado do comprimento do dente (LEVANDER; MALMGREN, 1988).

A radiografia periapical representa o método de diagnóstico mais comumente utilizado para detectar a presença de reabsorções radiculares externas apicais. Ao compará-la aos outros métodos radiográficos, observa-se a superioridade no diagnóstico neste tipo de lesão (CLASEN; AUN, 2001; WESTPHALEN *et al.*, 2004).

Durante o tratamento ortodôntico, realizar o diagnóstico precoce da reabsorção radicular externa permite que providências possam ser executadas mais efetivamente, modificando aspectos no tratamento e até mesmo suspendendo-o, para que a progressão do problema seja controlada e os danos mediados, evitando que maiores perdas de estruturas radiculares aconteçam. A radiografia convencional é o método mais utilizado para a detecção das reabsorções radiculares externas (CHAPNICK, 1989) mas, estudos demonstram que sua capacidade diagnóstica é inferior à da radiografia digital (CLASEN; AUN, 2001; HAITER *et al.*, 2001; WESTPHALEN *et al.*, 2004).

Comparando a capacidade de detecção de reabsorções radiculares externas simuladas de pequenas dimensões (menores que 2mm) entre a radiografia convencional e a radiografia digital, Albuquerque (2006) concluiu que a segunda é superior para diagnosticar reabsorções muito pequenas, de 0,5mm, sendo semelhante à primeira em reabsorções de maior proporção.

A radiografia digital ainda dispõe de recursos, como efeitos de *zoom*, modificações no contraste, no brilho ou na colorização da imagem, pode ser transformada em sua forma negativa ou manipulada em pseudo 3D (relevo) (WENZEL; GRÖNDAHL, 1995), o que contribui para um diagnóstico acurado.

Outra ferramenta da radiografia digital é a subtração radiográfica digital. Essa técnica permite que duas radiografias da mesma região anatômica realizadas em tempos diferentes tenham suas respectivas estruturas coincidentes removidas e a imagem resultante seja apenas a diferença entre ambas (VAN DER STELT, 1993). O valor desses pixels, que em sistemas de 8 *bytes* trabalham com escalas de tons de cinza que variam de “0” a “255” são subtraídos. Nessa imagem resultante, tudo que for idêntico entre ambas as radiografias resulta no valor “0”, uma cor preta, mas o programa faz com que assuma um valor, de “128”, um tom de cinza neutro (SAMARABANDU *et al.*, 1994). Perda de densidade, que pode ser interpretada como reabsorção no caso dessa ser em região de raiz, leva à formação de uma área escurecida na região, com valores menores que “128”.

São muitos os métodos para tornar geometricamente idênticas duas radiografias. Samarabandu *et al.* (1994) classificam esses métodos em *priori* e *posteriori* à aquisição das imagens. Entre as técnicas *priori*, que englobariam aquelas realizadas antes da aquisição da imagem, são descritos: um dispositivo de resina autopolimerizável fixado na arcada do paciente, servindo como referência para o acoplamento do tubo do aparelho radiográfico (GRÖNDAHL; GRÖNDAHL, 1983), um cefalostato modificado para a padronização da posição da cabeça do paciente em relação a fonte de radiação (JEFFCOAT; JEFFCOAT; WILLIAMS, 1984; LUDLOW *et al.*, 1994) ou posicionadores de radiografias periapicais aos quais são adaptados registros oclusais individuais confeccionados com resina acrílica autopolimerizável ou material de moldagem (WEBBER; RUTTIMANN; GRONDAHL, 1982; VANDRE; WEBBER, 1995; CRESTANI *et al.*, 2001). Nas técnicas *posteriori*, que fazem menção àquelas realizadas depois da obtenção das imagens, destacam-

se os recursos digitais fornecidos por diferentes *softwares* para a padronização geométrica ou a equalização de imagens.

Hintze *et al.* (1992) estudaram as possibilidades da subtração radiográfica digital na detecção de reabsorção radicular externa. Observou-se que esta técnica pode auxiliar no diagnóstico de pequenas lesões, mas que não determina um aumento da capacidade de diagnóstico geral quando comparada às radiografias convencionais. Ainda, avaliações quantitativas realizadas com a subtração radiográfica digital comparada com as radiografias convencionais não demonstram aumento na detecção de reabsorções radiculares apicais causadas por movimentação ortodôntica (PERONA; WENZEL, 1996).

Entretanto, Kravitz *et al.* (1992) refutam essa idéia e apontam que o resultado geral nos diagnósticos utilizando a subtração radiográfica é superior à radiografia convencional, especialmente em reabsorções proximais, mas que a técnica não se mostra superior quando se trata de reabsorções radiculares vestibulares.

Heo *et al.* (2001) observaram a subtração radiográfica digital numa análise quantitativa de reabsorção simulada no ápice radicular com desgastes de até 0,5mm em incisivos maxilares radiografados em diferentes angulações. Utilizando o Emago®, eles alinharam as imagens geometricamente e as subtraíram. Como conclusão, os autores apontaram que na análise quantitativa da subtração radiográfica, pequenas reabsorções radiculares podem ser diagnosticadas com sucesso. No entanto, os autores observam que essas imagens provavelmente não correspondem àsquelas observadas *in vivo* por apresentarem lesões feitas com brocas que tornavam as bordas vivas, gerando imagens radiográficas menos difusas. Eles ainda afirmaram que outros estudos analisando reabsorções vestibulares e linguais deveriam ser realizados para observar a capacidade de diagnóstico da subtração radicular em lesões simuladas por vestibular mais semelhantes aquelas encontradas *in vivo*, com aspecto radiográfico mais difuso.

Tendo em vista as dúvidas levantadas na literatura, este trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade diagnóstica qualitativa da técnica de subtração radiográfica digital na detecção de reabsorções radiculares externas no ápice radicular e na face vestibular apical de incisivos superiores utilizando dois grupos de profissionais envolvidos com esse diagnóstico: ortodontistas e radiologistas e comparar os resultados obtidos por esses dois grupos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Amostra**

A amostra para o presente estudo foi composta de 36 incisivos superiores extraídos provenientes dos arquivos da clínica de radiologia da PUC Minas, dos quais foram obtidas 324 radiografias digitais. Esses elementos dentários apresentavam raízes híginas e com morfologia normal, sem dilacerações radiculares e/ ou curvaturas. As coroas dos incisivos que se apresentavam cavitadas devido à cárie foram restauradas com resina fotopolimerizável 3M Filtek® Z250 (3M do Brasil Ltda, Sumaré, Brasil) reestabelecendo, assim, a anatomia dentária e, proporcionando radiopacidade nas regiões reconstruídas.

Esse estudo foi executado em 5 fases, descritas a seguir:

#### **1ª fase- Padronização das tomadas radiográficas**

Na primeira fase, o comprimento longitudinal real dos incisivos superiores híginos foi mensurado por meio de paquímetro digital de pontas secas (Canadá Inc., Mitutoyo, Canadá). Dois avaliadores realizaram essa medida e a média de ambas as medidas indicou a distância longitudinal verdadeira do dente adotando este valor como padrão ouro deste estudo.

Para padronizar o posicionamento do paquímetro sobre o dente na realização destas medidas, uma linha “a” foi traçada sobre o longo eixo da unidade dentária, com caneta de retroprojektor de ponta fina (1,0 mm). Esta linha “a” era formada pela união de dois pontos, sendo um incisal coronário (IC) e outro apical radicular (AR) (figura 1). O ponto incisal coronário se localizava na borda incisal da coroa do incisivo. Para identificá-lo, uma linha “b” formada pelos pontos da borda mesial (M) e distal (D) posicionados de forma mais oclusal e lateral possível do terço incisal da coroa foi traçada sobre o dente. Em seguida, uma terceira linha, “c”, desenhada na metade dessa linha “b” e perpendicular a ela, até cruzar com a borda incisal do

incisivo, foi usada para identificar o ponto incisal coronário (figura 2). O segundo ponto, apical radicular, era localizado na porção mais apical do ápice radicular. Desta forma, no momento da mensuração do dente, a haste vertical do paquímetro ficou posicionada paralela a esta linha traçada com suas pontas situadas sobre os pontos incisal coronário e apical radicular (PERONA; WENZEL,1996).



Figura 1: Pontos e linhas utilizados para padronizar o posicionamento do paquímetro: linha “a” formada pela união de dois pontos, sendo um incisal coronário (IC) e o outro apical radicular (AR).



Figura 2: Pontos e linhas utilizados para padronizar o posicionamento do paquímetro: ponto mesial (M), ponto distal (D), linha b (formada pela união dos pontos M e D), linha c (perpendicular a metade da linha b, incidindo na borda incisal do dente), ponto incisal coronário (IC), ponto apical radicular (AR).

Em seguida, cada incisivo superior foi radiografado utilizando uma placa de fósforo do sistema digital DenOptix®. Este aparelho apresenta um tambor no qual foram acopladas as placas de fósforo para leitura. Essas radiografias foram

realizadas por um único operador utilizando o aparelho radiográfico GE 1000 (General Electric Company, Milwaukee, Wisconsin, USA), operando a 65 kV, 10 mA, com filtro de alumínio de 1,5 mm de espessura. O tempo de exposição utilizado para sensibilização dos sensores de fósforo foi de 0,20 s. Um número de 10 placas de fósforo foram *escaneadas* simultaneamente, com duração em torno de 2 minutos e 22 segundos. Em seguida, as imagens foram exportadas e armazenadas em formato TIFF, operando na resolução de 300 dpi, com tamanho do pixel de 0,085 X 0,085 mm, matriz de 485 x 367 *pixels* com 8 *bits* para quantificação dos níveis de cinza e resolução espacial de 6 lp/mm (ALMEIDA *et al.*, 2000).

Para aproximar o experimento das condições da cavidade bucal, durante a obtenção das radiografias digitais, os incisivos foram posicionados num alvéolo de um bloco ósseo da pré-maxila extraído de um crânio seco. Além disso, o bloco ósseo/incisivo foi posicionado sob um recipiente de acrílico de 2 cm de altura contendo água no seu interior, para atenuação dos feixes de raios X, simulando na imagem a presença do tecido mole sobreposto (BORG *et al.*, 1998).(figura 3)

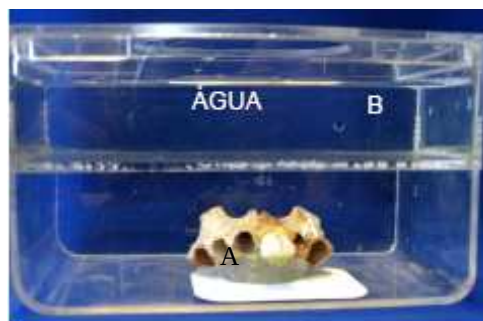


Figura 3: Bloco ósseo e incisivo (A) posicionado dentro de um recipiente de acrílico contendo água (B) para simulação de tecido mole.

A técnica radiográfica do paralelismo foi realizada de forma padronizada com o auxílio de um dispositivo em acrílico, segundo descrito por Pontual (2005).

Esse dispositivo, composto de uma caixa de acrílico com a tampa perfurada para posicionar o cilindro do aparelho radiográfico, proporcionou a padronização da distância foco-filme e foco-sensor em 40 cm e permitiu uma incidência perpendicular do feixe de raios X ao seu plano inferior, no qual o sensor foi colocado. O bloco ósseo/incisivo foi posicionado sobre a placa. Acima do bloco ósseo/incisivo se

encontrava o recipiente de acrílico contendo água. O cilindro do aparelho de raios X foi colocado sobre o recipiente de água. Como este recipiente se encontrava paralelo ao plano inferior do dispositivo de acrílico, o feixe de radiação incidia perpendicularmente ao plano inferior do dispositivo de acrílico, e, conseqüentemente, ao sensor digital, obtendo-se uma técnica radiográfica do paralelismo adequada. (figura 4)



Figura 4: Dispositivo de acrílico para padronização da técnica do paralelismo: plano inferior do dispositivo de acrílico (A) , bloco ósseo/ incisivo (B) , recipiente de acrílico contendo água (C) , cilindro do aparelho radiográfico (D) .

Para assegurar a existência de paralelismo do incisivo em relação ao dispositivo de acrílico e sensor digital, a face inferior do bloco ósseo da pré-maxila foi recoberta com resina acrílica autopolimerizável JET® (Clássico, São Paulo, Brasil) para criar uma base plana e estável, evitando básculas quando este objeto fosse posicionado sobre o plano do dispositivo de acrílico.

Além disso, o alvéolo desta pré-maxila foi preenchido com silicone de condensação denso Silon 2 APS Denso® (Detsply® Indústria e Comercio Ltda, Petrópolis, Brasil) em processo de polimerização, em seguida, o incisivo foi introduzido no alvéolo, posicionando o seu longo eixo paralelo à borda inferior do bloco ósseo. Conseqüentemente, o incisivo manteve uma posição paralela ao plano inferior do dispositivo de acrílico e o sensor digital de forma estável.

Todas as radiografias apresentavam códigos que informavam a que dente pertenciam, o tipo de reabsorção nela se observava e o grau da reabsorção.(figura 5)

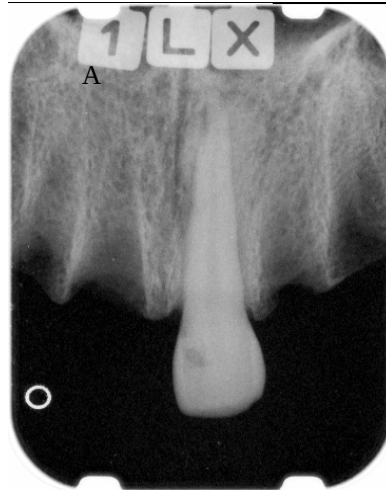


Figura 5: Radiografia obtida. (A)- Código da radiografia informando o número do dente , a presença ou não de reabsorção simulada e o grau de reabsorção.

## **2ª fase- Simulação das reabsorções radiculares apicais**

Na segunda fase, as reabsorções radiculares externas foram simuladas no ápice radicular de cada dente. Para tanto, o ápice foi desgastado com broca n. 3145 (KG Sorensen Indústria e Comércio Ltda, Barueri, Brasil) reduzindo o comprimento total longitudinal da unidade dentária gradualmente, 0,5 mm, 1,0 mm, 1,5 mm e 2,0 mm. A cada alteração realizada, os incisivos eram radiografados com sensor de fósforo do sistema digital DenOptix® e o protocolo de posicionamento do paquímetro sobre o dente era adotado mais uma vez para determinar a quantidade exata de desgaste executado no ápice radicular desses elementos. Desta forma, valores reais do comprimento longitudinal destes dentes, após a confecção das reabsorções apicais, eram obtidos, sendo estes adotados, também, como padrão ouro.

Foi obtido um total de 180 imagens radiográficas (36 correspondente a cada dente hígido somados a 36 para cada etapa de desgaste realizado), seguindo os mesmos preceitos de posicionamento da primeira fase.

### **3ª fase - Simulação das reabsorções radiculares vestibulares**

Na terceira fase deste estudo, os mesmos 36 dentes utilizados na primeira etapa foram divididos em 2 grupos. O primeiro grupo contendo 20 elementos e o segundo contendo 16. Em ambos os grupos foram realizados desgastes simulando reabsorções radiculares externas na face vestibular da raiz, no terço apical, 4mm cervical ao ápice dentário utilizando brocas esféricas n.4 (KG Sorensen Indústria e Comércio Ltda, Barueri, Brasil). No primeiro grupo, a reabsorção radicular apresentava bordas regulares, obedecendo o formato da ponta ativa da broca cilíndrica utilizada para tal procedimento. Já no segundo grupo, as margens da reabsorção radicular eram irregulares e cuidado foi tomado para que as bordas não ficassem vivas. A confecção deste formato visou obter uma lesão radicular semelhante às reabsorções radiculares externas verdadeiras. Após cada uma das reabsorções serem feitas, eram medidas com sonda milimetrada (Trinity Indústria e Comércio Ltda, Jaraguá, Brasil) permitindo acessar os níveis corretos de reabsorção simulados. As lesões apresentaram profundidade de 0,5mm e posteriormente esta dimensão foi aumentada sequencialmente para 1,0 mm, 1,5mm e 2mm, somando então mais 144 imagens (36 para cada etapa de desgaste).

A medição da profundidade da sondagem era realizada após cada desgaste vestibular assegurando a proporção desse desgaste. Desta forma, valores reais da profundidade das reabsorções eram obtidas após a confecção da reabsorção apical, sendo estes adotados, também, como padrão ouro.

O preenchimento do alvéolo com silicone de condensação não só manteve o dente na posição, paralelo ao filme, como permitiu que o incisivo pudesse ser removido e recolocado no alvéolo quantas vezes fossem necessárias para simulação das reabsorções radiculares apicais, sem alterar seu posicionamento.

#### **4ª fase – Subtração digital linear e logarítmica**

Na quarta fase, as radiografias foram submetidas ao processo de subtração digital. Para tanto, foi utilizado o *software* Emago®/ Advanced v3.2. (Oral Diagnostic Systems, Amsterdam, The Netherlands).

Inicialmente as imagens foram transformadas do formato digital TIFF, como elas haviam sido originalmente obtidas, para JPEG.

Para que os resultados das subtrações fossem mais precisos, foram utilizados os comandos *Y correction* do Emago® que calibra os níveis de cinza das radiografias e o comando *reconstruction* que realiza a regularização geométrica entre duas radiografias pareadas. Essa regularização foi realizada selecionando quatro pontos identificáveis entre as duas radiografias, que uma vez selecionados parearam as imagens através de um algoritmo, tornando-as geometricamente coincidentes.

Todos esses parâmetros de alinhamento e correção dos níveis de cinza, somados aos cuidados na obtenção das radiografias, foram suficientes para tornar ambas as imagens pareadas e espacialmente alinhadas para que a subtração pudesse ser corretamente realizada. (figura 8)

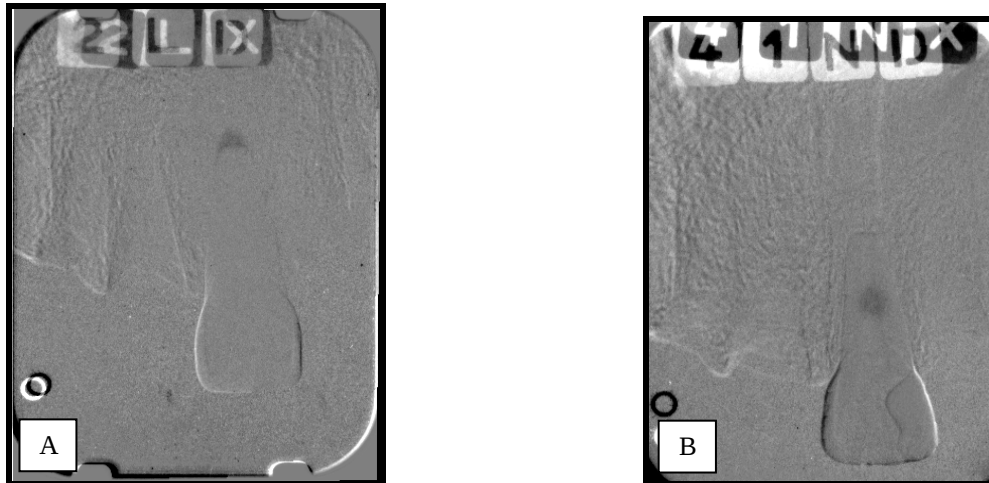


Figura 6 : Subtração radiográfica digital linear com reabsorção apical (A) e vestibular (B)

O método de subtração digital logarítmica também foi observado. Este se apresenta como uma ferramenta do próprio programa, permitindo a definição de pequenas diferenças entre as duas radiografias ao custo do aumento do ruído estrutural e aumento do contraste. Para reduzir esse ruído estrutural foi utilizado o comando *defined filter* (BITTAR-CORTEZ *et al.*, 2006). (figura 9)

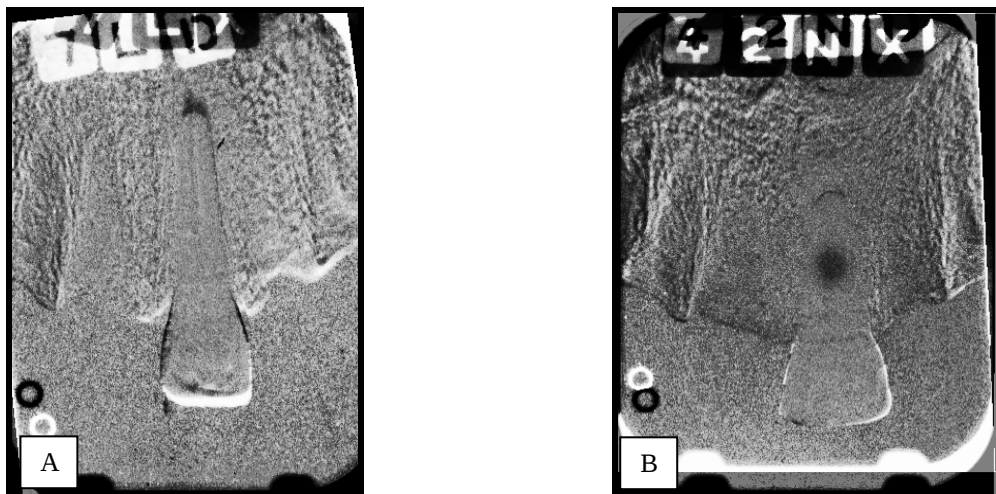


Figura 7 : Subtração radiográfica digital logarítmica com reabsorção apical (A) e (B) vestibular

Foram obtidas imagens subtraídas entre o elemento hígido e cada um dos níveis de reabsorção simulada (elementos hígidos subtraído com esse mesmo elemento após reabsorção simulada de 0,5mm, 1,0mm, 1,5mm e 2,0mm) resultando num total de 288 imagens de subtração linear e 288 imagens de subtração logarítmica.

### **5ª fase – Avaliação das imagens**

A quinta fase do estudo consistiu na entrega de kits a cada um dos avaliadores, divididos em 2 grupos: radiologistas (5) e ortodontistas (5). Esses kits continham brochuras descrevendo o números dos slides a serem avaliados e 5 opções, de “a” a “e”, para cada uma das questões (tabela 1) e 6 cds com apresentações no Power Point® (Microsoft, Redmond, WA, USA), divididos pelo tipo de imagem que continham: 2 cds de imagens com reabsorções apicais, 2 cds com imagens com reabsorções vestibulares regulares e 2 cds com imagens com reabsorções irregulares. Ainda, um tutorial foi disponibilizado informando os tipos de slides presentes nos cds além de informações sobre a melhor forma de proceder a avaliação.

|   |                                                  |
|---|--------------------------------------------------|
| a | Certamente apresenta reabsorção radicular        |
| b | Provavelmente apresenta reabsorção radicular     |
| c | Não há como afirmar                              |
| d | Provavelmente não apresenta reabsorção radicular |
| e | Certamente não apresenta reabsorção radicular    |

Quadro1 : Possíveis respostas dos avaliadores

Os slides se apresentavam de 4 formas para serem avaliados: 1) Apenas uma radiografia digital, 2) Duas radiografias digitais do mesmo elemento em tempos diferentes, 3) Uma radiografia digital ao lado de uma subtração linear do mesmo elemento, 4) Uma radiografia digital ao lado de uma subtração logarítmica do mesmo elemento.

Os resultados foram observados quanto a valores preditivos positivo (probabilidade da reabsorção estar presente quando o diagnóstico é positivo) e negativo (probabilidade da reabsorção estar ausente quando o diagnóstico é negativo). Foi considerado o seguinte limiar para as avaliações radiográficas: reabsorção presente, quando foi atribuído os resultados “a” e “b”(certamente e provavelmente apresenta reabsorção radicular) e reabsorção ausente, quando foi atribuído os resultados “c”, “d” e “e”(não há como afirmar, certamente e provavelmente não apresenta reabsorção radicular, respectivamente) (PONTUAL, 2007).

Os avaliadores eram informados que existiam entre os *slides*, elementos dentários com e sem reabsorção radicular e cabia a eles julgar a possibilidade de detecção dessas reabsorções.

As imagens foram dispostas aleatoriamente, sem qualquer sequência quanto ao tipo de reabsorção, subtração ou imagem.

Após a obtenção dos dados obtidos nos grupos dos radiologistas e ortodontistas, essas informações foram tabuladas. As respostas foram comparadas às medidas tomadas como padrão-ouro previamente obtidas e, quando corretas, eram somadas. Medianas das quantidades de acertos de diagnósticos dos profissionais foram obtidas de ambos os grupos em cada nível de reabsorção e nas diferentes técnicas diagnósticas utilizadas: radiografia digital, subtração radiográfica linear e logarítmica. Foi realizado tratamento estatístico com os dados ordinais não-paramétricos obtidos através do teste estatístico de Friedman com nível de significância de 5% ( $p < 0,05$ ).

## **RESULTADOS**

### **Reabsorções apicais**

Para o grupo dos radiologistas, a utilização da subtração digital, tanto a linear como a logarítima, tiveram desempenho melhor quando comparado com a avaliação apenas pela radiografia digital nas reabsorções de 0,5 e 1,0 mm e desempenho semelhante e eficiente nos níveis de reabsorção de 1,5 e 2,0 mm ( $p < 0,05$ ).

O grupo dos ortodontistas apresentou melhor desempenho na detecção das reabsorções com a subtração radiográfica logarítmica em 0,5mm quando comparado à subtração radiográfica linear ou às radiografias digitais. Ambas as subtrações mostraram-se superiores no diagnóstico, quando comparadas com a radiografia digital, em 1,0 mm e 1,5 mm e não houve diferenças entre os métodos em relação às reabsorções apicais de 2,0 mm ( $p<0,05$ ).

Ao se comparar os grupos profissionais, o desempenho dos radiologistas foi melhor nos diagnósticos de reabsorções de 0,5 à 1,5mm, sendo igual o desempenho nos casos de reabsorções de 2,0mm ( $p<0,05$ ). (Figuras , 10, 11, 12 e 13)

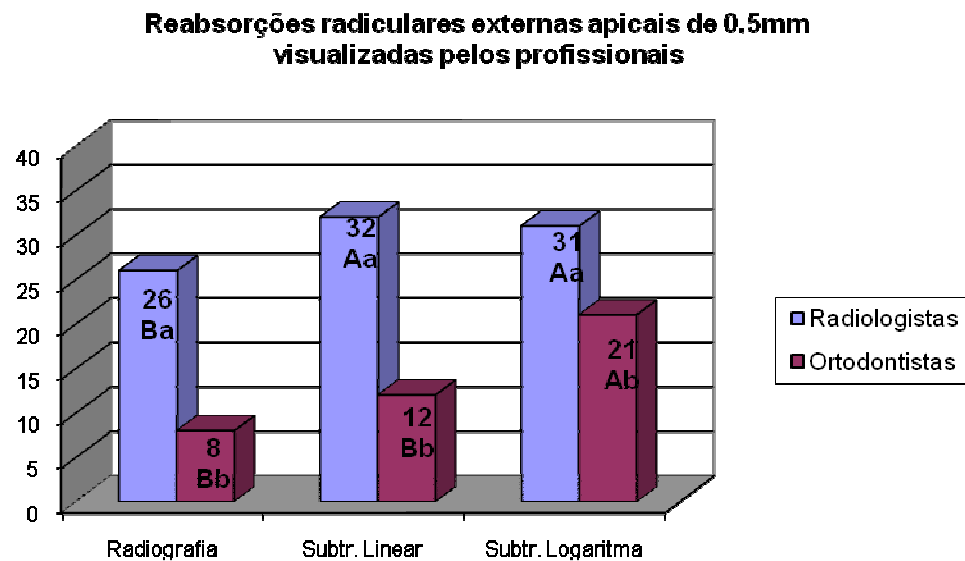


Figura 8 : Comparação dos grupos em 0,5mm. As medianas das quantidades de acertos seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre o método de avaliação (radiografia digital, subtração logarítmica ou linear) e medianas seguidas de letras minúsculas distintas diferem na comparação entre profissionais (radiologistas e ortodontistas) pelo teste de Friedman ( $p<0,05$ )

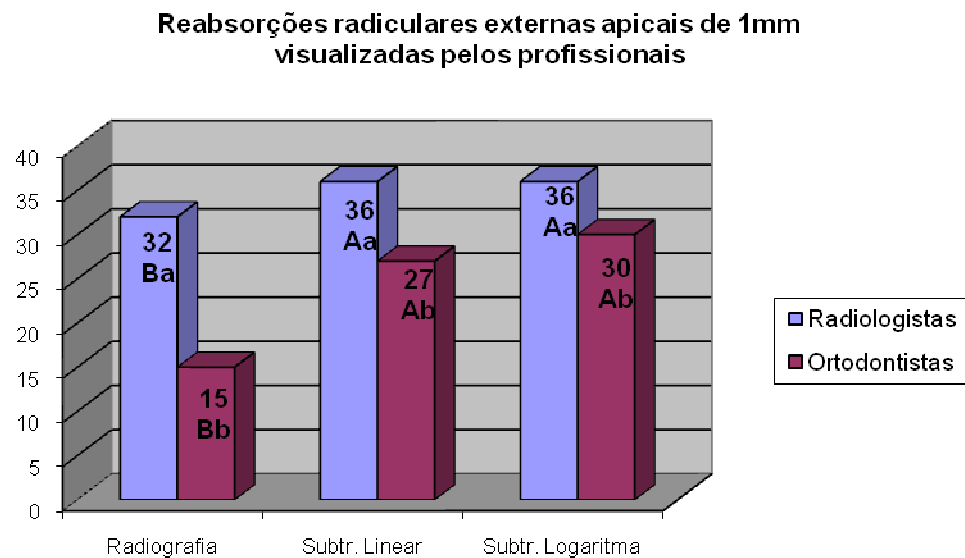


Figura 9: Comparação dos grupos em 1,0 mm. As medianas das quantidades de acertos seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre o método de avaliação (radiografia digital, subtração logarítmica ou linear) e medianas seguidas de letras minúsculas distintas diferem na comparação entre profissionais (radiologistas e ortodontistas) pelo teste de Friedman ( $p < 0,05$ ).

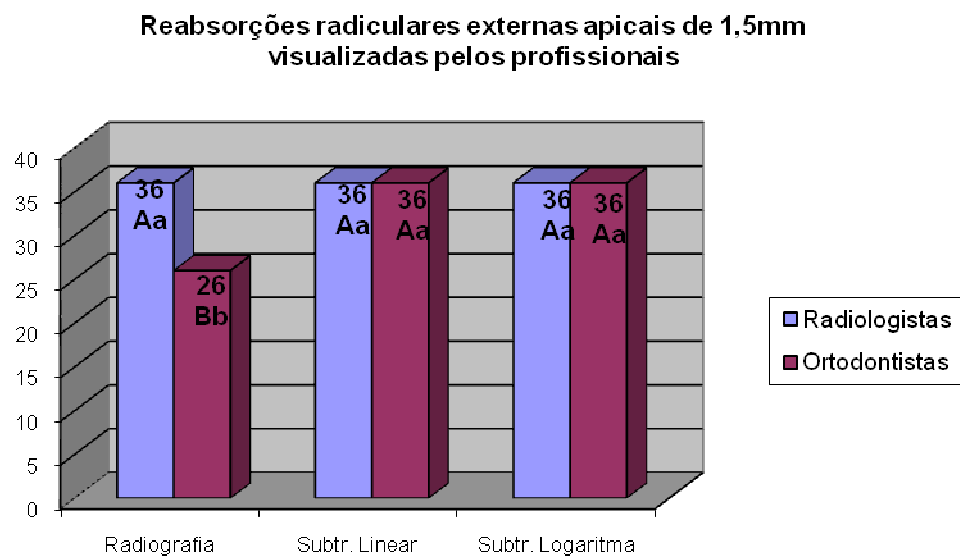


Figura 10 : Comparação dos grupos em 1,5 mm. As medianas das quantidades de acertos seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre o método de avaliação (radiografia digital, subtração logarítmica ou linear) e medianas seguidas de letras minúsculas distintas diferem na comparação entre profissionais (radiologistas e ortodontistas) pelo teste de Friedman ( $p < 0,05$ ).

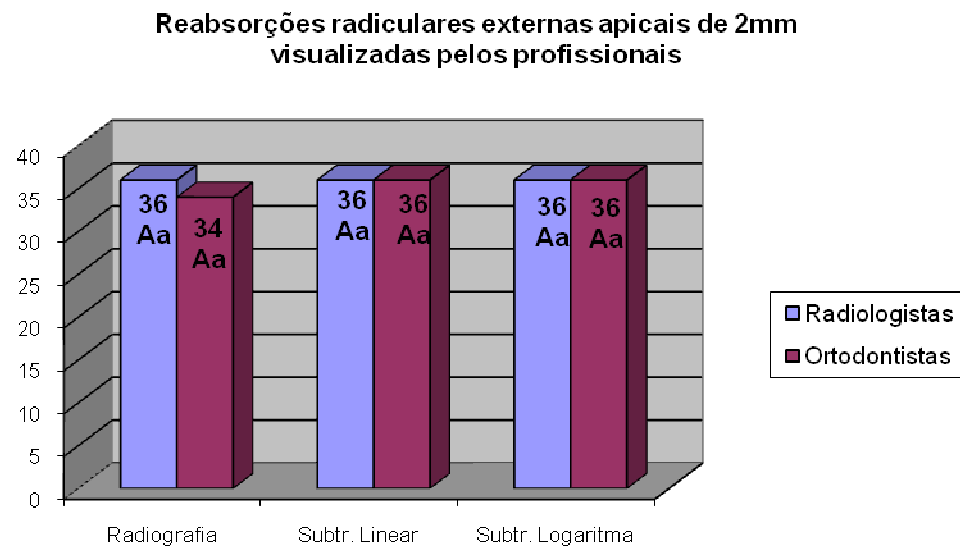


Figura 11: Comparação dos grupos em 2,0 mm. Medianas das quantidades de acertos seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre o método de avaliação (radiografia digital, subtração logarítmica ou linear) e medianas seguidas de letras minúsculas distintas diferem na comparação entre profissionais (radiologistas e ortodontistas) pelo teste de Friedman ( $p < 0,05$ ).

### Reabsorções vestibulares irregulares

Para o grupo dos radiologistas, a utilização das técnicas de subtração radiográfica linear e logarítmica tiveram desempenho melhor quando comparado com os resultados obtidos apenas com a radiografia digital em níveis de reabsorção de 0,5 e 1,0mm e resultados eficientes e semelhantes nos três métodos de diagnóstico nos níveis de reabsorção de 1,5 e 2,0 mm ( $p < 0,05$ ).

Entre os ortodontistas, ambos os tipos de subtração radiográfica mostraram-se superiores à radiografia digital para diagnósticos de reabsorções de 0,5 à 1,5 mm e com eficiência semelhante nos diagnósticos de 2 mm ( $p < 0,05$ ).

Comparando os grupos de profissionais, os radiologistas apresentaram melhor desempenho no diagnóstico de reabsorções de 0,5 à 1,5mm e desempenho semelhante ao dos ortodontistas em reabsorções de 2,0mm ( $p < 0,05$ ). (Figuras 14, 15, 16 e 17)

**Reabsorções radiculares externas vestibulares irregulares de 0,5mm visualizadas pelos profissionais**

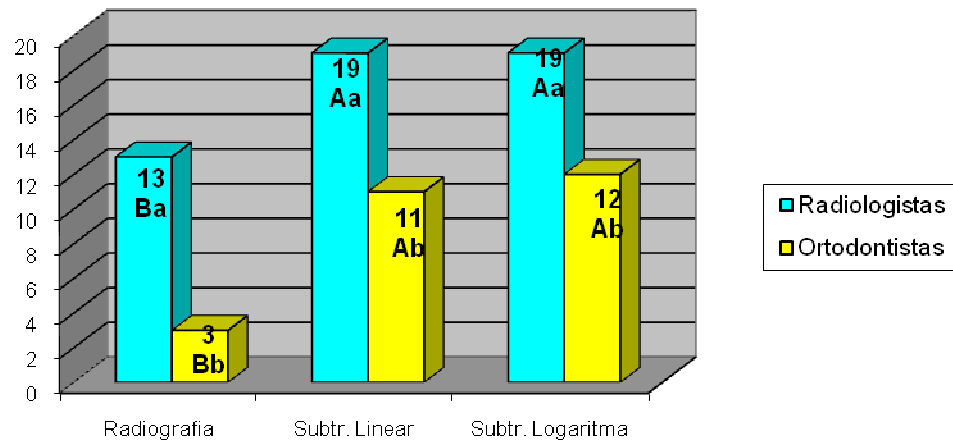


Figura 12: Comparação dos grupos em 0,5 mm. Medianas das quantidades de acertos seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre o método de avaliação (radiografia digital, subtração logarítmica ou linear) e medianas seguidas de letras minúsculas distintas diferem na comparação entre profissionais (radiologistas e ortodontistas) pelo teste de Friedman ( $p < 0,05$ ).

**Reabsorções radiculares externas vestibulares irregulares de 1mm visualizadas pelos profissionais**

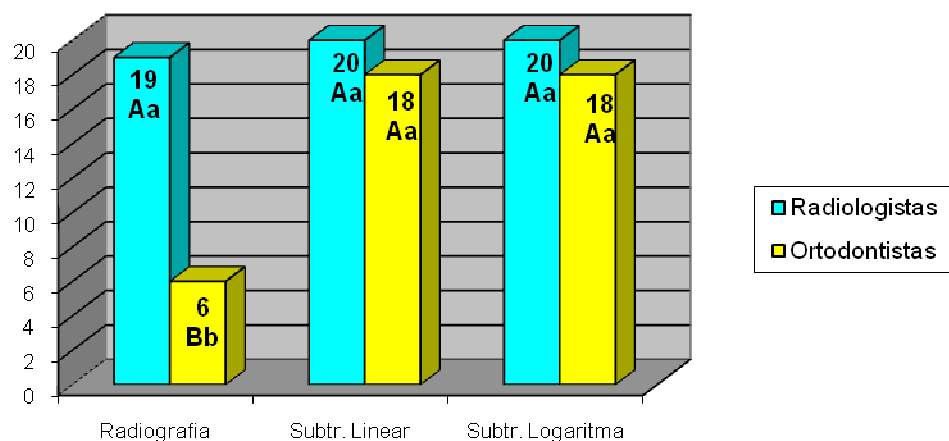


Figura 13 : Comparação dos grupos em 1,0 mm. Medianas das quantidades de acertos seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre o método de avaliação (radiografia digital, subtração logarítmica ou linear) e medianas seguidas de letras minúsculas distintas diferem na comparação entre profissionais (radiologistas e ortodontistas) pelo teste de Friedman ( $p < 0,05$ ).

**Reabsorções radiculares externas vestibulares irregulares de 1,5mm visualizadas pelos profissionais**

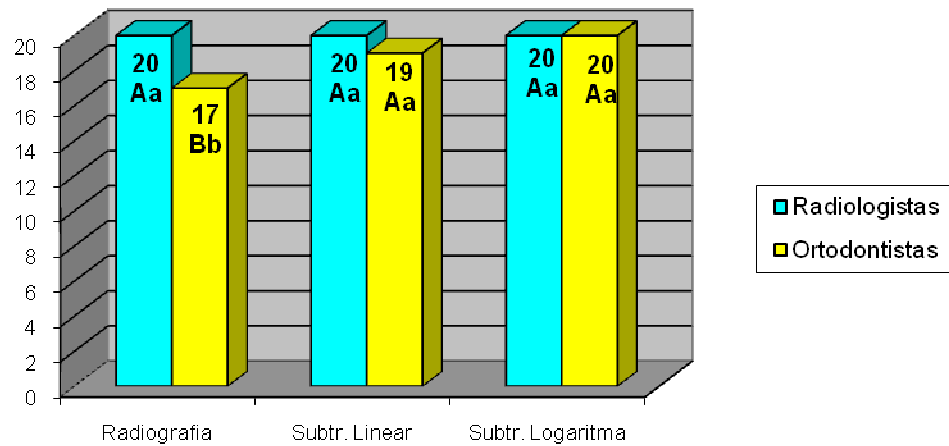


Figura 14: Comparação dos grupos em 1,5 mm. Medianas das quantidades de acertos seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre o método de avaliação (radiografia digital, subtração logarítmica ou linear) e medianas seguidas de letras minúsculas distintas diferem na comparação entre profissionais (radiologistas e ortodontistas) pelo teste de Friedman ( $p < 0,05$ ).

**Reabsorções radiculares externas vestibulares de 2mm visualizadas pelos profissionais**

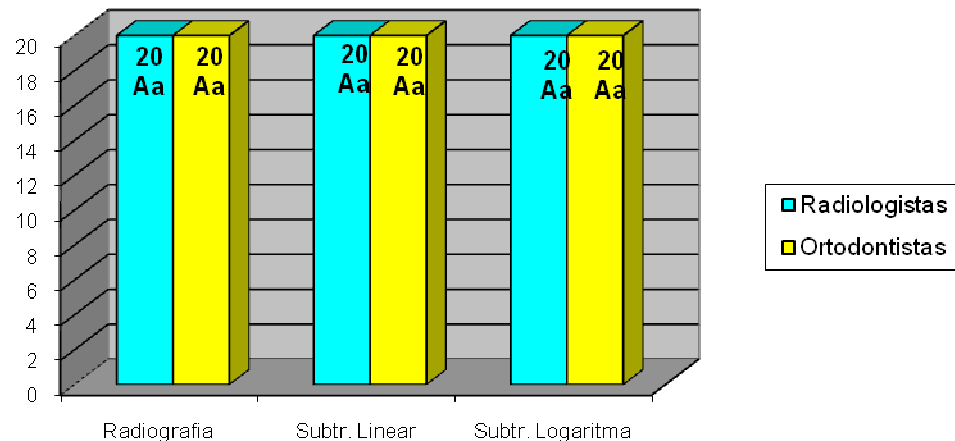


Figura 15 : Comparação dos grupos em 2,0 mm. Medianas das quantidades de acertos seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre o método de avaliação (radiografia digital, subtração logarítmica ou linear) e medianas seguidas de letras minúsculas distintas diferem na comparação entre profissionais (radiologistas e ortodontistas) pelo teste de Friedman ( $p < 0,05$ ).

## Reabsorções vestibulares regulares

Os grupos dos radiologistas e dos ortodontistas demonstraram melhores resultados utilizando as técnicas de subtração, tanto a logarítmica quanto a linear, ao comparar seus diagnósticos com as radiografias digitais nos níveis de reabsorção de 0,5 e 1,0mm e resultados semelhantes entre todos os métodos avaliados no diagnóstico das reabsorções de 1,5 e 2,0mm. ( $p<0,05$ ).

Ao comparar os grupos de radiologistas com o grupo dos ortodontistas observou-se um melhor desempenho do primeiro nos diagnósticos de reabsorção com radiografias digitais nos níveis de 0,5mm e 1,0mm e uma equiparidade nos diagnósticos utilizando a subtração radiográfica linear e logarítmica em todos os níveis de reabsorção e com radiografias digitais em 1,5 e 2,0mm de reabsorção radicular. ( $p<0,05$ ). (Figuras 18, 19, 20 e 21)

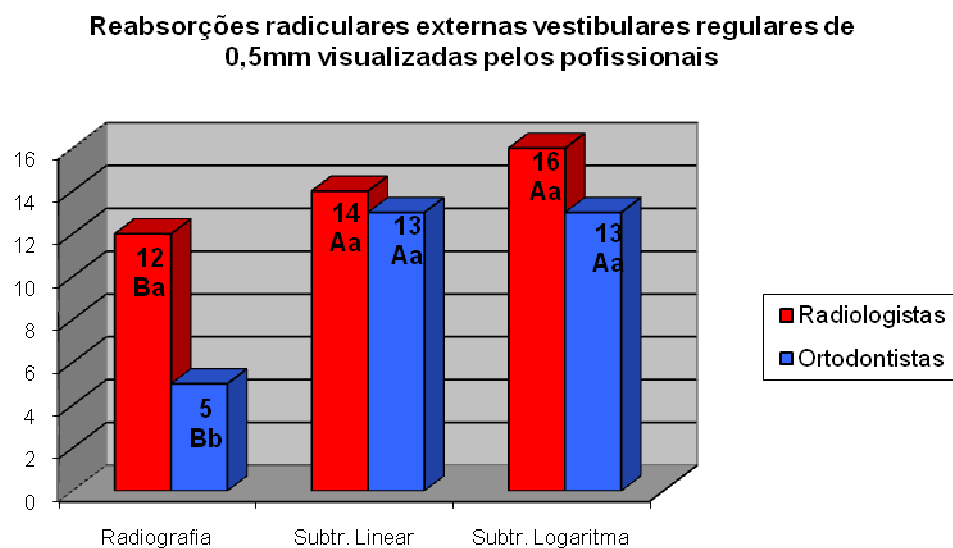


Figura 16: Comparação dos grupos em 0,5 mm. Medianas das quantidades de acertos seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre o método de avaliação (radiografia digital, subtração logarítmica ou linear) e medianas seguidas de letras minúsculas distintas diferem na comparação entre profissionais (radiologistas e ortodontistas) pelo teste de Friedman ( $p<0,05$ ).

**Reabsorções radiculares externas vestibulares regulares de 1mm visualizadas pelos profissionais**

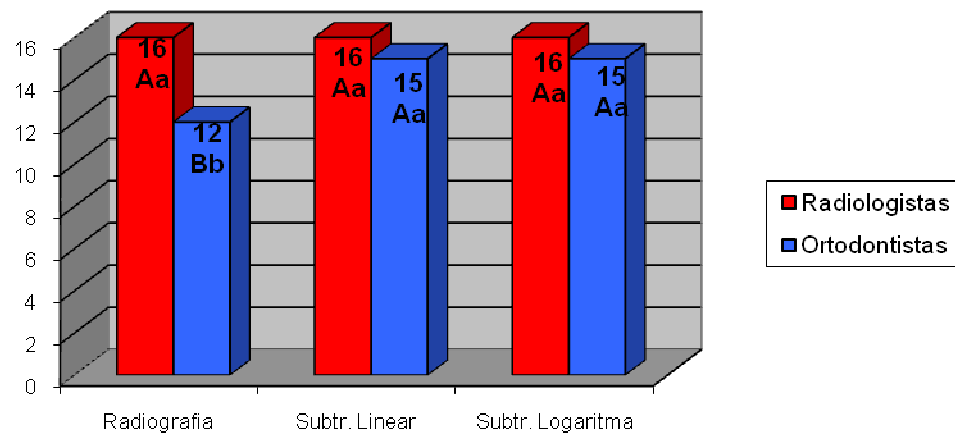


Figura 17: Comparação dos grupos em 1,0 mm. Medianas das quantidades de acertos seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre o método de avaliação( radiografia digital, subtração logarítmica ou linear) e medianas seguidas de letras minúsculas distintas diferem na comparação entre profissionais (radiologistas e ortodontistas) pelo teste de Friedman ( $p < 0,05$ ).

**Reabsorções radiculares externas vestibulares regulares de 1,5mm visualizadas pelos profissionais**

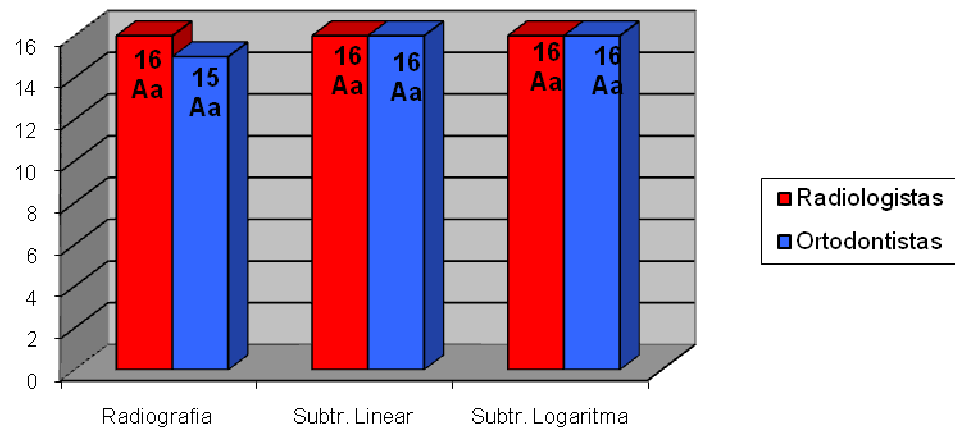


Figura 18: Comparação dos grupos em 1,5 mm. Medianas das quantidades de acertos seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre o método de avaliação( radiografia digital, subtração logarítmica ou linear) e medianas seguidas de letras minúsculas distintas diferem na comparação entre profissionais (radiologistas e ortodontistas) pelo teste de Friedman ( $p < 0,05$ ).

**Reabsorções radiculares externas vestibulares regulares de 2mm visualizadas pelos profissionais**

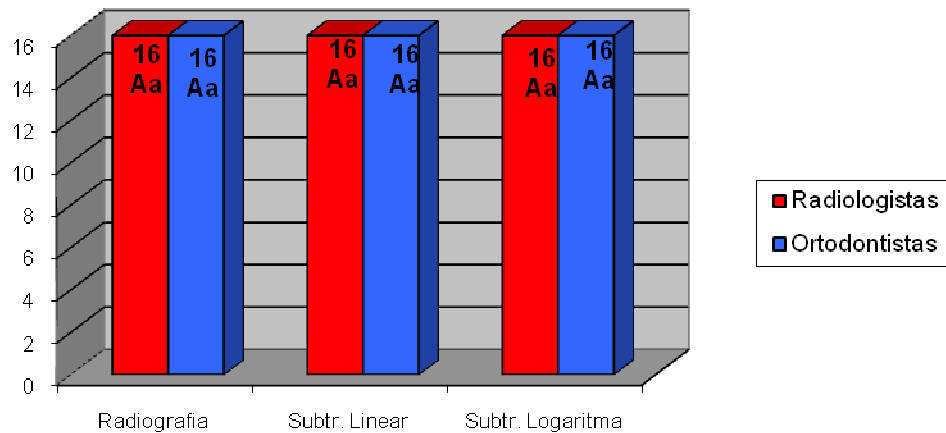


Figura 19: Comparação dos grupos em 2,0 mm. Medianas das quantidades de acertos seguidas de letras maiúsculas distintas diferem entre o método de avaliação( radiografia digital, subtração logarítmica ou linear) e medianas seguidas de letras minúsculas distintas diferem na comparação entre profissionais (radiologistas e ortodontistas) pelo teste de Friedman ( $p < 0,05$ ).

## DISCUSSÃO

No presente estudo, ao avaliar o desempenho do método radiográfico digital e comparar à subtração linear e logarítmica, observou-se a superioridade de ambos os tipos de subtração, especialmente na identificação de reabsorções de 0,5-1,5mm apicais, 0,5 e 1,0mm vestibular regular e irregular.

### Comparação entre grupos avaliadores

A movimentação ortodôntica induz processos inflamatórios locais. Essa inflamação, essencial para a movimentação dentária, é um componente fundamental para o processo de reabsorção radicular (BREZNIAK; WASSERSTEIN, 2002). Portanto, a movimentação ortodôntica e a reabsorção radicular são tópicos

interligados de maneira indissolúvel e observar a capacidade do ortodontista em avaliar a presença de reabsorção radicular durante o tratamento torna-se fundamental.

No presente estudo, a capacidade de diagnóstico de reabsorções apresentou uma grande discrepância entre os dois grupos avaliadores, compostos de ortodontistas e radiologistas.

O grupo dos radiologistas teve melhor desempenho na detecção das reabsorções apicais e vestibulares irregulares de 0,5 à 1,5mm, nas reabsorções vestibulares regulares de 0,5 e 1,0mm utilizando radiografias digitais e nas técnicas de subtração radiográfica linear e logarítmica. O grupo dos ortodontistas não teve melhor desempenho em nenhum dos métodos comparados.

### **Técnicas de padronização para subtração radiográfica**

Um pré-requisito para que a subtração radiográfica possa ser corretamente utilizada é que as duas radiografias a serem subtraídas estejam espacialmente semelhantes, com mínima variação (GRONDAHL; GRONDAHL, 1983).

Muitos autores propuseram diferentes técnicas de padronização espacial, do contraste e da densidade dos pixels, antes e após a obtenção das imagens radiográficas (WEBBER; RUTTIMANN; GRONDAHL, 1982; GRONDAHL; GRONDAHL; WEBBER, 1984; JEFFCOAT; JEFFCOAT; WILLIAMS, 1984; RUTTIMANN; WEBBER; SHMIDT, 1985; OHKI, OKANO; YAMADA, 1988; WENZEL, 1989; LUDLOW *et al.*, 1994; SAMARABANDU, *et al.* 1994; VANDRE; WEBBER, 1995; HILDEBOLT *et al.*, 1996; BYRD *et al.*, 1998, LEHMANN; GRONDAHL; BENN, 2000; YOON, 2000; CRESTANI *et al.*, 2001;).

No presente estudo, apesar de todo o cuidado na obtenção de radiografias de maneira padronizada, as ferramentas de reconstrução e correção do contraste do Emago® foram utilizadas em todas as imagens analisadas, por estas apresentarem pequenas diferenças entre si que poderiam comprometer os resultados da pesquisa.

Os métodos de padronização das imagens a serem subtraídas antes e após a sua obtenção, chamados de “*priori*” e “*posteriori*” (SAMARABANDU *et al.* 1994),

não se excluem e, de fato, se complementam. Mol *et al.* (2003) simularam erros de angulação em radiografias para avaliar a capacidade do Emago® em corrigir esses erros e concluíram que existe uma alta correspondência entre imagens radiográficas corrigidas, em até 6° de angulação, com imagens anguladas corretamente, o que torna imprescindível uma padronização *priori* mínima de qualquer imagem que será subtraída.

Logo, as correções realizadas *posteriori* nesse estudo eram de pequena proporção assegurando uma boa correlação entre as imagens analisadas.

As radiografias do presente estudo foram obtidas *in vitro*, e mesmo nessa situação favorável, onde as variações técnicas podem ser controladas de maneira mais precisa quando comparadas com estudo *in vivo*, ainda assim variações foram incorporadas às radiografias, mesmo que de pequenas dimensões. Entendemos que esse seja o maior impecilho para o uso clínico da técnica de subtração radiográfica. Esse dado está em concordância com Jansenn; Vanpalenstein; Van Aken (1989) que apontam que a acurácia das técnicas de subtração radiográficas podem ser altas em estudos *in vitro* mas que, provavelmente, ela é inferior em experimentos *in vivo* dada a dificuldade de padronização das imagens radiográficas para uma técnica de subtração correta.

## **Métodos de diagnóstico**

Quanto ao método de diagnóstico, comparando a subtração radiográfica, tanto logarítmica quanto a linear, com a radiografia digital observamos a superioridade da subtração radiográfica, em ambas as técnicas, no diagnóstico de reabsorções radiográficas simuladas de menor proporção e uma pariedade entre a subtração e as radiografias digitais em reabsorções de maior proporção.

As comparações na literatura entre a subtração radiográfica e a radiografia digital, em sua maioria, são avaliações quantitativas utilizando as ferramentas de medição do programa de subtração ou o histograma para avaliar a densidade dos *pixels* e, portanto, da reabsorção.

Utilizando o histograma do programa Emago®, Bittar-Cortez *et al.* (2006) avaliaram quantitativamente o valor dos *pixels* em região periimplantar em

radiografias digitais e nas subtrações radiográficas linear e logarítmica. Os autores concluíram que o monitoramento da densidade óssea nessa região, para avaliar o valor na escala de cinza, pode ser feito por ambos os métodos de subtração ou por meio da radiografia digital com resultados semelhantes.

Ferrari *et al.* (2006) avaliaram a subtração radiográfica para detectar desmineralização no esmalte nas faces proximais de pré-molares, simulando cáries precoces. Realizaram a identificação de *pixels* com contraste semelhante nas áreas onde as cáries foram simuladas com o programa Image Tool®, utilizando a ferramenta *threshold*. Concluiu-se que, embora haja um aumento significativo da quantidade de *pixels* semelhantes nas áreas desmineralizadas com a subtração radiográfica, a análise das imagens originais evidenciou valores diagnósticos superiores quando comparadas com a subtração. Nesse estudo, a avaliação dos dados foi feita de maneira qualitativa, com dois grupos mensurando a possibilidade da presença de reabsorção no ápice radicular e na face vestibular com contorno regular e irregular.

São poucos os estudos avaliando o uso dessa técnica na detecção de reabsorção radicular.

Hintze *et al.* (1992) compararam a subtração radiográfica com a radiografia convencional na detecção de reabsorções externas apicais simuladas nos tamanhos pequeno, médio e grande nas regiões cervical, média e apical das superfícies lingual e proximal de raízes e concluíram que a subtração auxilia no diagnóstico das lesões pequenas, mas que a acurácia geral no diagnóstico não foi aumentada quando comparada com a radiografia digital. Esse resultado concorda com os dados obtidos no presente trabalho.

Perona e Wenzel (1996) realizaram uma avaliação quantitativa e qualitativa, através da medição das raízes antes e após a retração de caninos maxilares em tratamento ortodôntico. Foram realizadas radiografias e essas foram subtraídas para que a densidade do nível de cinza delas fosse avaliado. Os autores apontam uma paridade na ineficiência em detectar reabsorções apicais em ambos os métodos.

No entanto, Kravitz *et al.* (1992) compararam a capacidade diagnóstica das radiografias convencionais com a subtração radiográfica em reabsorções radiculares externas simuladas apontando uma grande superioridade da subtração. Os autores sugerem que um dos fatores para o melhor resultado da subtração seja a redução

do ruído estrutural, permitindo a detecção de detalhes que, em outras circunstâncias, seriam perdidos.

Essa talvez seja a maior vantagem da subtração, afinal, ao eliminar a presença de outras imagens anatômicas ao redor de qualquer variação entre as radiografias, ressalta-se a diferença. No presente estudo, provavelmente este foi o fator que tornou os resultados da subtração radiográfica, tanto linear quanto a logarítmica, superior àqueles encontrados para as radiografias convencionais.

No estudo realizado por Heo *et al.* (2001) para detecção quantitativa, por meio da subtração radiográfica ou da radiografia digital de reabsorções radiculares simuladas de pequenas dimensões em incisivos, foi demonstrada a superioridade da subtração radiográfica no diagnóstico. No entanto, as imagens foram geradas com brocas que tornavam vivas as bordas das lesões. Além disso, os autores não avaliaram a subtração nas reabsorções vestibulares.

No presente estudo, dois grupos tinham suas reabsorções radiculares simuladas por vestibular. Um dos grupos apresentava as bordas da reabsorção vivas, realizadas apenas com as brocas. O outro grupo teve as bordas da lesão suavizadas, gerando imagens radiográficas mais difusas e, por isso, mais próximas àquelas observadas *in vivo*. O resultado, no entanto, aponta uma equiparidade na detecção de ambos os tipos de lesões.

## CONCLUSÕES

- 1) As subtrações radiográficas, tanto a logarítmica quanto a linear, tiveram resultado superior à radiografia digital na detecção de reabsorções de dimensões pequenas.
- 2) O grupo dos radiologistas obteve resultados superiores ao grupo dos ortodontistas nas avaliações das reabsorções radiculares, tanto do ápice quanto as vestibulares regulares e irregulares. O grupo dos ortodontistas não alcançaram resultados superiores aos radiologistas em nenhum dos métodos analisados.

**Abstract:** Early diagnosis of external root resorption is crucial to determine clinical conducts to avoid further damage to occur. The aim of this *in vitro* study was to compare the diagnostic capability of linear and logarithmic digital radiography subtraction in detecting external root resorption of human upper central incisors. The sample comprised of 36, previously extracted, human upper central incisors. The roots were measured and their length reduced by 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 mm along their long-axis. The roots were then perforated using a round diamond bur, 4mm to the apex on their buccal surface. The sample was then divided into 2 groups. The first group presented a regular resorption pattern on the buccal surface and the second an irregular pattern was created by eliminating sharp edges on the buccal surface to better mimic *in vivo* conditions. Digital x-rays were taken using the DenOptix® system and the acquired images subtracted by the linear and logarithmic method using the Emago® system. All three images (digital, linear and logarithmic reduced) of each tooth were assessed by two groups of evaluators. The first group was comprised by 5 radiologists and the second by 5 orthodontists. The images were displayed on a computer screen and the evaluator diagnosis compared to the corresponding gold standard using Friedman's statistical test with  $p < 0.05$ . Digital subtraction increased the diagnostic capability of apical and buccal external root resorption especially when these were small. Radiologists had better results in diagnosing small external periapical and buccal resorption in all methods compared to orthodontists. Digital subtraction is an effective method to improve diagnostic capability of small external root resorptions for both radiologists and orthodontists.

**Key-words:** Radiographic Image Enhancement. Radiography, Dental, Digital . Radiography. Diagnosis

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE S. Avaliação das imagens radiográficas digitais e convencionais no diagnóstico de reabsorção radicular externa. 2006. 105p. Dissertação (Mestrado em Ortodontia) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Faculdade de Odontologia, Belo Horizonte.

ALMEIDA, S. M. *et al.* Image quality in digital radiographic systems. **Brazil Dental Journal**, Ribeirão Preto, v.14, n.2, p. 136-141, 2003.

BITTAR-CORTEZ J. A. *et al.* Comparison of hard tissue density changes around implants assessed in digitized conventional radiographs and subtraction images. **Clinical Oral Implants Research**, Berne, v.17, n.5, p.560-564, 2006.

BORG E. *et al.* Film and digital radiography for detection of simulated root resorption cavities. **Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics**, St. Louis, v.86, n.1, p.110-114, 1998.

BREZNIAK, N.; WASSERSTEIN, A. Orthodontically induced inflammatory root resorption. Part I: The basic science aspects. **The Angle orthodontist**, Appleton, v.72, n.2, p.175-179, 2002.

BYRD, V. *et al.* Semi- automated image registration for digital subtraction radiography. **Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics**, St. Louis, v. 85, p.473-478, 1998.

CHAPNICK, L. External root resorption: An experimental radiographic evaluation. **Oral surgery, oral medicine, and oral pathology**, St. Louis, v.67, n.5, p.578-582, 1989.

CLASEN, N. F.; AUN, C. E. Estudo comparativo entre radiografia convencional e radiografia digital direta no diagnóstico de reabsorção radicular externa. **Revista de Odontologia da UNICID**, São Paulo, v.13, n.2, p.95-102, 2001.

CRESTANI M. B. *et al.* Avaliação da padronização radiográfica para a subtração digital de imagens. **Revista da faculdade de odontologia de Porto Alegre**, Porto Alegre, v.42, n.1, p.25-30, 2001.

FERRARI, K. C. *et al.* Avaliação da subtração radiográfica digital na detecção de cáries proximais simuladas. **Revista odontologia ciência**, Porto Alegre, v.21 n.51 p.67-70, 2006.

GRONDAHL, H.G.; GRONDAHL, K. Subtraction Radiography for the diagnosis of periodontal bone lesions. **Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics**, St. Louis, v.55, n.2, p. 208-13, 1983.

GRONDAHL, H.G.; GRONDAHL, K.; WEBBER, R.L.; Influence of variation in projection geometry on the detectability of periodontal bone lesions. **Journal of Clinical Periodontology**, Gothenburg, v.11, p.411-420, 1984.

HAITER, C. *et al.* Avaliação de simulações de reabsorções radiculares por meio de imagens digitais e convencionais. **Ortodontia**, São Paulo, v.34, n.2, p.37-43, 2001.

HEO M. *et al.* Quantitative analysis of apical root resorption by means of digital subtraction radiography. **Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics**, St. Louis, v. 91, p. 369-373, 2001.

HILDEBOLT, C.F. *et al.* Histogram-matching and histogram-flattening contrast correction methods: a comparison. **Dentomaxillofacial Radiology**, Tokyo, v.25, n.1, p.42-47, 1996.

HINTZE H. *et al.* Digital subtraction radiography for assessment of simulated root resorption cavities. Performance of conventional and reverse contrast modes. **Endodontic and dental Traumatology**. v.8, n.4, p.149-54, 1992.

JANSENN, P.T.M.N.; VANPALENSTEIN, W.H.H.; VAN AKEN, J. The detection of *in vitro* produced periodontal bone lesions by conventional radiography and photography subtraction radiography using observers and quantitative digital subtraction radiography. **Journal of Clinical Periodontology**, Gothenburg, n.16, p.335-341, 1989.

JEFFCOAT M.K.; JEFFCOAT R.L.; WILLIAMS R.C. A new method for the comparison of bone loss measurements on nonstandardized radiography. **Journal of periodontal research**, Boston, v.19, p.434-40, 1984.

KRAVITZ L.H. *et al.* Assessment of external root resorption using digital reconstruction radiography. **Journal of Endodontics**, Orlando, v.18 p.275-84. 1992.

LEHMANN, T.M.; GRONDAHL, H.G.; BENN, D.K; Computer-based registration for digital subtraction in dental radiology. **Dentomaxillofacial Radiology**, Tokyo, v.29, p.323-346, 2000.

LEVANDER, E.; MALMGREN, O. Evaluation of the risk of root resorption during orthodontic treatment: A study of upper incisors. **European journal of orthodontics**, London, v.10, n.1, p.30-38, 1988.

LINGE, L; LINGE, B. O. Patient characteristics and treatment variables associated with apical root resorption during orthodontic treatment. **Am J Orthod Dentofacial Orthop**, St. Louis, v. 99, p. 35-43, 1991.

LUDLOW, J.B. Comparison of stent versus laser and cephalostat aligned periapical film positioning techniques for use in digital subtraction radiography. **Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Maxillofacial Radiology and Endodontics**, St. Louis, v. 77, n.2, p.436-395, 1994.

MOL, A. *et al.* The performance of projective standartization for digital subtraction radiography, **Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Maxillofacial Radiology and Endodontics**, St. Louis, v.96, p.373-382, 2003.

NEWMAN, W. G. Possible etiologic factors in external root resorption. **American Journal of Orthodontics Dentofacial Orthopedics**, St. Louis, v.67, n.5, p.522-539, 1975.

OHKI, M.; OKANO, T.; YAMANDA, N. A contrast-correction method for digital subtraction radiography. **Journal of periodontal research**, Boston, v. 23, p.277-280, 1988.

PERONA, G.; WENZEL, A. Radiographic evaluation of the effect of orthodontic retraction on the root of maxillary canine. **Dentomaxillofacial Radiology**, Tokyo, v.25, n.4, p.179-185, 1996.

PONTUAL, A. A. Comparação de sistemas digitais e filme radiográfico convencional no diagnóstico de cáries proximais em esmalte. 2005. 63p. Dissertação (Mestrado em Radiologia Odontologia) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Piracicaba.

PONTUAL, A. A. Estudo comparativo de três sistemas digitais sem cabo no diagnóstico de cáries proximais. 2007. 72p. Tese (Doutorado em Radiologia Odontologia) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Piracicaba.

RUTTIMANN, U.E.; WEBBER, R.L.; SHMIDT, E. A robust digital method for film contrast correction in subtraction radiography. **Journal of periodontal research**, Boston, v.21, p.486-495, 1985.

SARAMABANDU, J. *et al.* Algorithm for the automated alignment of radiographs for image subtraction. **Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology Oral Maxillofacial Radiology and Endodontics**, St. Louis, v. 77, n.1, p. 75-79, 1994.

VAN DER STELT, P.F. Modern radiograph methods in the diagnosis os periodontal disease. **Advances in Dental Research**, Stanford, v.7, n.2, p. 158-62, 1993.

VANDRE, R.H.; WEBBER, R.L., Future trends in dental radiology. **Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics**, St. Louis, v.80, n.4, p. 471-478, 1995.

WEBBER R.L.; RUTTIMANN U.E.; GRONDAHL H.G. X-ray image subtraction as a basis for assessment of periodontal changes. **Journal of periodontal research**, Boston, v.17, p.509-511, 1982.

WENZEL, A. Effect of manual compared with reference point superimposition on image quality in digital subtraction radiography. **Dentomaxillofacial Radiology**, Tokyo, v.18, p.145-150,1989.

WENZEL, A.; GRÖDAHL, H.G. Direct digital radiography in the dental office. **International Dental Journal**, London, v.45, n.1, p.27-34, Feb. 1995.

WESTPHALEN, V. P. D. *et al.* Conventional and digital radiographic methods in the detection of simulated external root resorptions: a comparative study. **Dentomaxillofacial radiology**, Tokyo, v.33, p.233-235, 2004.

YOON, D.C. A new method for the automated alignment of dental radiographsfor digital subtraction radiography. **Dentomaxillofacial Radiology**, Tokyo, v.29, p.11-19, 2000.