

# RESSALVA

Atendendo a solicitação do(a) autor(a), o texto completo desse trabalho será disponibilizado no repositório a partir de 14/04/2028.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de São José dos Campos  
Instituto de Ciência e Tecnologia

**BIANCA COSTA GONÇALVES**

**TÉCNICA DE ANÁLISE DE TEXTURA EM TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA  
DE FEIXE CÔNICO COMO FERRAMENTA PREDITORA DE ALTERAÇÕES  
ÓSSEAS PERIAPICAIS EM MOLARES SUPERIORES COM DEFEITOS  
ÓSSEOS VERTICAIS E LESÕES DE FURCA.**

**BIANCA COSTA GONÇALVES**

**TÉCNICA DE ANÁLISE DE TEXTURA EM TOMOGRAFIA  
COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO COMO FERRAMENTA PREDITORA  
DE ALTERAÇÕES ÓSSEAS PERIAPICAIS EM MOLARES SUPERIORES COM  
DEFEITOS ÓSSEOS VERTICAIS E LESÕES DE FURCA.**

Tese apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de São José dos Campos, para obtenção do título de DOUTOR, pelo Programa de Pós- Graduação em CIÊNCIAS APLICADAS À SAÚDE BUCAL.

Área: Periodontia. Linha de pesquisa: Patogenia, Imaginologia e terapias em odontologia.

Orientador: Prof. Assoc. Sérgio Lúcio Pereira de Castro Lopes

São José dos Campos

2026

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2026]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Gonçalves, Bianca Costa

Técnica de análise de textura em tomografia computadorizada de feixe cônico como ferramenta preditora de alterações ósseas periapicais em molares superiores com defeitos ósseos verticais e lesões de furca. / Bianca Costa Gonçalves. - São José dos Campos : [s.n.], 2026.

70 f. : il.

Tese (doutorado) - Pós-Graduação em Ciências Aplicadas à Saúde Bucal - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2026.

Orientador: Sérgio Lúcio Pereira de Castro Lopes.

1. Tomografia computadoriza de feixe cônico. 2. Periodontite. 3. Defeitos da Furca. 4. Periodontite Periapical. 5. Radiômica Radiologia. I. Lopes, Sérgio Lúcio Pereira de Castro, orient. II. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. III. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - UNESP. IV. Universidade Estadual Paulista (UNESP). V. Título.

## **IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA**

Os resultados deste estudo reforçam o potencial da técnica de análise de textura aplicada à tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) como uma ferramenta quantitativa inovadora para a avaliação da microestrutura óssea alveolar. A capacidade dessa abordagem radiômica em detectar alterações estruturais em regiões aparentemente normais nas imagens de TCFC sugere que essa metodologia pode ampliar significativamente o alcance diagnóstico desta modalidade de exame por imagens na avaliação das doenças periodontais. Além disso, a maior sensibilidade observada na raiz mesiovestibular evidência a influência de fatores anatômicos e biomecânicos na manifestação das alterações ósseas associadas à progressão da perda óssea de furca. Dessa forma, a integração entre métodos radiômicos e a interpretação clínica das imagens pode suscitar em um importante avanço no diagnóstico precoce de alterações ósseas relacionadas à doença periodontal, contribuindo para o desenvolvimento de biomarcadores quantitativos aplicáveis à prática clínica e à pesquisa em radiologia dentomaxilofacial.

## **POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH**

The findings of the present study further reinforce the potential of texture analysis applied to cone-beam computed tomography (CBCT) as an innovative quantitative approach for the assessment of alveolar bone microstructure. The capability of this radiomic methodology to detect subtle structural alterations in regions that appear radiographically normal on CBCT images suggests that this approach may substantially expand the diagnostic scope of this imaging modality in the evaluation of periodontal diseases. Moreover, the greater sensitivity observed in the mesiobuccal root underscores the potential influence of anatomical and biomechanical factors on the manifestation of bone alterations associated with the progression of furcation bone loss. In this context, the integration of radiomic analytical methods with the clinical interpretation of imaging findings may represent a significant advancement in the early detection of bone alterations related to periodontal disease, thereby contributing to the development of quantitative imaging biomarkers applicable to both clinical practice and research in dentomaxillofacial radiology.

## **BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Assoc. Sérgio Lúcio Pereira de Castro Lopes** (Orientador)

Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

**Profa. Tit. Maria Aparecida Neves Jardim**

Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

**Profa. Assoc. Andrea Carvalho de Marco**

Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

**Profa. Dra. Camila Lopes Ferreira**

Universidade de Taubaté – UNITAU

Faculdade de Odontologia

Campus de Taubaté

**Profa. Dra. Elis Andrade de Lima Zutin**

Universidade de Mogi das Cruzes (UMC)

Curso de Odontologia

Campus de Mogi das Cruzes

São José dos Campos, 14 de abril de 2026.

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho, antes de tudo, a **Deus**, cuja presença constante guiou meus passos e me concedeu força e perseverança para superar os desafios ao longo desta jornada.*

*À minha mãe, **Maria Antonia Ferreira Costa**, minha maior incentivadora em toda a minha trajetória acadêmica. Sua confiança, apoio incondicional e seu exemplo como mulher e mãe foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.*

*Ao meu filho, **Fabício Costa Diez**, com o desejo de que o estudo, o conhecimento e a busca pelos sonhos estejam sempre presentes em sua vida.*

*À minha querida amiga, **Fátima Tavares** (in memoriam), cuja alegria de viver e paixão pela vida permanecem como uma inspiração constante em meu caminho.*

*À **minha família**, pelo apoio, incentivo, compreensão e carinho em todos os momentos desta caminhada.*

## **AGRADECIMENTOS**

*Expresso minha profunda gratidão ao Prof. Dr. Sérgio Lúcio Pereira de Castro Lopes, meu orientador, pelo seu apoio constante, sua orientação dedicada e pelo incentivo permanente ao longo da minha jornada acadêmica. Sou imensamente grata por sua paciência, ensinamentos, incentivo contínuo e confiança depositada em meu trabalho. Ter a honra de ser orientada por ele foi um privilégio inestimável, pelo qual serei eternamente grata.*

## RESUMO

Goncalves BC. Técnica de análise de textura em tomografia computadorizada de feixe cônico como ferramenta preditora de alterações ósseas periapicais em molares superiores como defeitos ósseos verticais e lesões de furca [tese]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia, 2026.

Este estudo teve como objetivo investigar possíveis comprometimentos ósseos na região apical de 1<sup>os</sup> molares superiores acometidos por lesões de furca, por meio da técnica de análise de textura (AT) aplicada a imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), avaliando se a progressão da perda óssea periodontal está associada a alterações estruturais no osso periapical. Foram analisadas imagens de TCFC adquiridas em um mesmo sistema e protocolo de 4 grupos, cada um composto por 30 dentes (1<sup>os</sup> molares superiores): grupo controle (GC), sem perda óssea vertical na região de furca; grupo cervical (GCe), com perda óssea restrita ao terço cervical radicular; grupo médio (GM), com perda óssea até o terço médio da raiz; e grupo apical (GA), com perda óssea estendendo-se até o terço apical. No software OnDemand3D foram obtidos cortes paracoronais individualizados para cada uma das três raízes dos molares superiores — mésiovestibular (RMV), distovestibular (RDV) e palatina (RP). As imagens foram exportadas para o software MaZda 3.20, no qual foi delimitada uma região de interesse (ROI) circular padronizada de 3,0 × 3,0 mm no osso alveolar da região apical de cada raiz. A análise de textura foi realizada utilizando a matriz de coocorrência de níveis de cinza (MCO), considerando-se 11 parâmetros de textura. A análise estatística foi conduzida pelo teste de Kruskal–Wallis, seguido do teste de Dunn com correção de Bonferroni. Nas RP e RDVr, apenas os parâmetros Correlat S(3,3) e SumAverg, respectivamente, apresentaram diferenças significativas entre os grupos. Já na RMV, foram observadas diferenças significativas em sete parâmetros de textura - S(1,0) Correlat; SumOfSqs; SumAverg; SumVarnrc; SumEntrp; Entropy e DifEntrp - com destaque para maiores valores no GM em comparação ao GC, sugerindo maior sensibilidade dessa raiz às alterações ósseas associadas à progressão da perda óssea de furca. Conclui-se que a análise de textura em TCFC apresenta potencial como ferramenta quantitativa para a detecção de alterações microestruturais do osso periapical em molares superiores afetados por defeitos de furca.

Palavras Chave: Tomografia computadoriza de feixe cônico. Periodontite. Defeitos da Furca. Periodontite Periapical. Radiômica. Radiologia.

## **ABSTRACT**

*Goncalves BC. Texture analysis technique in cone-beam computed tomography as a predictive tool for periapical bone alterations in maxillary molars, such as vertical bone defects and furcation lesions. [doctorate thesis]. São José dos Campos: São Paulo State University (UNESP), Institute of Science and Technology, 2026.*

*This study aimed to investigate possible bone impairments in the apical region of maxillary first molars affected by furcation lesions through the texture analysis (TA) technique applied to cone-beam computed tomography (CBCT) images, evaluating whether the progression of periodontal bone loss is associated with structural alterations in the periapical bone. CBCT images acquired using the same system and protocol were analyzed from four groups, each composed of 30 teeth (maxillary first molars): control group (CG), without vertical bone loss in the furcation region; cervical group (CeG), with bone loss restricted to the cervical third of the root; middle group (MG), with bone loss extending to the middle third of the root; and apical group (AG), with bone loss extending to the apical third. Using the OnDemand3D software, individualized paracoronal sections were obtained for each of the three roots of the maxillary molars-mesiobuccal (MBR), distobuccal (DBR), and palatal (PR). The images were exported to MaZda 3.20 software, in which a standardized circular region of interest (ROI) measuring 3.0 × 3.0 mm was delineated in the alveolar bone of the apical region of each root. Texture analysis was performed using the gray-level co-occurrence matrix (GLCM), considering 11 texture parameters. Statistical analysis was conducted using the Kruskal–Wallis test, followed by Dunn’s post hoc test with Bonferroni correction. In the PR and DBR, only the parameters Correlat S(3,3) and SumAverg, respectively, showed significant differences between the groups. In the MBR, however, significant differences were observed in seven texture parameters - S(1,0) Correlat, SumOfSqs, SumAverg, SumVarnc, SumEntrp, Entropy, and DifEntrp—with notably higher values in the MG compared with the CG, suggesting greater sensitivity of this root to bone alterations associated with the progression of furcation bone loss. It can be concluded that texture analysis in CBCT images shows potential as a quantitative tool for detecting microstructural alterations in the periapical bone of maxillary molars affected by furcation defects.*

**Keywords:** Cone-beam computed tomography. Periodontitis. Furcation defects. Periapical periodontitis. Radiomics. Radiology.

## LISTA DE ABREVIATURAS

|          |                                                                                                           |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AngScMom | Momento angular secundário                                                                                |
| AT       | Análise de Textura                                                                                        |
| Contrast | Contraste                                                                                                 |
| Correlat | Correlação                                                                                                |
| DifEntrp | Diferença da entropia                                                                                     |
| DifVarnc | Diferença da variância                                                                                    |
| Entropy  | Entropia                                                                                                  |
| GA       | Grupo com dentes com perda óssea vertical na área de furca acometendo até o terço apical da raiz          |
| GC       | Grupo controle                                                                                            |
| GCe      | Grupo com dentes com perda óssea vertical na região da furca localizadas apenas no terço cervical da raiz |
| GM       | Grupo com dentes com perda óssea vertical na área de furca acometendo até o terço médio da raiz           |
| InvDfMom | Momento da diferença inversa                                                                              |
| MCO      | Matriz de coocorrência                                                                                    |
| RMV      | Raiz mésio vestibular                                                                                     |
| RDV      | Raiz disto vestibular                                                                                     |
| RP       | Raiz palatina                                                                                             |
| SumAverg | Soma da média                                                                                             |
| SumEntrp | Soma das entropias                                                                                        |
| SumOfSqs | Soma dos quadrados                                                                                        |
| SumVarnc | Soma da variância                                                                                         |
| TCFC     | Tomografia Computadoriza de Feixe Cônico                                                                  |

## SUMÁRIO

|                                                                                                |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                                      | <b>10</b> |
| <b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>                                                           | <b>14</b> |
| <b>3 PROPOSIÇÃO .....</b>                                                                      | <b>19</b> |
| <b>4 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                                                              | <b>20</b> |
| 4.1 Caracterização da Amostra/Cálculo amostral .....                                           | 20        |
| 4.2 Critérios de inclusão, não inclusão e exclusão.....                                        | 21        |
| 4.3 Aspectos éticos da pesquisa .....                                                          | 22        |
| 4.4 Aquisição das imagens (TCFC).....                                                          | 22        |
| 4.4.1 Avaliação tomográfica das lesões de furca de acordo com os<br>parâmetros propostos ..... | 22        |
| 4.4.2 Obtenção das imagens para análise de textura .....                                       | 23        |
| 4.5 para seleção da amostra .....                                                              | 26        |
| 4.5.1 Critérios de inclusão .....                                                              | 26        |
| 4.5.2 Critérios de não inclusão .....                                                          | 26        |
| 4.6 Obtenção das imagens para análise de textura .....                                         | 27        |
| 4.7 Calibração do avaliador.....                                                               | 31        |
| 4.8 Análise estatística .....                                                                  | 31        |
| <b>5 RESULTADOS.....</b>                                                                       | <b>32</b> |
| <b>6 DISCUSSÃO.....</b>                                                                        | <b>53</b> |
| <b>7 CONCLUSÃO .....</b>                                                                       | <b>60</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                                                       | <b>61</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Tomografia computadorizada (TC) constitui uma modalidade de exame por imagem, na qual, por meio do uso de raios X, se obtém secções contínuas, sem que haja qualquer sobreposição da região a ser analisada em diferentes planos anatômicos. As imagens apresentam-se em real grandeza, com graus de magnificação e distorções desprezíveis, possibilitando assim que sejam realizadas mensurações, as quais se apresentam fidedignas ao corpo examinado (Sara et al., 2007).

Considerando-se os exames por TC, foi desenvolvido no ano de 1998, uma nova categoria, denominada de Tomografia Computadorizada de feixe cônico (TCFC), direcionada para o estudo das estruturas dento-maxilo-faciais, e, portanto, para aplicações nas especialidades odontológicas. Este tipo de TC fornece ao paciente doses expressivamente menores que os sistemas de TC ditos de feixe em leque (ou fan beam) e, portanto, sendo amplamente utilizado pelos profissionais da odontologia, como método de exame complementar por imagem. A TCFC utiliza o princípio da emissão de um feixe de raios X de forma cônica, que revoluciona, durante a aquisição das imagens, ao redor da cabeça do paciente, obtendo o volume da região a ser estudada, por meio de múltiplas imagens. Estas são captadas por um sensor, o qual, por meio de algoritmos específicos de computadores, reconstrói o volume adquirido em cortes seccionais, em diferentes planos, os quais são exibidos na tela do computador, permitindo ao profissional o estudo volumétrico das estruturas, e, se necessário for, a reformatação em novos planos, de forma precisa (Acar, Kamburoglu, 2014; AlJehani et al., 2014).

Atualmente, a TCFC é considerada como a modalidade de exame por imagem confiável no diagnóstico e tratamento de lesões de furca, nos defeitos infraósseos, assim como nos outros problemas periodontais (Songa et al., 2014). Pesquisas tem abordado a utilização da TCFC no diagnóstico das doenças periodontais, algumas avaliando especificamente as lesões de furca (Songa et al., 2014; Acar, Kamburoglu, 2014; Qiao et al., 2014; Pajnigara et al., 2016; Zeba et al., 2016).

Fleiner et al., em 2013 utilizaram a TCFC para quantificar o nível ósseo circunferencial periodontal e compará-lo com as medidas clínicas, os autores encontraram uma alta concordância entre os valores, destacando a confiabilidade da TCFC e precisão das medidas de perda óssea relacionadas à dentes específicos. Mais posteriormente Guo et al., (2016) realizaram mensurações, de perda óssea alveolar em 150 sítios de molares e pré-molares, causados pela doença periodontal, onde foi realizado medições clínicas e tomográficas, os autores observaram que não houve diferença estatisticamente significativa entre as duas técnicas utilizadas.

Porém, a literatura relata que a TCFC é ainda subutilizada para o diagnóstico periodontal (Vasconcelos et al., 2012). Este mesmo autor, comparando o uso das imagens volumétricas tridimensionais com imagens bidimensionais no diagnóstico de defeitos ósseos simulados in vitro, demonstrou que esta modalidade de exame apresenta entre 80 a 100% de sensibilidade na detecção e classificação dos defeitos ósseos, contrapondo-se, as radiografias intrabucais que apresentam sensibilidade entre 63 a 67%.

O que justifica analisar a presença de defeitos infraósseos é o fato da literatura apontar que estes defeitos são considerados um indicador de uma periodontite ativa avançada, e que a angulação do defeito tem sido usada como um indicador radiográfico para o prognóstico do sucesso do tratamento, especialmente em terapias regenerativas. (Scarfe et al., 2017).

A TCFC é superior na detecção de defeitos infraósseos, tanto in vitro como, mais recentemente, in vivo, com taxa de detecção de até 100% (Mol, Balasundaram, 2008). Desta forma os autores concluíram que a TCFC para avaliar defeitos localizados, pode influenciar diretamente o tratamento de escolha e consequentemente melhorar a eficácia através da redução do custo e do tempo proposto para a realização da terapia (Scarfe et al., 2017).

Misch et al., 2006 fizeram uma comparação entre radiografias convencionais e TCFC na detecção de defeitos infraósseos, eles mostraram que a TCFC foi capaz de detectar todos os defeitos em comparação com apenas 67% que foram detectados usando radiografias intraorais.

A TCFC desempenha um papel importante na avaliação tridimensional de defeitos, especialmente das regiões de furca, sendo que a morfologia do defeito influencia diretamente o tipo de planejamento e tratamento que deve ser realizado,

além do prognóstico dos dentes afetados (Bois et al., 2011; Scarfe et al., 2017) Feijó et al., realizaram medições de defeitos ósseos periodontais horizontais em oito molares superiores durante uma intervenção cirúrgica, utilizando a TCFC, e concluiu que não houve diferenças estatisticamente significativas entre as medidas clínicas e as medidas da TCFC, confirmando a alta precisão das imagens. (Feijó et al., 2012).

A Análise de Textura (AT) é um método matemático de avaliação dos tons de cinza e da relação/distribuição entre os tons de cinza adjacentes que podem ajudar na caracterização dos tecidos do estudo (Costa et al., 2022; Costa et al., 2021). A AT por matriz de coocorrência (MCO) de níveis de cinza é empregada com sucesso na área médica para avaliar alterações derrame isquêmico (homogeneidade que são determinadas pelos tons de cinza representados na imagem (Oliveira et al., 2009), epilepsia mioclônica (Oliveira., 2013), osteoartrite (Hirvasniemi et al., 2019), osteoporose (Kavitha et al., 2015) e lipoma intraósseo (Lee et al., 2018). O método de MCO é uma análise estatística que considera a repetição (coocorrência) de tons de cinza a uma distância de com uma angulação  $\alpha$  para diferentes direções.

Na Odontologia, a AT já foi empregada para avaliar alterações periodontal em região de furca (Gonçalves et al., 2020), os autores utilizaram a AT, em Tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC), em 03 regiões distintas, na área da lesão de furca com perda óssea periodontal; região intermediário – próxima à lesão, mas com aspecto radiográfico normal e grupo controle, em região totalmente saudável. Os resultados encontrados pelos autores sugerem que a AT em imagens de TCFC nas regiões intermediárias, é capaz de evidenciar e quantificar se esta apresenta-se alterada. Concluindo o potencial positivo desta ferramenta como auxílio de diagnóstico para regiões que apresentam aspectos radiográficos normais próximo de lesões periodontais, sendo capaz de evidenciar estágios iniciais da doença periodontal. A utilização de AT, em imagens de radiografias intraorais periapicais, também foi estudada para avaliar os diferentes tipos ósseos para planejamento e colocação de implantes dentários, e os autores concluíram que a AT foi capaz de permitir a diferenciação dos diferentes tipos ósseos (Mundim, 2016).

Na literatura não há pesquisas abordando os parâmetros de AT, em imagens de TCFC, em molares superiores acometidos por perda óssea vertical na região de furca, buscando compreender se há diferença no padrão ósseo apical que possa correlacionar com as diferentes perdas ósseas verticais, fator este que demonstra a

importância e originalidade do presente estudo, bem como seu caráter multidisciplinar, englobando a Periodontia e a Imaginologia.

## **7 CONCLUSÃO**

Pode-se concluir que a técnica de análise de textura possibilitou a detecção de alterações ósseas periapicais, em molares com lesões de furca, não observadas visualmente em imagens de TCFC, em específico na raiz mesiovestibular acometida por perdas ósseas em seus terços médios. Esta técnica apresenta-se promissora desempenhando papel de marcadores em imagens de TCFC.

## REFERÊNCIAS

Acar B, Kamburoglu K. Use of cone beam computed tomography in periodontology. *World J Radiol* 2014 May 28;6(5):139-147.

Andrei OC, Ciavoi G, Dina MN, Todor L, Tărlungeanu DI, Mărgărit R. A rare find of a maxillary third molar with five roots: a case report of an unusual morphology. *Rom J Morphol Embryol*. 2023 Apr-Jun;64(2):275-278. doi: 10.47162/RJME.64.2.19. PMID: 37518886; PMCID: PMC10520373.

Al-Shammari KF, Kazor CE, Wang HL. Molar root anatomy and management of furcation defects. *J Clin Periodontol*. 2001 Aug;28(8):730-40. English, French, German. doi: 10.1034/j.1600-051x.2001.280803.x. PMID: 11442732.

Barioni ED, Lopes SLPC, Silvestre PR, Yasuda CL, Costa ALF. Texture Analysis in Volumetric Imaging for Dentomaxillofacial Radiology: Transforming Diagnostic Approaches and Future Directions. *J Imaging*. 2024 Oct 22;10(11):263. doi: 10.3390/jimaging10110263. PMID: 39590727; PMCID: PMC11595357.

Björn AL, Hjort P. Bone loss of furcated mandibular molars. A longitudinal study. *J Clin Periodontol*. 1982 Sep;9(5):402-8. doi: 10.1111/j.1600-051x.1982.tb02052.x. PMID: 6958688.

du Bois AH, Kardachi B, Bartold PM. Is there a role for the use of volumetric cone beam computed tomography in periodontics? *Aust Dent J*. 2012 Mar;57 Suppl 1:103-8. doi: 10.1111/j.1834-7819.2011.01659.x. PMID: 22376102..

Choi IGG, Cortes ARG, Arita ES, Georgetti MAP. Comparison of conventional imaging techniques and CBCT for periodontal evaluation: A systematic review. *Imaging Sci Dent*. 2018 Jun;48(2):79-86. doi: 10.5624/isd.2018.48.2.79. Epub 2018 Jun 19. PMID: 29963478; PMCID: PMC6015929.

Ricardo ALF, da Silva GA, Ogawa CM, Nussi AD, De Rosa CS, Martins JS, de Castro Lopes SLP, Appenzeller S, Braz-Silva PH, Costa ALF. Magnetic resonance imaging texture analysis for quantitative evaluation of the mandibular condyle in juvenile idiopathic arthritis. *Oral Radiol*. 2023 Apr;39(2):329-340. doi: 10.1007/s11282-022-00641-y. Epub 2022 Aug 10. PMID: 35948783.

Costa ALF, de Souza Carreira B, Fardim KAC, Nussi AD, da Silva Lima VC, Miguel MMV, Jardini MAN, Santamaria MP, de Castro Lopes SLP. Texture analysis of cone beam computed tomography images reveals dental implant stability. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2021 May 4:S0901-5027(21)00162-4.

Eickholz P, Walter, C. Clinical and radiographic diagnosis and epidemiology of furcation involvement. In: Nibali, L., ed., *Diagnosis and Treatment of Furcation - Involved Teeth*. Oxford: John Wiley Sons 2018.

Feijo CV, Lucena JG, Kurita LM, Pereira SL. Evaluation of cone beam computed tomography in the detection of horizontal periodontal bone defects: an in vivo study. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2012 Oct;32(5):e162-8. PMID: 22754909.

Fleiner J, Hannig C, Schulze D, Stricker A, Jacobs R. Digital method for quantification of circumferential periodontal bone level using cone beam CT. *Clin Oral Investig*. 2013 Mar;17(2):389-96.

Gonçalves BC, de Araújo EC, Nussi AD, Bechara N, Sarmento D, Oliveira MS, Santamaria MP, Costa ALF, Lopes S. Texture analysis of cone-beam computed tomography images assists the detection of furcal lesion. *J Periodontol*. 2020 Sep;91(9):1159-1166. doi: 10.1002/JPER.19-0477. Epub 2020 Feb 26. PMID: 32003465.

Gharouni M, Faramarzi M, Bayat N, Saeidi A. Comparative analysis of insertion torque and radiological texture analysis following sinus lift surgery between allograft and xenograft materials: a randomized clinical trial. *Oral Maxillofac Surg*. 2025 Oct 14;29(1):175. doi: 10.1007/s10006-025-01477-6. PMID: 41083861.

Guo Y, Ge Z, Ma R, Hou Jian, Li G. A six-site method for the evaluation of periodontal bone loss in cone-beam CT images. *Dentomaxillofacial Radiology* 2016; 45: 20150265.

Hou GL, Hung CC, Tsai CC, Weisgold AS. Topographic study of root trunk type on Chinese molars with Class III furcation involvements: molar type and furcation site. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2005 Apr;25(2):173-9. PMID: 15839594.

Queiroz PM, Fardim KC, Costa ALF, Matheus RA, Lopes SLPC. Texture analysis in cone-beam computed tomographic images of medication-related osteonecrosis of the jaw. *Imaging Sci Dent*. 2023 Jun;53(2):109-115. doi: 10.5624/isd.20220202. Epub 2023 Feb 11. PMID: 37405203; PMCID: PMC10315229.

Lee KM, Kim HG, Lee YH, Kim EJ. mDixon-based texture analysis of an intraosseous lipoma: a case report and current review for the dental clinician. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2018 Mar;125(3):e67-e71. doi: 10.1016/j.oooo.2017.10.013. Epub 2017 Dec 6. PMID: 29226824.

Lopes DLG, Lopes SLPC, Ungaro DMT, Gomes APM, Moura NB, Gonçalves BC, Costa ALF. Radiomics-Driven CBCT Texture Analysis as a Novel Biosensor for Quantifying Periapical Bone Healing: A Comparative Study of Intracanal Medications. *Biosensors (Basel)*. 2025 Feb 9;15(2):98. doi: 10.3390/bios15020098. PMID: 39997000; PMCID: PMC11852422.

MacDonald D. Cone-beam computed tomography and the dentist. *J Investig Clin Dent*. 2017 Feb;8(1). doi: 10.1111/jicd.12178. Epub 2015 Jul 14. PMID: 26175061.

Marcaccini AM, Pavanelo A, Nogueira AV, Souza JA, Porciúncula HF, Cirelli JA. Morphometric study of the root anatomy in furcation area of mandibular first molars. *J Appl Oral Sci*. 2012 Feb;20(1):76-81. doi: 10.1590/s1678-77572012000100014. PMID: 22437682; PMCID: PMC3928776.

Misch K, Yi ES, Sarment DP. Accuracy of cone-beam computed tomography for periodontal defect measurements. *J Periodontol* 2006 Jul; 77:1261-126.

Mol A, Balasundaram A. In vitro cone beam computed tomography imaging of periodontal bone. *Dentomaxillofacial Radiology* 2008; 37: 319-324.

Moura NB, Ferreira CL, Lima VCS, Nunes CMM, de Marco AC, Costa ALF, Lopes SLPC, Jardini MAN. Effect of the pulsed electromagnetic field in the repair of a calvaria critical bone defect in rats: cone beam computed tomographic and histomorphometric analysis.: PEMF in the repair of a calvaria critical bone defect: CBCT analyses. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*. 2023 Dec;124(6S):101483. doi: 10.1016/j.jormas.2023.101483. Epub 2023 Apr 24. PMID: 37100171.

Moraes MB, Costa NCQ, Silva GYSD, Costa FC, Raldi FV, Lopes SLPC. Unveiling degenerative bone changes in the condyle: a texture analysis approach using cone-beam computed tomography. *Acta Cir Bras*. 2025 Jan 13;40:e401325. doi: 10.1590/acb401325. Erratum in: doi: 10.1590/acb401325.errata. PMID: 39813537; PMCID: PMC11729191.

Mundim MB, Dias DR, Costa RM, Leles CR, Azevedo-Marques PM, Ribeiro-Rotta RF. Intraoral radiographs texture analysis for dental implant planning. *Comput Methods Programs Biomed*. 2016 Nov;136:89-96. doi: 10.1016/j.cmpb.2016.08.012. Epub 2016 Aug 24. PMID: 27686706.

Nibali L, Zavattini A, Nagata K, Di Iorio A, Lin GH, Needleman I, Donos N. Tooth loss in molars with and without furcation involvement - a systematic review and meta-analysis. *J Clin Periodontol*. 2016 Feb;43(2):156-66. doi: 10.1111/jcpe.12497. Epub 2016 Feb 12. PMID: 26932323.

Nibali L, Krajewski A, Donos N, Völzke H, Pink C, Kocher T, Holtfreter B. The effect of furcation involvement on tooth loss in a population without regular periodontal therapy. *J Clin Periodontol*. 2017 Aug;44(8):813-821. doi: 10.1111/jcpe.12756. Epub 2017 Jul 12. PMID: 28699678.

Nibali L, Sun C, Akcalı A, Yeh YC, Tu YK, Donos N. The effect of horizontal and vertical furcation involvement on molar survival: A retrospective study. *J Clin Periodontol*. 2018 Mar;45(3):373-381. doi: 10.1111/jcpe.12850. Epub 2018 Jan 19. PMID: 29219193.

Oliveira MS, Fernandes PT, Avelar WM, Santos SL, Castellano G, Li LM. Texture analysis of computed tomography images of acute ischemic stroke patients. *Braz J Med Biol Res*. 2009 Nov;42(11):1076-9. doi: 10.1590/s0100-879x2009005000034. Epub 2009 Oct 9. PMID: 19820884.

de Oliveira MS, Betting LE, Mory SB, Cendes F, Castellano G. Texture analysis of magnetic resonance images of patients with juvenile myoclonic epilepsy. *Epilepsy Behav*. 2013 Apr;27(1):22-8. doi: 10.1016/j.yebeh.2012.12.009. Epub 2013 Jan 28. Erratum in: *Epilepsy Behav*. 2013 Jun;27(3):515. PMID: 23357730.

Oliveira LAP, Lopes DLG, Gomes JPP, da Silveira RV, Nozaki DVA, Santos LF, Castellano G, de Castro Lopes SLP, Costa ALF. Enhanced Diagnostic Precision:

Assessing Tumor Differentiation in Head and Neck Squamous Cell Carcinoma Using Multi-Slice Spiral CT Texture Analysis. *J Clin Med*. 2024 Jul 10;13(14):4038. doi: 10.3390/jcm13144038. PMID: 39064078; PMCID: PMC11277332.

Oliveira VGB, Queiroz PM, Simões AR, Alves MGO, Jardini MAN, Costa ALF, Lopes SLPC. Voxel Size and Field of View Influence on Periodontal Bone Assessment Using Four CBCT Systems: An Experimental Ex Vivo Analysis. *Tomography*. 2025 Jun 25;11(7):74. doi: 10.3390/tomography11070074. PMID: 40710892; PMCID: PMC12300106.

Ogawa CM, Flaiban E, Ricardo ALF, Lopes DLG, de Oliveira LAP, de Almeida BM, et al. Comparative Evaluation of Temporomandibular Condylar Changes Using Texture Analysis of CT and MRI Images. *Applied Sciences [Internet]*. 2024 Aug 10;14(16):7020. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/app14167020>

Pajniagara N, Kolte A, Kolte R, Pajniagara N, Lathiya V. Diagnostic accuracy of cone beam computed tomography in identification and postoperative evaluation of furcation defects. *Journal of Indian Society of Periodontology* Vol 20, Issue 4, July-August 2016.

Qiao J, Wang S, Duan J, Zhang Y, Qiu Y, Sun C, Liu D. The accuracy of cone-beam computed tomography in assessing maxillary molar furcation involvement. *J Clin Periodontol* 2014; 41:269-274.

Roussa E. Anatomic characteristics of the furcation and root surfaces of molar teeth and their significance in the clinical management of marginal periodontitis. *Clin Anat*. 1998;11(3):177-86. doi: 10.1002/(SICI)1098-2353(1998)11:3<177::AID-CA5>3.0.CO;2-Q. PMID: 9579590.

Sara LH, Huuonen S, Grondahl K, Grondahl HG. Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103:114-9.

Scarfe WC, Azevedo B, Pinheiro LR, Priaminiarti M, Sales MAO. The emerging role of maxillofacial radiology in the diagnosis and management of patients with complex periodontitis. *Periodontology* 2000, Vol.74, 2017, 116-139.

Songa VM, DevJampani N, Babu V, Buggapati L, Mittapally S. Accuracy of Cone Beam Computed Tomography in Diagnosis and Treatment Planning of Periodontal Bone Defects: A Case Report. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. 2014 Dec, Vol-8(12): ZD23-ZD25.

Svärdström G, Wennström JL. Furcation topography of the maxillary and mandibular first molars. *J Clin Periodontol*. 1988 May;15(5):271-5. doi: 10.1111/j.1600-051x.1988.tb01583.x. PMID: 3164728.

Tarnow D, Fletcher P. Classification of the vertical component of furcation involvement. *J Periodontol*. 1984 May;55(5):283-4. doi: 10.1902/jop.1984.55.5.283. PMID: 6588186.

Tawfiq, Asmaa Y.; Fouad, Doaa A.; Saleh, Hoda AE. Texture Analysis of Mandibular Trabecular Bone in Correlation with Age and Gender Using Cone Beam CT Images: A Cross-Sectional Study. *Journal of Indian Academy of Oral Medicine Radiology* 37(2):p 221-225, Apr–Jun 2025. | DOI: 10.4103/jiaomr.jiaomr\_11\_25.

Tonetti MS, Jepsen S, Jin L, Otomo-Corgel J. Impact of the global burden of periodontal diseases on health, nutrition and wellbeing of mankind: A call for global action. *J Clin Periodontol*. 2017; 44: 456–462. <https://doi.org/10.1111/jcpe.12732>.

Tonetti MS, Christiansen AL, Cortellini P. Vertical subclassification predicts survival of molars with class II furcation involvement during supportive periodontal care. *J Clin Periodontol*. 2017 Nov;44(11):1140-1144. doi: 10.1111/jcpe.12789. Epub 2017 Sep 22. PMID: 28771794.

Vasconcelos Kde F, Nejaim Y, Haiter Neto F, Bóscolo FN. Diagnosis of invasive cervical resorption by using cone beam computed tomography: report of two cases. *Braz Dent J*. 2012;23(5):602-7. doi: 10.1590/s0103-64402012000500023. PMID: 23306242.

De Vos W, Casselman J, Swennen GR. Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: a systematic review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2009 Jun;38(6):609-25. doi: 10.1016/j.ijom.2009.02.028. Epub 2009 May 21. PMID: 19464146.

Walter C, Kaner D, Berndt DC, Weiger R, Zitzmann NU. Three-dimensional imaging as a pre-operative tool in decision making for furcation surgery. *J Clin Periodontol*. 2009 Mar;36(3):250-7. doi: 10.1111/j.1600-051X.2008.01367.x. PMID: 19236537.

Walter C, Weiger R, Zitzmann NU. Accuracy of three-dimensional imaging in assessing maxillary molar furcation involvement. *J Clin Periodontol*. 2010 May;37(5):436-41. doi: 10.1111/j.1600-051X.2010.01556.x. Epub 2010 Mar 23. PMID: 20374414.

Walter C, Schmidt JC, Dula K, Sculean A. Cone beam computed tomography (CBCT) for diagnosis and treatment planning in periodontology: A systematic review. *Quintessence Int*. 2016 Jan;47(1):25-37. doi: 10.3290/j.qi.a34724. PMID: 26669748.

Zeba Rahman Siddiqui, Rajesh Jhingran, Vivek Kumar Bains, Ruchi Srivastava, Rohit Madan, Iram Rizvi. Comparative evaluation of platelet-rich fibrin versus beta tri-calcium phosphate in the treatment os Grade II mandibular furcation defects using cone-beam computed tomography. *European Journal of Dentistry*, Vol 10 / Issue 4 / Oct-Dec 2016.