

## Enhancement filters for digital radiographs

# Filtros de imagem em radiografia digital

**ABSTRACT | Introduction:** *Task-specific filters are tools for digital radiography software which remove adverse characteristics from digital images. They enhance aspects that were not apparent in the original image, making important diagnostic information visible to the human eye. Objective:* *To review in the literature the impact of enhancement filters in the radiographic diagnosis of the main dental pathologies. Methods:* *The searches were performed in the Pubmed database from October 2011 to July 2013 and 838 papers were found. After the application of the inclusion and exclusion criteria, 21 papers were selected. These studies have evaluated the influence of enhancement filters in the diagnosis of dental decay, root fracture, bone lesions, periodontal and periimplant assessment. Results:* *Most of the studies showed no statistically significant influence of filters in the diagnostic tasks. Conclusion:* *There is no scientific evidence up to now, which support the use of filtered radiographic images instead of their original versions for diagnostic purposes.*

**Keywords |** *Dental radiography; Digital dental Radiography; Radiographic image enhancement*

**RESUMO | Introdução:** Filtros são ferramentas de pós-processamento que têm como objetivo remover da imagem digital características indesejáveis, melhorando a visibilidade de aspectos específicos, com um determinado objetivo de diagnóstico. **Objetivo:** Realizar uma revisão da literatura sobre o impacto da utilização dos filtros de imagem no diagnóstico radiográfico dos principais processos patológicos de interesse para a Odontologia. **Métodos:** As buscas foram realizadas na base de dados *Pubmed*, no período de outubro de 2011 a julho de 2013, encontrando-se 838 artigos. Após aplicação dos critérios de inclusão e exclusão adotados, 21 artigos foram selecionados. Esses trabalhos abordaram a influência dos filtros no diagnóstico radiográfico de lesões cáries, fraturas radiculares, lesões ósseas, bem como avaliação periodontal e peri-implantar. **Resultados:** Os filtros não influenciaram de forma estatisticamente significativa o diagnóstico da maioria dessas condições. **Conclusão:** Não existem evidências científicas disponíveis até o momento que permitam promover a predileção pelo uso de filtros de imagem na interpretação radiográfica dos processos patológicos considerados.

**Palavras-chaves |** Radiografia dentária; Radiografia dentária digital; Intensificação de imagem radiográfica.

<sup>1</sup>Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória/ES, Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Estadual de Campinas, Piracicaba/SP, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade Federal da Bahia, Salvador/BA, Brasil.

## INTRODUÇÃO |

A imagem digital é classicamente conceituada como uma matriz cujos índices de linhas e colunas identificam um ponto na imagem denominado *pixel* (*picture element*), o qual corresponde à menor parte de uma imagem digital. Nas imagens radiográficas digitais, cada *pixel* da matriz recebe um valor numérico que codifica um determinado tom de cinza, correspondente à intensidade de radiação X que o sensibilizou<sup>1</sup>.

As imagens radiográficas digitais permitem o seu aprimoramento por meio de recursos computacionais e operações matemáticas nos *pixels*<sup>1</sup>. A maioria dessas operações tem por meta tornar as imagens visualmente mais atraentes, apresentando características destinadas a um objetivo de diagnóstico específico. O aprimoramento de radiografias digitais visa, portanto, a alterar as imagens a fim de realçar visualmente aspectos que não eram visíveis em sua forma original, tornando informações importantes ao diagnóstico visíveis ao olho humano<sup>2</sup>. São exemplos de ferramentas utilizadas no

Figura 1 – Imagem radiográfica (A), na qual foram aplicados filtros de nitidez (B), suavização (C), inversão (D) e emboss (E)



melhoramento de imagens radiográficas digitais o ajuste de brilho e contraste, bem como os filtros de imagem.

Os filtros de imagem correspondem a derivações de filtros utilizados em pós-processamento de sinais eletrônicos, os quais possuem o papel de remover do sinal – parcial ou totalmente – características indesejáveis. Filtros *high-pass* e *low-pass* aumentam ou cortam os sinais acima ou abaixo de uma frequência selecionada, chamada de frequência de corte. Um filtro *high-pass* permite que apenas os sinais acima da frequência de corte se mantenham inalterados, enquanto os localizados abaixo são atenuados. Os filtros *low-pass* funcionam de forma semelhante, diferindo-se pelo fato de que apenas os sinais abaixo da frequência de corte se mantêm inalterados<sup>3</sup>. Portanto, o uso de um filtro *high-pass* resulta em imagens com características acentuadas e, por isso, esses filtros são também denominados filtros de realce ou nitidez<sup>4</sup>. Filtros que intensificam a nitidez da imagem acentuam os limites entre regiões com intensidades diferentes, realçando os limites entre os diferentes *pixels* e tons de cinza<sup>5</sup>, porém as imagens apresentam maior ruído<sup>6</sup>. São exemplos de filtros de nitidez os filtros *Sharpen*, *Caries1*, *Caries2*, *Endo*, *Fine* e *Periodontal*.

Os filtros *low-pass* também recebem o nome de filtros de suavização<sup>4</sup>. Eles retiram o ruído de alta frequência, suavizando e homogeneizando os valores dos *pixels* de uma imagem, bem como seus limites. Resultam, portanto, em limites suaves entre as diferentes estruturas anatômicas<sup>6</sup>. São exemplos de filtros de suavização: *Smooth* e *Median*.

O filtro de inversão de contraste reverte a escala de tons de cinza, tornando preto o branco, e vice-versa. Assim, numa escala de 256 tons de cinzas, os *pixels* com valor 0 recebem valor 255, e assim por diante. Já os filtros *Emboss* dão à imagem uma aparência de profundidade baseada em sua densidade, realçando os limites das estruturas anatômicas. São também chamados de pseudo-3D. A Figura 1 ilustra radiografias periapicais com aplicação dos filtros de nitidez, suavização, inversão e *Emboss*.

## MÉTODOS |

O presente artigo se propôs a realizar uma revisão da literatura sobre o impacto da utilização dos filtros de imagem no diagnóstico radiográfico dos principais processos patológicos de interesse para a Odontologia. As buscas foram realizadas no período de outubro de 2011 a julho de 2013 na base de dados

PubMed. Um total de 838 artigos foram encontrados, utilizando-se os termos “dental radiography” e “radiographic image enhancement”. Acrescentando-se os termos “image filters” e “image filtration”, 40 artigos foram selecionados para leitura dos resumos e seleção dos artigos a serem incluídos no estudo. Dois alunos de pós-graduação *stricto sensu* em Radiologia Odontológica atuaram sob consenso nesta fase do estudo, consultando dois professores orientadores em caso de discordâncias e/ou dúvidas. Os critérios de inclusão adotados foram: pesquisas clínicas ou laboratoriais abordando o uso de filtros de imagem em radiografias digitais, redação na língua inglesa, análise estatística que permitisse comparação entre métodos, podendo ou não haver um padrão-ouro. Foram excluídos do estudo artigos redigidos em outras línguas que não a inglesa, bem como que tratassem somente do uso de recursos de pós-processamento como *zoom* e ajuste de brilho e contraste. Ao final da leitura dos resumos, 21 artigos foram incluídos no estudo.

## RESULTADOS |

Lesões de cárie e fraturas radiculares normalmente são diagnosticadas por sutis diferenças na densidade radiográfica, condição que poderia ser beneficiada pelo uso dos filtros de imagem, em especial aqueles de realce/nitidez. Os primeiros trabalhos referidos na literatura tratam sobre a influência dos filtros no diagnóstico e na estimativa da profundidade de lesões cariosas. Moystad *et al.*<sup>7</sup>, ao avaliarem imagens adquiridas com filmes radiográficos convencionais e um sistema de placas de fósforo – com e sem a utilização de filtros –, concluíram que a aplicação de filtros de realce resultou em imagens significativamente mais acuradas no diagnóstico de lesões cariosas proximais, se comparada ao uso de imagens convencionais e digitais originais. Shrouf *et al.*<sup>8</sup> observaram que a estimativa da profundidade de lesões cariosas foi mais próxima do padrão histológico nas imagens com a aplicação dos filtros de realce e *median*.

Mais recentemente, ao avaliarem a acurácia das radiografias periapicais e interproximais convencionais, e radiografias panorâmicas digitais (Orthoralix 9200 DDE, Gendex Dental Systems, Milão, Itália) – analisadas com e sem filtros – Akarslan *et al.*<sup>9</sup> encontraram melhores resultados com a utilização do filtro *Emboss* para diagnosticar lesões cariosas proximais. Haiter-Neto *et al.*<sup>6</sup> encontraram resultados estatisticamente superiores com o filtro *Fine*, comparando-o aos filtros *Caries1* e *Caries2*, porém sem diferir estatisticamente em relação às imagens originais. Tracy *et al.*<sup>10</sup> encontraram valores estatisticamente superiores de sensibilidade

e inferiores de especificidade para o filtro *Sharpen* em relação às imagens originais, no diagnóstico de lesões cariosas.

Ainda considerando o diagnóstico de lesões cariosas, Abreu et al.<sup>11</sup> compararam diferentes protocolos digitais utilizando o sensor Trophy RVGui (0,08s com filtro *cárie*, 0,16s com filtro *cárie* e 0,16s com filtro *periodontal*) às imagens convencionais, não observando diferenças estatisticamente significativas entre os três protocolos digitais e o filme convencional na detecção de lesões cariosas proximais. Kositbowornchai et al.<sup>12</sup> e Haiter-Neto et al.<sup>13</sup> também concluíram que as imagens com e sem aplicação de filtros apresentaram acurácia estatisticamente similar no diagnóstico de lesões cariosas. Com relação à mensuração de lesões cariosas proximais, Koob et al.<sup>14</sup> concluíram que a aplicação dos filtros sobre imagens adquiridas em sensores sólidos não resultou em acurácia superior às imagens sem manipulação.

Com relação ao diagnóstico de fraturas radiculares transversais, Wenzel et al.<sup>5</sup> testaram o filtro *Sharpen* em imagens adquiridas com o sistema *Digora*, não observando diferenças estatisticamente significantes entre essas imagens e as originais. Avaliando o uso das ferramentas de *zoom*, filtros *Sharpen*, inversão de contraste e pseudo-3D sobre imagens adquiridas com sensores sólidos, Kamburoğlu et al.<sup>15</sup> também não observaram diferenças estatísticas entre a aplicação e não-aplicação de filtros na detecção radiográfica de fraturas radiculares verticais.

Na avaliação periodontal, Eickholz et al.<sup>16</sup> não encontraram diferenças estatisticamente significativas entre imagens com filtros de realce, inversão e suavização e as imagens originais, em mensurações obtidas por sondagem transcirúrgica. Esses autores concluíram que os filtros utilizados não melhoraram o diagnóstico periodontal. Hörr et al.<sup>17</sup> não encontraram diferenças estatísticas na acurácia de imagens com aplicação de um filtro especificamente desenvolvido para avaliação periodontal, com relação às imagens originais, quando comparadas ao padrão-ouro também obtido por sondagem transcirúrgica. Scaf et al.<sup>18</sup> também não encontraram diferenças estatisticamente significativas, comparando mensurações de defeitos periodontais realizadas em imagens com o filtro de inversão de contraste, em relação àquelas obtidas nas imagens originais. Por outro lado, Vandenberghe et al.<sup>19</sup> observaram que a aplicação do filtro *Periodontal* apresentou acurácia estatisticamente maior em relação às imagens originais na mensuração de defeitos periodontais.

Na determinação do nível ósseo peri-implantar, Borg et al.<sup>2</sup> avaliaram a influência de filtros de imagem em diferentes etapas pós-operatórias. Os resultados mostraram que as mensurações realizadas no período de maior perda óssea não diferiram estatisticamente do padrão histológico, enquanto após terapia regenerativa e cicatrização, com exceção do filtro de realce 25 x 25, todos os métodos apresentam diferenças estatisticamente significativas. Contudo, os autores concluíram que os filtros podem melhorar a precisão das imagens digitais na mensuração do nível ósseo peri-implantar. Recentemente, de-Azevedo-Vaz et al.<sup>20</sup> atribuíram os melhores resultados aos filtros *Fine* e *Emboss*, além das imagens originais. Os filtros de realce *Caries1*, *Caries2*, *Endo* e *Periodontal* apresentaram diferenças estatisticamente significativas, tanto em relação às mensurações físicas obtidas em defeitos simulados em costelas bovinas, quanto em relação às imagens originais. Finalmente, os autores concluíram que as mensurações obtidas com os filtros testados não apresentaram diferenças clinicamente significativas, sendo as imagens originais mais acuradas.

Avaliando a acurácia na marcação de pontos cefalométricos, Leonardi et al.<sup>21</sup> não encontraram diferenças estatísticas entre o filtro *Emboss* e as imagens originais para a maioria dos pontos. Entretanto, a utilização do filtro *Emboss* resultou no distanciamento estatisticamente significativo de alguns pontos em relação à sua localização ideal, definida pela média dos pontos marcados pelos cinco avaliadores do estudo. Os autores concluíram que o filtro *Emboss* não deve ser utilizado para fins clínicos e de pesquisa, até que algoritmos mais precisos sejam desenvolvidos.

Quanto à avaliação subjetiva da qualidade de imagem de estruturas anatômicas, Yalcinkaya et al.<sup>22</sup> compararam radiografias panorâmicas e periapicais convencionais e digitais (Vista Scan, Dürr Dental, Beitigheim-Bissingen, Alemanha), com e sem a utilização de filtros, avaliando a qualidade de imagem das estruturas numa escala subjetiva de cinco pontos. Os autores observaram que as imagens convencionais tiveram melhores resultados, não havendo diferenças estatisticamente significativas entre a maioria dos filtros testados, tanto para as radiografias panorâmicas, quanto para as periapicais. Por outro lado, Baksi et al.<sup>23</sup> encontraram diferenças estatísticas entre os filtros testados, sendo os melhores resultados atribuídos às radiografias panorâmicas digitais com aplicação do filtro *Sharpen*.

Em recente estudo, Raitz et al.<sup>24</sup> avaliaram a preferência de radiologistas e não-especialistas na utilização de diversas

ferramentas de pós-processamento para o diagnóstico de lesões ósseas. O estudo foi conduzido em dois momentos: o primeiro, no qual os participantes avaliaram as imagens livremente, e um segundo, no qual um roteiro de avaliação era disponibilizado. Os resultados demonstraram preferência pelo filtro *Sharpen* nos dois grupos de avaliadores (superior no grupo de especialistas), especialmente no primeiro momento do estudo. O filtro de inversão de contrastes foi o menos utilizado por ambos os grupos nos dois momentos. No entanto, a disponibilização de um roteiro de avaliação contendo os critérios a serem observados nas imagens, no segundo momento do estudo, resultou em menor utilização das ferramentas de pós-processamento pelos avaliadores de ambos os grupos. Contudo, a utilização das ferramentas de pós-processamento não melhorou o diagnóstico das lesões de forma estatisticamente significativa.

## DISCUSSÃO |

Entre vantagens e desvantagens no uso dos filtros de imagem, Koob *et al.*<sup>14</sup> e Kositbowornchai *et al.*<sup>12</sup> ressaltam que a sua utilização pode compensar eventuais perdas de qualidade de imagem causadas por subexposição ou ruído. Por outro lado, a manipulação de imagens pode aumentar o tempo de interpretação das mesmas sem necessariamente contribuir de forma positiva com o processo de diagnóstico. O desafio é saber qual das ferramentas realça as características importantes na imagem, descartando-se as demais, de forma a contribuir para o diagnóstico em questão.

Note-se, na Figura 1B, o melhoramento promovido pelo filtro de nitidez na visualização da lesão cariosa incipiente na face mesial do elemento 37. Contudo, os trabalhos encontrados na literatura dividem suas opiniões quanto ao uso e ao benefício dessas ferramentas. Abordando o diagnóstico de lesões de cárie, Moystad *et al.*<sup>7</sup>, ShROUT *et al.*<sup>8</sup> e Akarslan *et al.*<sup>9</sup> mostraram, em seus trabalhos, que a utilização de filtros de realce no diagnóstico resultou em imagens significativamente mais acuradas. Em contrapartida, outros trabalhos afirmaram que o uso dos filtros não mostrou resultados estatisticamente melhores quando comparado às imagens originais<sup>5,10-14</sup>. Da mesma forma, em relação às fraturas radiculares, Wenzel *et al.*<sup>5</sup> e Kamburoglu *et al.*<sup>15</sup> concordaram em afirmar que as imagens com utilização de filtros não foram melhores que as originais. Considera-se que a discordância entre esses resultados possivelmente seja resultado de diferenças metodológi-

cas, tendo em vista que diferentes aparelhos, sistemas e *softwares* foram utilizados.

Condições de perda óssea alveolar e peri-implantar são percebidas mais facilmente por meio das radiografias periapicais, apesar da sua tendência em subestimar a profundidade da perda óssea, mesmo que a técnica do paralelismo seja executada de forma correta. O estudo de Schulze e d'Hoedt<sup>25</sup> concluiu através de um modelo matemático que, em situações clínicas, a radiografia periapical não é mais precisa que 0,5mm na determinação do nível ósseo alveolar. Vandenberghe *et al.*<sup>19</sup> observaram que a utilização do filtro *Periodontal* aumentou a acurácia na mensuração dos defeitos, porém essa comparação foi feita com as imagens originais, o que não prova necessariamente que os filtros favoreceram a mensuração mais próxima da real. Por outro lado, Eickholz *et al.*<sup>16</sup> Horr *et al.*<sup>17</sup> e Scaf *et al.*<sup>18</sup> afirmaram que os filtros não influenciaram o diagnóstico periodontal.

Quanto à identificação de pontos cefalométricos, apenas o estudo de Leonardi *et al.*<sup>21</sup> foi encontrado, não havendo diferenças estatisticamente significativas entre as imagens sem e com a aplicação de filtros. Na avaliação subjetiva de qualidade de imagem de estruturas anatômicas, Yalcinkaya *et al.*<sup>22</sup> encontraram melhores resultados para as imagens convencionais, não havendo diferenças estatísticas entre os filtros de imagem testados. Em contrapartida, Baksi *et al.*<sup>23</sup> afirmaram haver diferença entre essas imagens e ressaltam que o filtro *Sharpen* mostrou melhores resultados quando aplicado às radiografias panorâmicas digitais na percepção de estruturas anatômicas.

No trabalho de Raitz *et al.*<sup>24</sup>, foi observado que os profissionais especialistas usaram as ferramentas de pós-processamento com mais frequência do que os não-especialistas, preferência que pode ser explicada pelo maior conhecimento e atualização do primeiro grupo. Esse estudo também avaliou a influência dos filtros no diagnóstico de lesões ósseas, observando que não houve superioridade nas imagens com utilização de filtros, em ambos os grupos (especialistas e não-especialistas). Por outro lado, a adoção de critérios na interpretação das imagens demonstrou melhorar significativamente o diagnóstico das lesões. Dessa forma, fica claro que o treinamento na interpretação radiográfica possui maior importância do que a utilização de ferramentas de pós-processamento das imagens digitais. A tecnologia não substitui a capacitação profissional.

Inúmeros filtros são disponibilizados em *softwares*, porém é importante considerar em qual parte da imagem o aplica-

tivo atua, assim como compreender as propriedades específicas dos diferentes tipos de processamento da imagem. Um realce utilizado para aumentar o contraste na detecção de lesões cáries pode dificultar a identificação do contorno da crista óssea alveolar, por exemplo<sup>26</sup>. Embora o realce da imagem implique uma versão melhorada da imagem original, é importante que o clínico tenha conhecimento de que as características de densidade, contraste e ruído são afetadas de acordo com a opção de visualização escolhida<sup>11</sup>.

## CONCLUSÃO |

A Radiologia Odontológica está diretamente relacionada à utilização de tecnologias que se renovam de forma cada vez mais rápida. Diversos filtros de imagem são disponibilizados em diferentes *softwares* de radiografia digital. Contudo, é recomendável que clínicos e radiologistas avaliem – baseados em evidência científica – quais dessas novas ferramentas contribuem verdadeiramente para o processo diagnóstico, e em quais indicações realmente atuam como auxiliares. Assim, uma adequada capacitação profissional para o diagnóstico radiográfico é considerada mais importante do que o uso específico de filtros de imagem.

## REFERÊNCIAS |

1 - Ludlow JB, Mol A. Imagem Digital. In: White SC, Pharoah MJ, editors. Radiologia oral. 5 ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2007. p. 225-35.

2 - Borg E, Gröndahl K, Persson LG, Gröndahl HG. Marginal bone level around implants assessed in digital and film radiographs: in vivo study in the dog. Clin Implant Dent Relat Res. 2000; 2(1):10-7.

3 - Wikipedia contributors. Filter (signal processing) [Internet]. Wikipedia, the Free Encyclopedia; 2012 [citado 2012 Set. 7]. Disponível em: [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Filter\\_\(signal\\_processing\)&oldid=493194971](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Filter_(signal_processing)&oldid=493194971)

4 - Wikipedia contributors. Filtros de Equalização [Internet]. Wikipédia, a enciclopédia livre; 2010 [citado 2012 Set. 7]. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Filtros\\_de\\_Equaliza%C3%A7%C3%A3o&oldid=19750364](http://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Filtros_de_Equaliza%C3%A7%C3%A3o&oldid=19750364)

5 - Wenzel A, Haiter-Neto F, Frydenberg M, Kirkevang LL. Variable-resolution cone-beam computerized tomography with enhancement filtration compared with intraoral photostimulable phosphor radiography in detection of transverse root fractures in an in vitro model. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2009; 108(6):939-45.

6 - Haiter-Neto F, Casanova MS, Frydenberg M, Wenzel A. Task-specific enhancement filters in storage phosphor images from the Vistascan system for detection of proximal caries lesions of known size. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2009; 107(1):116-21.

7 - Moystad A, Svanaes DB, Risnes S, Larheim TA, Gröndahl HG. Detection of approximal caries with a storage phosphor system. A comparison of enhanced digital images with dental X-ray film. Dentomaxillofac Radiol. 1996; 25(4):202-6.

8 - Shrout MK, Russell CM, Potter BJ, Powell BJ, Hildebolt CF. Digital enhancement of radiographs: can it improve caries diagnosis? J Am Dent Assoc. 1996; 127(4):469-73.

9 - Akarslan ZZ, Akdevelioglu M, Gungör K, Erten H. A comparison of the diagnostic accuracy of bitewing, periapical, unfiltered and filtered digital panoramic images for approximal caries detection in posterior teeth. Dentomaxillofac Radiol. 2008; 37(8):458-63.

10 - Tracy KD, Dykstra BA, Gakenheimer DC, Scheetz JP, Lacina S, Scarfe WC, et al. Utility and effectiveness of computer-aided diagnosis of dental caries. Gen Dent. 2011; 59(2):136-44.

11 - Abreu M Jr, Mol A, Ludlow JB. Performance of RV-Gui sensor and Kodak Ektaspeed Plus film for proximal caries detection. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2001; 91(3):381-5.

12 - Kositbowornchai S, Basiw M, Promwang Y, Moragorn H, Sooksuntisakoonchai N. Accuracy of diagnosing occlusal caries using enhanced digital images. Dentomaxillofac Radiol. 2004; 33(4):236-40.

13 - Haiter-Neto F, dos Anjos Pontual A, Frydenberg M, Wenzel A. Detection of non-cavitated approximal caries lesions in digital images from seven solid-state receptors with particular focus on task-specific enhancement filters. An ex vivo study in human teeth. Clin Oral Investig. 2008; 12(3):217-23.

- 14 - Koob A, Sanden E, Hassfeld S, Staehle HJ, Eickholz P. Effect of digital filtering on the measurement of the depth of proximal caries under different exposure conditions. *Am J Dent*. 2004; 17(6):388-93.
- 15 - Kamburoğlu K, Murat S, Pehlivan SY. The effects of digital image enhancement on the detection of vertical root fracture. *Dent Traumatol*. 2010; 26(1):47-51.
- 16 - Eickholz P, Riess T, Lenhard M, Hassfeld S, Staehle HJ. Digital radiography of interproximal bone loss; validity of different filters. *J Clin Periodontol*. 1999; 26(5):294-300.
- 17 - Hörr T, Kim TS, Hassfeld S, Staehle HJ, Klein F, Eickholz P. Accuracy of assessing infrabony defects using a special digital filter for periodontal bone loss. *Am J Dent*. 2005; 18(1):50-6.
- 18 - Scaf G, Morihisa O, Loffredo LC. Comparison between inverted and unprocessed digitized radiographic imaging in periodontal bone loss measurements. *J Appl Oral Sci*. 2007; 15(6):492-4.
- 19 - Vandenberghe B, Bosmans H, Yang J, Jacobs R. A comprehensive in vitro study of image accuracy and quality for periodontal diagnosis. Part 2: The influence of intra-oral image receptor on periodontal measurements. *Clin Oral Invest*. 2011; 15(4):551-62.
- 20 - de-Azevedo-Vaz SL, Neves FS, Figueirêdo EP, Haiter-Neto F, Campos PS. Accuracy of enhancement filters in measuring in vitro peri-implant bone level. *Clin Oral Implants Res*. 2013; 24(10):1074-7.
- 21 - Leonardi RM, Giordano D, Maiorana F, Greco M. Accuracy of cephalometric landmarks on monitor-displayed radiographs with and without image emboss enhancement. *Eur J Orthod*. 2010; 32(3):242-7.
- 22 - Yalcinkaya S, Künzel A, Willers R, Thoms M, Becker J. Subjective image quality of digitally filtered radiographs acquired by the Dürr Vistascan system compared with conventional radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2006; 101(5):643-51.
- 23 - Baksi BG, Alpöz E, Sogur E, Mert A. Perception of anatomical structures in digitally filtered and conventional panoramic radiographs: a clinical evaluation. *Dentomaxillofac Radiol*. 2010; 39(7):424-30.
- 24 - Raitz R, Assunção Junior JNR, Fenyó-Pereira M, Correa L, de Lima LP. Assessment of using digital manipulation tools for diagnosing mandibular radiolucent lesions. *Dentomaxillofac Radiol*. 2012; 41(3):203-21.
- 25 - Schulze RK, d'Hoedt B. Mathematical analysis of projection errors in "paralleling technique" with respect to implant geometry. *Clin Oral Implants Res*. 2001; 12(4):364-71.
- 26 - Mol A. Image processing tools for dental applications. *Dent Clin North Am*. 2000; 44(2):299-318.

*Correspondência para/ Reprint request to:*

**Sergio Lins de Azevedo Vaz**

*Departamento de Clínica Odontológica, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Espírito Santo*

*Av. Marechal Campos, 1468*

*Maruípe - Vitória - ES*

*Cep.: 29043-900*

*Tel: (27) 3335-7242*

*E-mail: sergiolinsr@gmail.com*

Recebido em: 2-6-2013

Aceito em: 9-9-2013