



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

ALINE GABRIELI DA SILVA

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES MÉTODOS DE BINARIZAÇÃO
SOBRE A ANÁLISE DE DIMENSÃO FRACTAL DO OSSO
ALVEOLAR EM IMAGENS RADIOGRÁFICAS DIGITAIS**

PIRACICABA

2021

ALINE GABRIELI DA SILVA

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES MÉTODOS DE BINARIZAÇÃO
SOBRE A ANÁLISE DE DIMENSÃO FRACTAL DO OSSO
ALVEOLAR EM IMAGENS RADIOGRÁFICAS DIGITAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Cirurgião Dentista.

Orientador: Doutoranda Nicolly Oliveira Santos

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO APRESENTADO PELA ALUNA ALINE GABRIELI DA SILVA E ORIENTADO PELA DOUTORANDA NICOLLY OLIVEIRA SANTOS

PIRACICABA

2021

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba
Marilene Girello - CRB 8/6159

Si38i Silva, Aline Gabrieli da, 1998-
Influência de diferentes métodos de binarização sobre a análise de dimensão fractal do osso alveolar em imagens radiográficas digitais / Aline Gabrieli da Silva.
– Piracicaba, SP : [s.n.], 2021.

Orientador: Nicolly Oliveira Santos.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Fractais. 2. Radiografia dentária digital. 3. Processamento de imagem assistida por computador. I. Oliveira-Santos, Nicolly, 1993-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Informações adicionais, complementares

Palavras-chave em inglês:

Fractals

Radiography, dental, digital

Image processing computer-assisted

Titulação: Cirurgião-Dentista

Data de entrega do trabalho definitivo: 15-10-2021

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe e irmã pelo apoio incondicional durante a minha trajetória acadêmica, sem elas nada seria possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Faculdade de Odontologia de Piracicaba, em nome do diretor Prof. Dr. Francisco Haiter Neto.

A minha orientadora, Nicolly Oliveira Santos, por ter me aceitado nesse projeto e por todo o suporte prestado durante a realização deste trabalho.

As minhas amigas Gabriela, Natalia, Ana Paula, Ligia, Ana Letícia e Emmanuely que sempre me incentivaram e apoiaram durante a graduação.

A minha mãe, Cristiana, por sempre apoiar minhas escolhas.

RESUMO

Análise fractal é o método desenvolvido para calcular a complexidade de uma estrutura, e a dimensão fractal (DF) é o valor da complexidade. Para calcular a DF a imagem deve passar por uma etapa muito importante chamada binarização. Esta etapa poderia alterar a visibilidade das trabéculas ósseas na imagem, alterando os valores de DF. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi avaliar a influência dos métodos de binarização sobre os valores de DF do osso alveolar em imagens radiográficas digitais. Foram realizadas 5 repetidas radiografias periapicais em 20 regiões anatômicas utilizando o sistema radiográfico digital VistaScan e o aparelho radiográfico FOCUS, ajustado para operar a 70 kV, 7 mA, tempo de exposição de 0,16s e distância foco-receptor de imagem de 30 cm. Através do software ImageJ/Fiji foi selecionada uma região de interesse (ROI), que foi posicionada no mesmo lugar em todas as radiografias periapicais de uma mesma região anatômica. Cada ROI passou por 14 métodos de binarização, e teve seu valor de DF calculado. Não houve diferença significativa entre os métodos Shanbhag, Otsu, Li, IsoData, Huang, Moments, Default, MinError, Mean e Percentile ($p < 0.05$), que apresentaram valores de DF significativamente maiores quando comparado aos demais métodos estudados. Os métodos Max Entropy, Renyi Entropy e Yen apresentaram os menores valores de DF, não apresentando diferença significativa entre si. O método Triangle diferiu de todos os métodos de binarização. Com isso, conclui-se que os métodos de binarização influenciam os valores de DF, portanto esse fator deve ser padronizado para fins de comparação.

Palavras-chave: Fractais. Radiografia Dentária Digital. Processamento de Imagem Assistida por computador.

ABSTRACT

Fractal analysis is the method developed to calculate the complexity of a structure, and the fractal dimension (FD) is the complexity value. To calculate the FD the image must pass through a very important step called binarization. This step could change the visibility of the bone trabeculae in the image, changing the FD values. Thus, the aim of this study was to evaluate the influence of binarization methods on the FD values of the alveolar bone in digital radiographic images. Five repeated periapical radiographs were taken in 20 anatomical regions using the VistaScan digital radiographic system and the FOCUS radiographic device, adjusted to operate at 70 kV, 7 mA, exposure time of 0.16s and an image focus-receiver distance of 30 cm. Using the ImageJ/Fiji software, a region of interest (ROI) was selected and placed in the same place in all periapical radiographs of the same anatomical region. Each ROI had 14 binarization methods applied and had its FD value calculated. There was no significant difference between the methods Shanbhag, Otsu, Li, IsoData, Huang, Moments, Default, MinError, Mean and Percentile ($p < 0.05$), which presented FD values significantly higher when compared to the other studied methods. The Max Entropy, Renyi Entropy and Yen methods showed the lowest FD values, with no significant difference between them. The Triangle method differed from all binarization methods. Thus, it is concluded that the binarization methods influence the FD values, so this factor must be standardized for comparison purposes.

Key words: Fractals. Digital Dental Radiography. Image Processing, Computer-Assisted.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DA LITERATURA	11
3 PROPOSIÇÃO	13
4 MATERIAL E MÉTODOS	14
5 RESULTADOS	16
6 DISCUSSÃO	17
7 CONCLUSÃO	20
REFERÊNCIAS	21
ANEXOS	24
Anexo 1 – Verificação de originalidade e prevenção de plágio	24
Anexo 2 – Comitê de Ética em Pesquisa	25

1 INTRODUÇÃO

O termo Fractal foi introduzido pelo matemático Mandelbrot para descrever as estruturas geométricas complexas, com formatos irregulares e auto similares, já que muitas estruturas na natureza não obedecem às formas regulares que são características da geometria euclidiana. Esse é o caso do osso trabecular, que é caracterizado por uma complexa rede de conectividade, composta por lâminas ósseas irregularmente dispostas, as trabéculas, e por espaços vazios entre si, o espaço medular (Chappard et al., 2001). A análise fractal (AF) é um método matemático desenvolvido para calcular formas complexas e padrões estruturais, como o tecido ósseo. Enquanto, a dimensão fractal (DF) é o valor quantitativo desse método, esse valor refere-se à complexidade de uma estrutura (Kato et al., 2020; Franciotti et al., 2021). Quanto maior o valor de DF, maior a complexidade de uma estrutura. Para imagens bidimensionais, esse valor varia de 1 a 2, logo valores próximos a 2 representam estruturas mais complexas e vice-versa (Harrar e Hamami, 2008).

Na Odontologia, a análise de DF vem sendo utilizada para analisar a complexidade óssea e associar os valores de DF a diversas condições e alterações ósseas, como osteogênese imperfeita (Apolinário et al., 2016), Hiperparatireoidismo (Ergün et al., 2009), distúrbios temporomandibulares e alterações osteoartrosicas (Arsan et al., 2017) e, principalmente, osteoporose (Geraets e Stelt, 2000; Harrar e Hamami, 2008; Oliveira et al., 2013; Franciotti et al., 2021). A detecção de alterações ósseas poderia auxiliar no diagnóstico precoce de tais doenças.

Embora alguns estudos tenham concluído que esta análise é confiável (Soğur et al., 2013; Arsan et al., 2017), alguns resultados contraditórios encontrados na literatura levantam questionamentos sobre as limitações do método. Já foi visto, por exemplo, que o método para o calcular o valor de DF influencia nos resultados (Geraets e Stelt, 2000). Mais recentemente, a resolução espacial da imagem radiográfica, o tempo de exposição e a aplicação de filtros de aprimoramento digitais também demonstraram afetar os valores de DF (Baksi e Fidler, 2012; Oliveira-Santos et al., 2019). Esses achados evidenciam a importância da padronização das imagens e de cada etapa necessária para o cálculo de DF.

Antes de ser calculado a DF a imagem deve passar pela etapa de binarização. A binarização é o processo pelo qual cada pixel da imagem será convertido para que ela se transforme em uma imagem binária, ou seja, com dois tons: preto e branco (White e Rudolph, 1999). No processamento de imagens em escala de cinza, os níveis dos pixels que pertencem ao objeto são diferentes daqueles níveis de cinza dos pixels que pertencem ao fundo, assim o método de binarização determina um limiar específico para que a imagem seja segmentada, dessa forma os pixels que tiverem valores abaixo do limiar receberão o tom preto e, os pixels com valores acima do limiar, o tom branco (Puneet e Garg, 2013; Senthilkumaran e Vaithegi, 2016).

Existem dois principais tipos de binarização: a binarização global e a binarização local. A binarização global utiliza um único limiar para toda imagem, já a binarização local o limiar é calculado localmente pixel por pixel ou região por região. O método de binarização local é utilizado em imagens coloridas ou sob iluminação de intensidade, por outro lado, a binarização global é mais apropriada para imagem em tons de cinza (Puneet e Garg, 2013).

Existem vários métodos para que seja calculado o limiar para segmentação e, essa mudança no método poderia alterar a visibilidade das trabéculas ósseas na imagem, uma vez que é o método de binarização que determina o que será considerado o espaço medular (fundo da imagem) e trabéculas ósseas (objeto). Como a visibilidade das trabéculas é essencial para o cálculo de DF, a mudança no método poderia mudar, também, os valores de DF (Geraets e Stelt, 2000; Chappard et al., 2001).

Considerando a potencial contribuição da análise de DF para o processo de diagnóstico de doenças ósseas e a necessidade de investigação de possíveis fatores que podem afetar o valor de DF, o objetivo deste estudo será avaliar a influência dos métodos de binarização sobre os valores de DF do osso alveolar em imagens radiográficas digitais.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A palavra fractal vem do latim “fractus” que significa fraturado ou quebrado. Esse termo foi introduzido pelo matemático Mandelbrot em 1975, desde então ele vem sendo utilizado para especificar formas geométricas auto similares e estruturas irregulares, diferente da linguagem geométrica euclidiana tradicional (Mandelbrot, 1983). A geometria fractal fornece uma ferramenta quantitativa para caracterizar a autossimilaridade de formas complexas, a AF, que é um método desenvolvido para calcular a complexidade de uma estrutura, o qual é representada por um valor de complexidade que denominamos DF (Chappard et al., 2001; Sánchez e Uzcátegui, 2011). Desde a introdução da AF para calcular estruturas complexas, esta análise foi aplicada em diferentes áreas, inclusive na Odontologia (Sánchez e Uzcátegui, 2011). Diversos métodos são utilizados para calcular a DF, um dos mais utilizados tem sido o Box-counting (Kato et al., 2020).

Antes de realizar o cálculo da DF, diversos autores relatam a importância de realizar o pré-processamento das imagens radiográficas. A técnica mais utilizada é a de White e Rudolph, introduzida em 1999, que consiste no recorte das ROI, duplicação da ROI, remoção de variações em grande escala no brilho com um filtro Gaussiano borrado, subtração da ROI da imagem original, a adição de 128 valores de cinza para cada localização de pixel, binarização, erosão, dilatação, inversão e esqueletização (White e Rudolph, 1999; Kato et al., 2020; Franciotti et al., 2021).

A binarização ou thresholding é o processo que atribui um rótulo para cada pixel, desta maneira os pixels com mesmo rótulo compartilham algumas características como por exemplo: nível de cinza. Desta maneira, o objeto é isolado do fundo (Chaubey, 2016). A binarização determina um limiar específico para que a imagem seja segmentada, ou seja, torne-se uma imagem binária (branco e preto) (Puneet e Garg, 2013).

Em 1997, Haidekker et al. observaram que a DF demonstrava um comportamento de dependência sobre o valor do limiar, com uma diminuição do valor de DF ao aumentar o valor do limiar avaliando vértebras lombares em imagens radiográficas e de tomografia computadorizada quantitativa (Haidekker et al., 1997).

Punnet e Garg (2013) ao avaliarem diversos algoritmos de binarização local e global observou que os métodos de binarização global obtiveram melhores resultados em imagens em níveis de cinza do que em imagens coloridas ou com iluminação desigual (Puneet e Garg, 2013). Neste estudo os autores descreveram que os métodos de binarização global mais utilizados eram o método de Limiar fixo, método Otsu e método Min Error.

Em 2021, Arrigo et al. avaliaram treze métodos diferentes de binarização em imagens de angiografia por tomografia de coerência óptica com a finalidade de detectar capilares retiniais, densidade do vaso, tortuosidade do vaso e detecção de zona avascular foveal (Arrigo et al., 2021). Foram aplicados os métodos Default, Huang, Intermodes, Li, Max Entropy, Mean, Renyi Entropy, Moments, Otsu, Percentile, Shanbhag, Yen e o Limite fixo e a confiabilidade dos métodos foi obtida calculando a porcentagem de sobreposição entre a imagem binarizada e a imagem original. Concluíram que os métodos Huang, Li, Mean e Percentile são altamente confiáveis e atribuíram o bom resultado destas técnicas nas abordagens diferentes para verificar a distância da imagem original (em níveis de cinza) da imagem binarizada. Já os métodos Intermodes, Max Entropy, Renyi Entropy e Yen apresentaram resultados menos confiáveis.

Embora os métodos de binarização ainda não tenham sido avaliados sobre a análise de DF em imagens radiográficas odontológicas, autores como Baksi e Fidler (2012), Oliveira-Santos et al. (2019) Kato et al. (2020) e Franciotti et al. (2021) pontuaram que aspectos técnicos da imagem radiográfica e do cálculo de DF devem ser padronizados para fins de comparação de resultados (Baksi e Fidler, 2012; Oliveira-Santos et al., 2019; Kato et al., 2020; Franciotti et al., 2021).

3 PROPOSIÇÃO

Avaliar a influência dos métodos de binarização sobre os valores de DF do osso alveolar em imagens radiográficas digitais.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Aquisição radiográfica

Após a aprovação pelo comitê de ética em pesquisa institucional local (protocolo #88145018100005418), foram selecionadas dez mandíbulas secas, que foram radiografadas na região de molares de ambos os lados de cada mandíbula. Com o auxílio de um dispositivo acrílico que permitiu o posicionamento padronizado das mandíbulas, foram então obtidas cinco radiografias periapicais repetidas das 20 regiões anatômicas posteriores, usando a técnica do paralelismo.

Para a aquisição das radiografias periapicais utilizou-se a mesma placa de fósforo tamanho 2, o sistema radiográfico digital de placa de fósforo VistaScan (Dürr Dental, Beitigheim-Bissingen, Alemanha) e o aparelho radiográfico FOCUS (Instrumentarium, Tuusula, Finlândia), ajustado para operar a 70 kV, 7 mA, tempo de exposição de 0,16 s e distância foco-receptor de 30 cm. As imagens foram escaneadas sob resolução espacial de 2000dpi e exportadas em TIFF sob resolução de contraste de 8 bits, o que resultou em 100 imagens radiográficas adquiridas.

Análise da dimensão fractal

Uma região de interesse (ROI) quadrangular de 408x408 pixels foi selecionada sobre o trabeculado ósseo alveolar, evitando estruturas anatômicas como: o canal mandibular, ligamento periodontal e raízes dentárias (Figura 1). Utilizando a função Macro do software ImageJ/Fiji versão 2.0.0 (National Institute of Health, USA), as ROIs da mesma região anatômica foram posicionadas no mesmo local em todas as imagens para que houvesse reprodutibilidade. Cada ROI, passou por quatorze métodos de binarização global disponíveis no software ImageJ: Default, Huang, Iso Data, Li, Max Entropy, Mean, Min Error (I), Moments, Otsu, Percentile, Renyi Entropy, Shanbhag, Triangle e Yen (Figura 2). Posteriormente, as trabéculas ósseas foram contornadas e o valor da DF foi calculado por meio do método box-counting diferencial, utilizando o plugin FracLac (<https://imagej.nih.gov/ij/plugins/fractal/FLHelp/Introduction.htm>). Foi selecionado o

tamanho máximo da caixa de 45% do tamanho do ROI, o tamanho mínimo da caixa de dois pixels e a série da caixa linear.

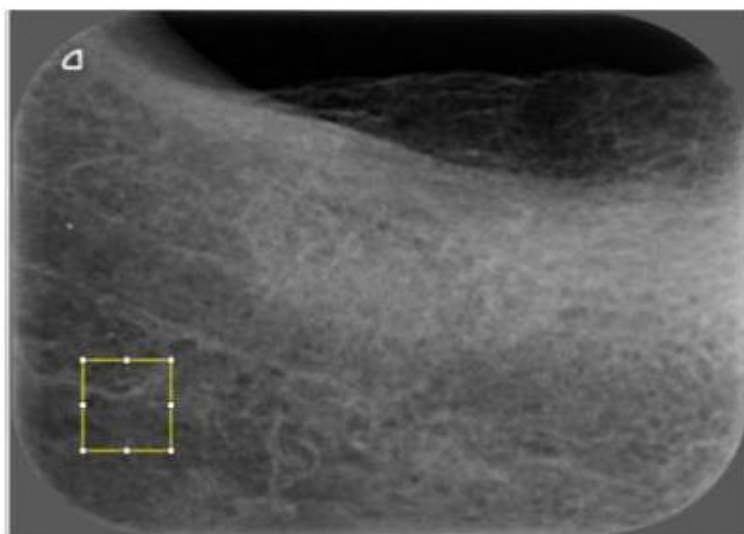


Figura 1 - Seleção da região de interesse (ROI)

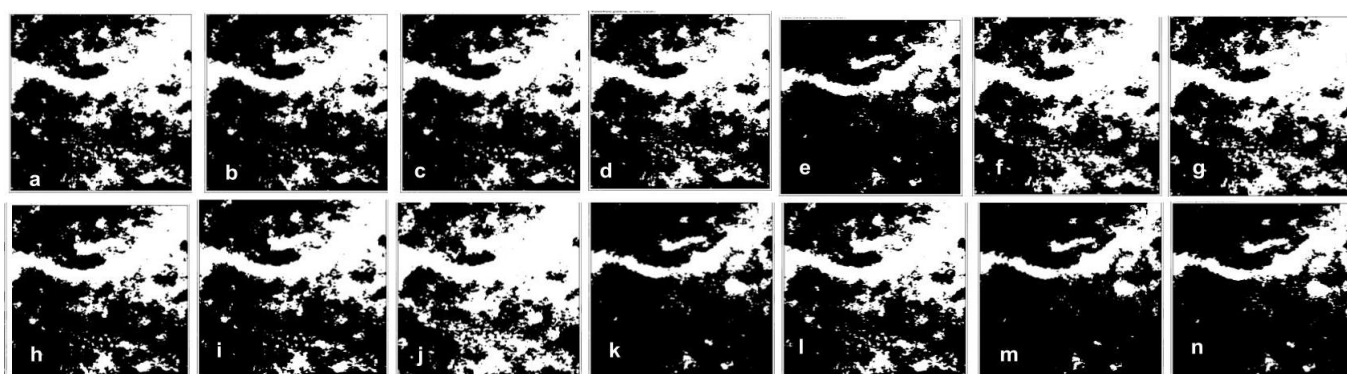


Figura 2 - Região de interesse binarizada pelos 14 métodos: a) Default b) Huang c) Iso Data d) Li e) Max Entropy f) Mean g) Min Error (l) h) Moments i) Otsu j) Percentile k) Renyi Entropy l) Shanbhag m) Triangle n) Yen

Análise estatística

Para a análise estatística, foi utilizado o programa SPSS 24.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, EUA). Os testes ANOVA um fator e post hoc de Tukey avaliaram a influência dos métodos de binarização sobre os valores de DF, adotando nível de significância de 5% ($\alpha=0.05$).

5 RESULTADOS

A tabela 1 mostra os valores médios de DF de acordo com os métodos de binarização. Não houve diferença estatisticamente significativa entre os métodos: Shanbhag, Otsu, Li, IsoData, Huang, Moments, Default, MinError, Mean e Percentile, que apresentaram os maiores valores de DF ($p < 0.05$). Os métodos Max Entropy, RenyiEntropy e Yen também não apresentaram diferenças significativas entre si, porém diferiram dos demais métodos, apresentando os menores valores de DF. O método de binarização Triangle apresentou diferença estatisticamente significativa quando comparado a todos os métodos de binarização.

Tabela 1 - Valores de média e desvio padrão (DP) do valor de dimensão fractal de acordo com os métodos de binarização

Métodos de Binarização	Média (DP)
Percentile	1,66 (0,07) A
Mean	1,65 (0,09) A
Min Error (I)	1,64 (0,09) A
Default	1,64 (0,10) A
Moments	1,64 (0,09) A
Huang	1,64 (0,09) A
Iso Data	1,64 (0,10) A
Li	1,64 (0,10) A
Otsu	1,63 (0,10) A
Shanbhag	1,63 (0,12) A
Triangle	1,52 (0,21) B
Renyi Entropy	1,41 (0,30) C
Yen	1,38 (0,30) C
Max Entropy	1,37 (0,29) C

Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significantes entre os métodos de binarização de acordo com o teste ANOVA um fator com teste post-hoc de Tukey ($p < 0.05$).

6 DISCUSSÃO

Embora a literatura tenha evidenciado nos últimos anos como aspectos técnicos da imagem radiográfica e da AF podem afetar os valores de DF, o método de binarização não havia sido um fator avaliado até então. Considerando que é a partir da binarização que é distinguido o que será considerado trabécula e espaço medular, era esperado que ao alterar o método de binarização e, conseqüentemente, a distinção das trabéculas, o valor de DF poderia ser afetado, o que o presente estudo de fato demonstrou.

Na literatura, embora haja heterogeneidade dos métodos de pesquisa sobre a AF, a maioria dos estudos com imagens odontológicas utilizaram o software ImageJ para a análise de DF, o mesmo software utilizado pelo presente estudo, que possibilita a aplicação de diferentes métodos de binarização (Kato et al., 2020). Tendo em vista que os métodos de binarização global foram considerados superiores para calcular o limiar de imagens em escala de tons de cinza quando comparados aos métodos de binarização local, apenas métodos de binarização global foram utilizados no presente estudo (Puneet e Garg, 2013). Tais métodos são rápidos e geram bons resultados, mas apresentam limitações, como a produção de ruídos (Senthilkumaran e Vaithegi, 2016). Dentro dos métodos de binarização global, é possível dividi-los em cinco classe de algoritmos: métodos baseados em forma do histograma, em agrupamento, em entropia, em atributos do objeto e em métodos espaciais (Sezgin e Sankur, 2004).

No presente estudo, todos os algoritmos baseados em método espacial (Percentile), em agrupamento (Mean, Min Error (I), Default, Iso Data e Otsu) e em atributos do objeto (Moments e Huang) não diferiram entre si e apresentaram os maiores valores de DF. O método Triangle, que diferiu de todos os demais métodos de binarização, é classificado como um método baseado na forma do histograma. Este método considera um pico máximo próximo a uma extremidade do histograma e procura a outra extremidade para que seja determinado o objeto e fundo (Zack et al., 1977). Os métodos Renyi Entropy, Yen e Max Entropy, que apresentaram os menores valores de DF, fazem parte da classe de algoritmos que exploram a entropia da distribuição dos níveis de cinza e tentam superar a dificuldade de determinar um limiar em imagens que não apresentam um histograma bimodal, ou

seja, o objeto não é claramente distinguível do fundo (Kapur et al., 1985; Jui-Cheng Yen et al., 1995; Sezgin e Sankur, 2004). Em contrapartida, os métodos Li e Shanbhag, que também fazem parte da classe de métodos baseados em entropia, apresentaram valores de DF significativamente maiores quando comparados com os demais métodos da mesma classe, o que sugere que a classe de algoritmo não é determinante para o valor de DF resultante.

Haidekker et al. (1997) ao avaliarem o grau de osteoporose através de medidas de densidade mineral óssea e de DF em imagens radiográficas e de tomografia computadorizada quantitativa de vértebras lombares, observou um comportamento de dependência da DF sobre o valor do limiar (Haidekker et al., 1997). Segundo os autores, o aumento do valor do limiar excluiu partes da estrutura e consequentemente reduziu o valor de DF. Através do software utilizado pelo presente estudo não é possível saber qual o limiar determinado por cada método de binarização, dessa forma, não é possível avaliar se o aumento do valor do limiar para binarização teve correlação com a diminuição do valor de DF.

Embora o objeto de avaliação não tenha sido o valor de DF, Arrigo et al. (2021) também observaram influência dos métodos de binarização sobre a confiabilidade de medidas em imagens de angiografia por tomografia de coerência óptica (Arrigo et al., 2021). Os autores observaram maior confiabilidade de medidas entre imagem original e imagem binarizada utilizando os métodos Huang, Li, Mean e Percentile; e piores resultados utilizando os métodos Intermodes, Max Entropy, Renyi Entropy e Yen. No presente estudo, os métodos classificados por Arrigo et al. (2021) como pouco confiáveis tiveram valores de DF significativamente menores quando comparados aos demais métodos, sugerindo que tais métodos de binarização possam não ter distinguido corretamente as trabéculas ósseas e o osso medular e, consequentemente diminuído o valor de DF, no entanto, é importante enfatizar que como a análise de DF não possui um padrão ouro, não é possível saber qual método de binarização fornece um limiar mais próximo da real diferenciação entre as trabéculas e o espaço medular (Gaêta-Araujo et al., 2019).

Na Odontologia, poucos estudos que avaliaram a complexidade óssea através da análise de DF especificaram qual o método de binarização utilizado, além disso, é possível observar uma variação de escolha de métodos de binarização

entre os estudos que descrevem qual o método utilizado. Yasar e Akgunlu (2006) e Ergun et al. (2009) utilizaram o método Mean para determinar o limiar, Pauwels et al. (2015) utilizaram o método Moments, enquanto Oliveira-Santos et al. (2019) utilizaram o método Default (Yaşar e Akgünlü, 2006; Ergün et al., 2009; Pauwels et al., 2015; Oliveira-Santos et al., 2019). Isso sugere que pouca atenção vem sendo dada para esse aspecto técnico do cálculo de DF.

Tendo em vista que a influência do método de binarização em imagens radiográficas odontológicas não havia sido estudado anteriormente na literatura, o presente estudo teve como limitação a falta de estudos anteriores para que pudesse comparar os resultados encontrados. Contudo, foi evidenciado a importância da escolha do método de binarização durante o cálculo de DF e a necessidade de padronização ao comparar valores de DF. Novos estudos podem ser desenvolvidos avaliando a relação entre o valor do limiar determinado pelo método de binarização e o valor de DF resultante.

3 CONCLUSÃO

O método de binarização influencia o valor de dimensão fractal de radiografias periapicais do osso alveolar, por isso, para fins de comparação, esse aspecto técnico durante a análise deve ser padronizado.

REFERÊNCIAS¹

Apolinário AC, Sindeaux R, de Souza Figueiredo PT, Guimarães ATB, Acevedo AC, Castro LC, et al. Dental panoramic indices and fractal dimension measurements in osteogenesis imperfecta children under pamidronate treatment. *Dentomaxillofacial Radiol* . 2016 Apr;45(4):20150400. doi: 10.1259/dmfr.20150400.

Arrigo A, Aragona E, Saladino A, Amato A, Bandello F, Battaglia et al. The impact of different thresholds on optical coherence tomography angiography images binarization and quantitative metrics. *Sci Rep*. 2021;11(1):1–10. doi: 10.1038/s41598-021-94333-y.

Arsan B, Köse TE, Çene E, Özcan İ. Assessment of the trabecular structure of mandibular condyles in patients with temporomandibular disorders using fractal analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2017 Mar;123(3):382–91.

Baksi BG, Fidler A. Image resolution and exposure time of digital radiographs affects fractal dimension of periapical bone. *Clin Oral Investig*. 2012 Oct 29;16(5):1507–10.

Chappard D, Legrand E, Haettich B, Chalès G, Auvinet B, Eschard J-P, et al. Fractal dimension of trabecular bone: comparison of three histomorphometric computed techniques for measuring the architectural two-dimensional complexity. *J Pathol*. 2001 Nov;195(4):515–21. doi: 10.1002/path.970.

Chaubey AK. Comparison of The Local and Global Thresholding Methods in Image Segmentation. *Wourld J Res Rev*. 2016;2(1):1-4.

Ergün S, Saraçoğlu A, Güneri P, Özpinar B. Application of fractal analysis in hyperparathyroidism. *Dentomaxillofacial Radiol*. 2009 Jul;38(5):281–9. doi: 10.1259/dmfr/24986192.

Franciotti R, Moharrami M, Quaranta A, Bizzoca ME, Piattelli A, Aprile G, et al. Use of fractal analysis in dental images for osteoporosis detection: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporos Int*. 2021;32(6):1041–52.

¹ De acordo com as normas da UNICAMP/FOP, baseadas na padronização do International Committee of Medical Journal Editors - Vancouver Group. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o PubMed.

Gaêta-Araujo H, Oliveira-Santos N, Brasil DM, do Nascimento EHL, Madlum DV, Haiter-Neto F, et al. Effect of micro-computed tomography reconstruction protocols on bone fractal dimension analysis. *Dentomaxillofac Radiol*. 2019 Dec;48(8):20190235. doi: 10.1259/dmfr.20190235.

Geraets WG, van der Stelt PF. Fractal properties of bone. *Dentomaxillofac Radiol*. 2000 May;29(3):144-53. doi: 10.1038/sj/dmfr/4600524.

Haidekker MA, Andresen R, Evertsz CJ, Banzer D, Peitgen HO. Assessing the degree of osteoporosis in the axial skeleton using the dependence of the fractal dimension on the grey level threshold. *Br J Radiol*. 1997 Jun;70(834):586–93. doi: 10.1259/bjr.70.834.9227251.

Harrar K, Hamami L. The fractal dimension correlated to the bone mineral density. *Wseas Trans Signal Process*. 2008;4(3):110–26.

Jui-Cheng Yen, Fu-Juay Chang, Shyang Chang. A new criterion for automatic multilevel thresholding. *IEEE Trans Image Process*. 1995 Mar;4(3):370–8.

Kapur JN, Sahoo PK, Wong AKC. A new method for gray-level picture thresholding using the entropy of the histogram. *Comput Vision, Graph Image Process*. 1985;29(3):273–85.

Kato CN, Barra SG, Tavares NP, Amaral TM, Brasileiro CB, Mesquita RA, et al. Use of fractal analysis in dental images: a systematic review. *Dentomaxillofac Radiol*. 2020 Feb;49(2):20180457. doi: 10.1259/dmfr.20180457.

Mandelbrot BB. *The fractal geometry of nature*. 3rd ed. W. H. Freeman and Company; 1983.

Oliveira-Santos N, Michels M, Freitas DQ, Haiter-Neto F, Oliveira ML. Influence of phosphor plate–based radiographic image specifications on fractal analysis of alveolar bone. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2019;128(4):418–23.

Oliveira ML, Pedrosa EFNC, Cruz AD, Haiter-Neto F, Paula FJA, Watanabe PCA. Relationship between bone mineral density and trabecular bone pattern in postmenopausal osteoporotic Brazilian women. *Clin Oral Investig*. 2013 Nov 14;17(8):1847–53. doi: 10.1007/s00784-012-0882-2.

Pauwels R, Faruangsaeng T, Charoenkarn T, Ngonphloy N, Panmekiate S. Effect of exposure parameters and voxel size on bone structure analysis in CBCT. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2015 Oct;44(8):20150078. doi: 10.1259/dmfr.20150078.

Puneet, Garg NK. Binarization Techniques used for Grey Scale Images. *Int J Comput Appl.* 2013;71(1):8–11.

Sánchez I, Uzcátegui G. Fractals in dentistry. *J Dent.* 2011;39(4):273–92.

Senthilkumaran N, Vaithegi S. Image segmentation by using thresholding techniques for medical images. *Comput Sci Engineering An Int J.* 2016;6(1):1–13.

Sezgin M, Sankur B. Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation. *J Electron Imaging.* 2004 Jan 1;13(1):146. doi: 10.1117/1.1631315.

Soğur E, Baksı BG, Gröndahl H-G, Şen BH. Pixel intensity and fractal dimension of periapical lesions visually indiscernible in radiographs. *J Endod.* 2013 Jan;39(1):16–9.

White SC, Rudolph DJ. Alterations of the trabecular pattern of the jaws in patients with osteoporosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 1999;88(5):628–35.

Yaşar F, Akgünlü F. The differences in panoramic mandibular indices and fractal dimension between patients with and without spinal osteoporosis. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2006 Jan;35(1):1–9. doi: 10.1259/dmfr/97652136.

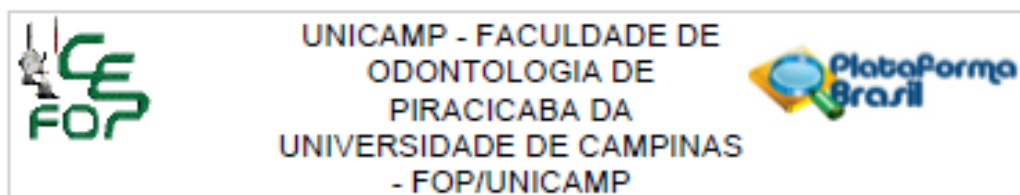
Zack GW, Rogers WE, Latt SA. Automatic measurement of sister chromatid exchange frequency. *J Histochem Cytochem.* 1977 Jul 5;25(7):741–53. doi: 10.1177/25.7.70454.

ANEXOS

Anexo 1 – Verificação de originalidade e prevenção de plágio

TCC			
RELATÓRIO DE ORIGINALIDADE			
17%	16%	7%	%
ÍNDICE DE SEMELHANÇA	FONTES DA INTERNET	PUBLICAÇÕES	DOCUMENTOS DOS ALUNOS
FONTES PRIMÁRIAS			
1	repositorio.unicamp.br Fonte da Internet	9%	
2	sbpqo.org.br Fonte da Internet	1%	
3	"2021 Peripheral Nerve Society virtual event", Journal of the Peripheral Nervous System, 2021 Publicação	1%	
4	idoc.pub Fonte da Internet	1%	
5	pesquisa.bvsalud.org Fonte da Internet	1%	
6	docplayer.com.br Fonte da Internet	1%	
7	www.ejmanager.com Fonte da Internet	1%	
8	Jessica Rabelo Mina Zambrana. "Análise da qualidade óssea em sítios de implantes a partir de dados cirúrgicos e parâmetros de	<1%	

Anexo 2 – Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: Avaliação de fatores que podem influenciar a análise de dimensão fractal

Pesquisador: Nicolly Oliveira Santos

Área Temática:

Versão: 5

CAAE: 88145018.1.0000.5418

Instituição Proponente: Faculdade de Odontologia de Piracicaba - Unicamp

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.036.457

Apresentação do Projeto:

O parecer inicial é elaborado com base na transcrição editada do conteúdo do registro do protocolo na Plataforma Brasil e dos arquivos anexados à Plataforma Brasil. Os pareceres de retorno, emendas e notificações são elaborados a partir do último parecer e dos dados e arquivos da última versão apresentada. Trata-se de SOLICITAÇÃO DE EMENDA (E1) AO PROTOCOLO originalmente aprovado em 26/06/2018 para extensão de cronograma, retirada de pesquisadores e inclusão de novos pesquisadores. O parecer foi atualizado de acordo com a documentação apresentada. A solicitação está detalhadamente descrita ao final do parecer.

A LISTA DE PESQUISADORES citada na capa do protocolo inclui NICOLLY OLIVEIRA SANTOS (Cirurgião-Dentista, Doutoranda no PPG em Radiologia Odontologia da FOP-UNICAMP, Pesquisadora responsável), MATHEUS LIMA DE OLIVEIRA NETO (Cirurgião-Dentista, Docente da área de Radiologia Odontologia da FOP-UNICAMP), ALINE GABRIELI DA SILVA (Graduanda no curso de odontologia da FOP-UNICAMP, Incluída em E1), HUGO GAËTA ARAUJO (Cirurgião dentista, Docente da Área de Radiologia Odontológica da FO-UNIFAL-MG, Incluído em E1), o que é confirmado na declaração dos pesquisadores e na PB.

Pendência 1 de emenda 1 (atendida em 13/10/21): Quanto à retirada dos nomes dos pesquisadores MARIANE MICHELS, DEBORAH QUEIROZ DE FREITAS e FRANCISCO HAITER NETO, os

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

PIRACICABA, 14 de Outubro de 2021

Assinado por:
Jacka Jorge Junior
(Coordenador(a))