

# Eficácia da tomografia computadorizada de feixe cónico na análise da perda óssea peri-implantar

Federico Lobina

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em  
Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

Gandra, 4 de Agosto de 2020

Federico Lobina

Dissertação conducente ao Grau de Mestre em  
Medicina Dentária (Ciclo Integrado)

# Eficácia da tomografia computadorizada de feixe cónico na análise da perda óssea peri-implantar

Trabalho realizado sob a Orientação de "Mestre José Adriano Costa"

## DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Eu, acima identificado, declaro ter atuado com absoluta integridade na elaboração deste trabalho, confirmo que em todo o trabalho conducente à sua elaboração não recorri a qualquer forma de falsificação de resultados ou à prática de plágio (ato pelo qual um indivíduo, mesmo por omissão, assume a autoria do trabalho intelectual pertencente a outrem, na sua totalidade ou em partes dele). Mais declaro que todas as frases que retirei de trabalhos anteriores pertencentes a outros autores foram referenciadas ou redigidas com novas palavras, tendo neste caso colocado a citação da fonte bibliográfica.



**CESPU**

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO  
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

## DECLARAÇÃO DO ORIENTADOR

Eu, "**José Adriano Costa**", com a categoria profissional de "**Monitor Clínico**" do Instituto Universitário de Ciências da Saúde, tendo assumido o papel de Orientador da Dissertação intitulada "*Eficácia da tomografia computadorizada de feixe cônico na análise da perda óssea peri-implantar*", do Aluno do Mestrado Integrado em Medicina Dentária, "**Federico Lobina**", declaro que sou de parecer favorável para que a Dissertação possa ser depositada para análise do Arguente do Júri nomeado para o efeito para Admissão a provas públicas conducentes à obtenção do Grau de Mestre.

Gandra, 4 de Agosto de 2020

---

O Orientador



**CESPU**

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO  
DE CIÊNCIAS DA SAÚDE

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais e meu irmão Alessandro por sempre me apoiarem e por sempre serem um exemplo a seguir. Graças a eles, pude viver essa experiência única que me levou a crescer e ser o que sou hoje.

Agradeço aos professores, amigos, colegas de aulas e aventuras que tornaram estes anos em Portugal inesquecíveis.

Agradeço a Deus por ter-me ajudado a perseguir os meus objetivos e sonhos com força e dedicação, sempre acreditando nisso e excedendo meus limites todos os dias.

É para meus avós, Angiolina e Romolo, que dedico esse objetivo. Eles sempre foram e sempre serão uma fonte de amor, inspiração, carinho e ensino. Eles me transmitiram os valores mais sagrados, o amor pela família, o conhecimento, a educação e a autenticidade da vida.





## RESUMO

O objetivo desta revisão sistemática foi avaliar o potencial de diagnóstico da Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico na detecção e mensuração de defeitos ósseos peri-implantares.

Foi realizada uma pesquisa eletrónica na base de dados de publicações científicas PUBMED utilizando os seguintes termos científicos: CBCT ou Cone Beam computed tomography; dental implant; peri-implant; bone loss; defects.

A pesquisa identificou 267 estudos, dos quais 18 foram considerados relevantes para este estudo. Estes estudos forneceram dados importantes levando em consideração a precisão da tomografia computadorizada de feixe cônico na detecção e medição de defeitos ósseos peri-implantares como fenestração, deiscência e circunferencial intra-ósseo.

A eficácia do CBCT nos cálculos geométricos ósseos e no diagnóstico de defeitos peri-implantares resultou influenciada por fatores como artefactos, tamanho do defeito, espessura da parede óssea, material do implante, ajuste dos parâmetros de aquisição e experiência do observador.

Um número não desprezível de estudos comparou a radiografia intra-oral à CBCT na detecção de perda óssea peri-implantar. A CBCT mostrou-se claramente superior a radiografia intra-oral para a detecção de todos os defeitos ósseos peri-implantares, exceto para defeitos localizados na zona interproximal.

Em geral os estudos demonstraram que as medições ósseas peri-implantares adjacentes à superfície do implante podem ser determinadas corretamente, assim como o diagnóstico de defeitos ósseos peri-implantares com discrepância em média menor de 1 mm da medida real do defeito.

## PALAVRAS CHAVES:

TCFC ou Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico; implante dental; peri-implante; perda óssea; defeitos.



## **ABSTRACT**

The objective of this systematic review was to evaluate the diagnostic potential of Cone Beam Computed Tomography in the detection and measurement of peri-implant bone defects.

An electronic research was performed in the database of scientific publications PUBMED using the following scientific terms: CBCT or Cone Beam computed tomography; dental implant; peri-implant; bone loss; defects.

The research identified 267 studies, of which 18 were considered relevant to this study. These studies provided important data taking into account the precision of cone beam computed tomography in the detection and measurement of peri-implant bone defects such as fenestration, dehiscence and intraosseous circumferential.

The effectiveness of CBCT in bone geometric calculations and in the diagnosis of peri-implant defects was influenced by factors such as artifacts, defect size, bone wall thickness, implant material, adjustment of acquisition parameters and observer experience.

A not insignificant number of studies compared intraoral radiography to CBCT in the detection of peri-implant bone loss. CBCT was clearly superior to intraoral radiography for the detection of all peri-implant bone defects, except for defects located in the interproximal zone.

In general, studies have shown that the peri-implant bone measurements adjacent to the implant surface can be correctly determined, as well as the diagnosis of peri-implant bone defects with a discrepancy on average less than 1 mm from the actual measurement of the defect.

## **KEYWORDS**

CBCT ou Cone beam computed tomography; dental implant; peri-implant; bone loss; defects.



## ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. METODOLOGIA DE PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	2
3. RESULTADOS.....	3
4. DISCUSSÃO.....	11
4.1 Subestimação e superestimação das medições peri-implantares.....	11
4.1.1 Estudos em animais.....	11
4.1.2 Estudos <i>in vitro</i> .....	13
4.2 Comparação com radiografia bidimensional.....	15
4.3 Influencia dos artefactos nas medições ósseas peri-implantares.....	17
4.4 Impacto dos parâmetros de aquisição na análise óssea peri-implantar.....	19
5. CONCLUSÃO.....	22
BIBLIOGRAFIA.....	24



## 1. Introdução

A importância das radiografias na avaliação do osso ao redor dos implantes é incontestável. Nesse sentido, é importante a avaliação radiográfica pós-operatória de implantes dentários e as vantagens e desvantagens das diferentes modalidades radiográficas. (1)

Em 1998/1999 foi introduzida a tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) que, dependendo das configurações específicas do dispositivo e das unidades de CBCT, permite obter imagens tridimensionais com doses relativamente baixas de radiação. (2)

A detecção de perda óssea peri-implantar é um critério importante para avaliação o desempenho do implante e potencial diagnóstico de peri-implantite. (2) (3)

As atuais diretrizes preconizam a realização de radiografias intraorais quando a avaliação clínica peri-implantar é indicativa de doença. (1) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)

A radiografia intra-oral tem sido amplamente utilizada para avaliar alterações ao redor dos implantes, principalmente devido às suas vantagens consideráveis como baixos custos, disponibilidade imediata, boa tolerância do paciente, facilidade de uso e capacidade de fornecer imagens de alta resolução para medições precisas nos locais dos implantes (11) No entanto, limitações como distorção geométrica, sobreposição anatômica e incapacidade de representar os níveis ósseos bucais e orais resultam numa baixa sensibilidade dessa técnica na detecção de perda óssea precoce. (7) (12) (13)

Esta limitação pode ser problemática em alguns casos, dado que a perda óssea inicial geralmente ocorre na área buco-lingual de um implante devido à relativa falta da espessura óssea nesta área. (1)

Em casos em que a visualização tridimensional do osso é necessária, a CBCT pode ser uma alternativa. (7) (14) (15) (9) Na implantologia, a CBCT tem sido utilizada, principalmente na avaliação dos locais cirúrgicos antes da inserção do implante, ou na avaliação de complicações pós-cirúrgicas. (4) (7)

A detecção precoce e a precisão da morfologia da perda óssea peri-implantar podem auxiliar na seleção do tratamento mais apropriado e, assim, melhorar o prognóstico geral dos implantes comprometidos. (4) (15)

Os benefícios da CBCT incluem imagens livres de distorção e sobreposição; no entanto, exposição relativamente alta à radiação e artefactos nas proximidades de objetos metálicos limitaram a aplicação dessa técnica como método de avaliação de rotina de implantes dentários. (1) (9) (10)

Estes artefactos podem alterar as medições lineares nas imagens de CBCT e diminuir significativamente a qualidade da imagem. Além disso, a qualidade da imagem pode ser negativamente influenciada por fatores relacionados ao paciente, como artefactos de movimento. (16) O desempenho da CBCT como método de diagnóstico da perda óssea peri-implantar ainda não é muito claro. O objetivo desta revisão bibliográfica foi validar a CBCT nas medições ósseas lineares e na detecção da perda óssea peri-implantar analisando os fatores determinantes implicados.

## 2. Metodologia da pesquisa bibliográfica

Uma pesquisa bibliográfica foi realizada no PUBMED (via National Library of Medicine) usando a seguinte combinação de termos de pesquisa: "CBCT" ou "Cone beam computed tomography" E "dental implant" E "peri-implant" E "bone loss" E "defects".

Os estudos foram considerados elegíveis se abordassem a questão do foco "Qual é o valor diagnóstico das imagens de CBCT nas medições ósseas diretas peri-implantares?".

Os critérios de inclusão envolveram artigos publicados no idioma inglês, estudos *in vivo*, *in vitro*, meta-análise ou revisões bibliográficas que diagnosticaram perda óssea peri-implantar usando a CBCT, estudos que analisaram a precisão da CBCT na análise óssea peri-implantar e, adicionalmente, a estudos comparativos às medidas de referência intra-operatórias ou histológicas mostrando resultados mensuráveis de desempenho no diagnóstico. Assim como, estudos que analisaram os fatores modificadores da desempenho da CBCT na análise óssea peri-implantar.

Os critérios de exclusão envolveram artigos que não respondiam à questão do foco. O total de artigos foi compilado para cada combinação de termos-chave e, portanto, as duplicações foram removidas utilizando o gestor de citações de Mendeley.



Foi realizada uma avaliação preliminar dos resumos para determinar se os artigos correspondiam ao objetivo do estudo. Os artigos selecionados foram lidos e avaliados individualmente quanto ao seu objetivo e pertinência.

Para esta revisão foram considerados os seguintes fatores: autor, título, ano de publicação, tipo de estudo (estudo clínico, *in vivo* ou *in vitro*), número de implantes analisados, tipo de referência ou medida comparadora, e resultados relatados.

### 3. Resultados

O fluxograma PRISMA que descreve o processo de seleção do estudo é apresentado na Figura 1.

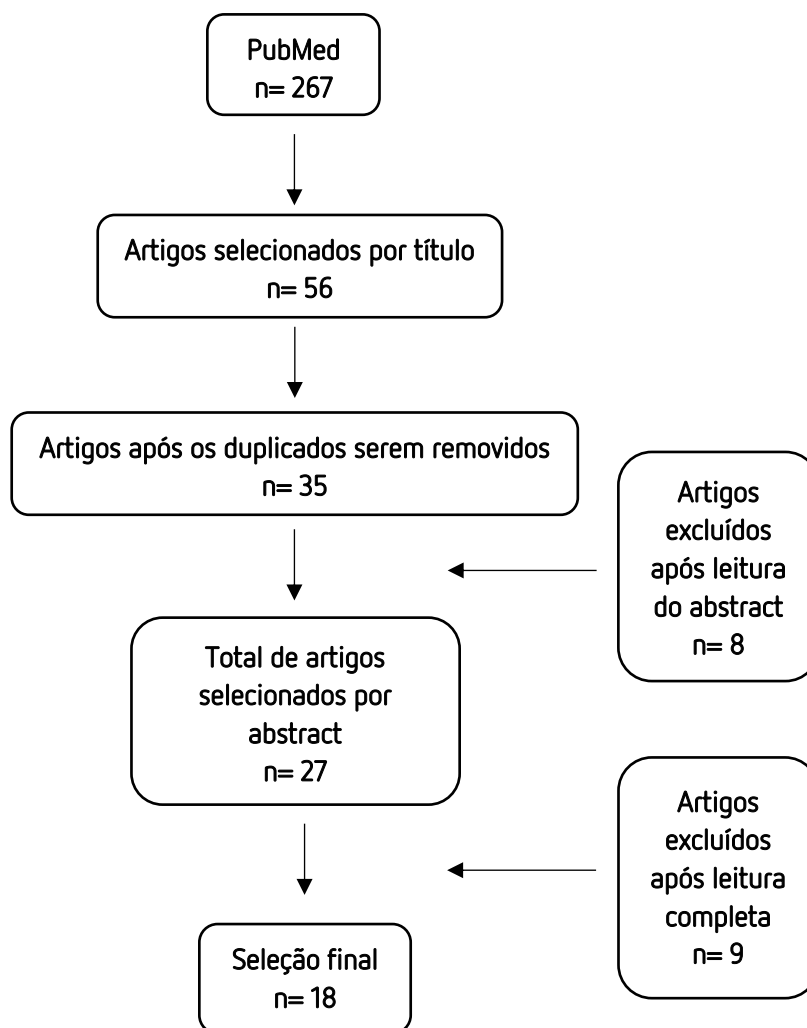


Figura 1. Diagrama de fluxo da estratégia de busca usada neste estudo.

A pesquisa bibliográfica identificou um total de 267 artigos no PubMed utilizando as combinações de palavras-chave. Um total de 56 artigos foram selecionados por título e após eliminação dos duplicados com o gerenciador de citações Mendeley foram considerados 35 artigos.

Foi feita uma leitura dos resumos e 8 artigos foram excluídos por não atenderem aos critérios de inclusão. Os estudos restantes potencialmente relevantes foram avaliados. Desses estudos, 9 foram excluídos por não fornecerem dados abrangentes considerando o objetivo do presente estudo. Assim, 18 estudos foram incluídos nesta revisão.

No total, 14 estudos *in vitro*, 3 *in vivo* e 1 revisão sistemática foram incluídos.

As principais características e conclusões do estudo estão resumidos na Tabela 1.

Dos 18 estudos selecionados, 5 estudos *in vitro* avaliaram a eficácia da tomografia computadorizada de feixe cônico na detecção de deiscências peri-implantares, 3 estudos *in vitro* validaram a precisão da CBCT no diagnóstico de defeitos de fenestração e 8 estudos, dos quais 5 *in vitro* e 3 *in vivo*, avaliaram a performance da CBCT na detecção de defeitos intra-ósseos circunferenciais peri-implantares.

Foi também incluída uma revisão sistemática que avaliou o desempenho da tomografia computadorizada de feixe cônico na avaliação da perda óssea peri-implantar.

Enquanto os estudos mencionados validaram a eficácia da CBCT na detecção de defeitos peri-implantares, 1 estudo *in vitro* avaliou os fatores que afetam a possibilidade de analisar a condição óssea ao redor de implantes dentários utilizando a tomografia computadorizada de feixe cônico.

Deste estudos, 1 estudo *in vitro* avaliou a eficácia de protocolos de baixa dose de radiação na detecção de defeitos ósseos peri-implantares enquanto dois estudos *in vitro* validaram também o efeito do campo de visão (FOV) e o número de quadros de aquisição da CBCT na detecção de perda óssea simulada quimicamente a volta dos implantes.

Com relação ao método de criação de defeitos peri-implantares *in vitro*, a criação cirúrgica de defeitos peri-implantares foi o método mais comum enquanto cinco estudos aplicaram ataque químico com ácido perclórico. Dois estudos colocaram implantes em defeitos alveolares crônicos criados cirurgicamente (Fienitz *et al.*, 2012; Ritter *et al.*, 2014) e um estudo analisou defeitos semelhantes a crateras peri-implantares formados durante a preparação do leito do implante (dos Santos Corpas *et al.*, 2011).

Com relação aos padrões de referência, todos os estudos *in vitro* utilizaram medidas diretas dos defeitos como referência enquanto os 3 estudos *in vivo* usaram a histomorfometria como "gold standard".

Os principais resultados são apresentados em seguida:

- Medições ósseas apresentam subestimação e superestimação em relação á medidas físicas ou histológicas.
- Maior dificuldade em diagnosticar defeitos inferiores a 1 mm de que superiores a 1 mm: defeitos peri-implantares maiores mostraram maior precisão de deteção
- A precisão em detetar defeitos peri-implantares é significativamente influenciada pela espessura óssea, especialmente se inferiores a 1 mm.
- Os artefactos, o material do implante e a orientação da amostra exercem influência nas medições ósseas peri-implantares.
- Na globalidade a CBCT é mais eficaz que a radiografia bidimensional em detectar e classificar defeitos ósseos peri-implantares
- O ajuste dos parâmetros de aquisição não parece influenciar de maneira significativa a eficácia da CBCT na análise óssea peri-implantar.

**Tabela 1. Dados relevantes recolhidos dos estudos seleccionados.**

AUTOR	STUDY MODEL AND NUMBER OF IMPLANTS USED	TYPE OF DEFECT	REFERENCE OR COMPARATIVE MEASURE	RESULTS
Shriber et al. 2020	<i>In vitro</i> Angle of the mandible of six fresh defrosted pig jaws.  Implants 12  (6 test group) Ti, ti-zr or zro2	Buccal peri implant bone defects was created as a dehiscence:  -3 mm width -5 mm height -1/2 mm depth  ( with abutment )	Macroscopic defect measurement.	The linear measurements of peri-implant defect were underestimated by <1 mm on average.  CBCT showed high diagnostic accuracy for peri-implant b one defect detection.  Low dose protocols could be a promising imaging modality.

George Pelekos et al. 2019	<i>In vitro</i> Porcine rib bone  Implants 36 (12 implants for each type of defect)	-4wall defect with buccal dehiscence (diameter 6,5 mm) (depth 6 mm)  -3wall circumferential defect With buccal Dehiscence (depth 4 mm)  -buccal dehiscence (depth 4 mm)	Macroscopic defect measurement.  Fourteen masked examiners evaluated 324 pas and 108 cbct images.	Discrepancy to real value <1 mm.  The overall diagnostic accuracy of cbct was high (>96%) for all types of defects.  Cone beam computed tomography showed better diagnostic accuracy in the detection of peri-implant defects that pa.
Schwindling et al. 2019	<i>In vitro</i> Bovine ribs  Implants 24 titanium (with crown)	Width and depth 1-2mm  -4 wall -3 wall -2 wall -1 wall  Acid conditioning of defects	Macroscopic defect measurement.	Ld-cbct provides additional information regarding the geometry of defects than pa.  No significant difference was found between the two cbct techniques: high dose and low dose.  The following order was found for classification of the different defect types (sensitivity / specificity): hd-cbct (0.96/0.99) > ld-cbct (0.93/0.98) > ir (0.71/0.95).
Hilgenfeld et al. 2018	<i>In vitro</i> Bovine ribs  Implants 48 zirconia	-24 standardized defects (1,2,3,4 wall) of 1 mm and 3 mm Acid conditioning of defects	-macroscopic defect measurement.	Less sensitivity for 1-mm defects than for 3-mm defects. High sensitivity for correct detection of defects type for cbct (0.81). Lowest sensitivity for ir(0.68). Ir can be recommended as the initial imaging method for evaluating peri-implant bone defects at zirconia implants.
Steiger-Ronay et al. 2018	<i>In vitro</i> In dental stone	Defect groups: A-no peri-implant defect,	Macroscopic defect measurement (digital caliper)	Measurements in cbct always led to an overestimation of the defect width, reaching

	18 titanium implants 18 zirconium dioxide implants	B-1 mm width defect C-1.5 mm width defect.  Measurement of interproximal peri-implant bone defects		clinical relevance for zro2 implants.  Values (mm) for cbct:  Titanium A $0.10 \pm 0.11$ , B $0.26 \pm 0.05$ , c $0.24 \pm 0.08$  Zirconium dioxide a $1.07 \pm 0.06$ , b $0.64 \pm 0.37$ , c $0.54 \pm 0.17$  Except for ti with defect a, measurements in pr were significantly more accurate in comparison to cbct ( $p \leq 0.05$ ).
L.R. Pinheiro et al. 2017	<i>In vitro</i> Bovin ribs  Implants 80	Circumferencial-intrabony defects.  -small: 3-4 mm deep, <1 mm wide  -large: 5-6 mm deep, 1-2 mm wide  Acid conditioning of defects	Macroscopic defect measurement (periodontal probe).	Cbct imaging at 90 kvp was associated with a significantly higher rate of detection of both small and large chemically simulated bone defects than pa or cbct at 75 kvp. Cbct imaging at 75 kvp proved better than pa for the detection of small defects.
González-Martín et al. 2016	<i>In vitro</i> Implants 60	Surgically created dehiscence and fenestration defects  .	Macroscopic defect measurement (digital calipers).	All devices underestimated bone dimensions although differences among them were not significant.  Low accuracy in diagnosing peri-implant buccal bone. Accuracy was significantly influenced by buccal bone thickness, especially if <1 mm, and in presence of peri-implant marginal defects.  Buccal bone ranged from 0.1 mm to 2.75 mm in thickness

				and was not visible in 68%, 63% and 60% of cases when using ct, i-cat and newtom, respectively.
L.R.Pinheiro, Scarfe et al. 2015	<i>In vitro</i> Bovine ribs Implants 80	Circumferential-intrabony defects:  -small: 3-4 mm deep <1 mm wide Large: 5-6 mm deep 1-2 mm wide  Acid conditioning of defects	Macroscopic defect measurement (periodontal probe).	Optimal detection of both chemically simulated peri circumferential implant crestal bone defects is achieved at the least radiation detriment using the smallest fov, the highest number of acquisition frames, and the smallest voxel.
Lutz Ritter et al. 2014	Histologic ( <i>in vivo</i> ) Dogs jaws 26 titanium Implants	Implants were placed in dog jaws with chronic type vestibular defects.	Histomorphometry	Mesial bone level (mbl) and distal bone level (dbl) were underestimated by both cr and cbct.  Cbct overestimated vestibular bone levels but underestimated oral bone levels.  Vestibular and oral bone thicknesses were overestimated.
Kamburoglu et al.2014	<i>In vitro</i> Human mandible (in human cadaver)  69 implants	Created on the buccal aspect of the marginal bone.  Dehiscence width and/or depth: Small: 1–3 mm medium: 3–5 mm large: >5 mm	Macroscopic defect measurement (digital callipers).	Low sensitivity for detection of small dehiscence, and good for large dehiscence defects.  Good specificity For detection of all dehiscence defects.  No significant difference between 3 fov sizes ( each with voxel size <0.2 mm).  Depth, width and volume measurements of the defects from various cbct images correlated highly with

				physical measurements.  Significant correlations were found between physical and cbct measurements ( $p < 0.001$ ).
Kamburoglu et al. 2013	<i>In vitro</i>  Edentulous mandibles (human cadaver)  Implants 42	Dehiscence defects :  3-4 mm deep 3-4 mm wide	Macroscopic defect measurement (digital callipers).	Poor diagnostic accuracy of cbct for dehiscence detection.  Metal artifact reduction mode did not improve diagnostic accuracy.
Corpas et al. 2011	Histologic ( <i>in vivo</i> )  In 10 minipigs (jaw)  Implants 80	Marginal peri-implant circumferential-intrabony defects formed during implant surgery	Histomorphometry.	Cbct and io images deviate, respectively, 1.20 and 1.17mm from the histology regarding bone defects.  Moderate correlation of cbct and pr with histological defect depth.
L.R. Pinheiro et al. 2015	<i>In vitro</i>  Bovine ribs  Implants 80	Circumferential-intrabony defects T1= small: 3–4 mm deep, <1 mm wide T2= large: 5–6 mm deep, 1–2 mm wide Acid conditioning of defects	Macroscopic defect measurement (periodontal probe).	Fair diagnostic precision for small intrabony defects detection. Good precision for detecting large intrabony defects. Significant effects for observer type. No significant effects for fov settings on diagnostic precision.
Fienitz et al. 2012	Histologic ( <i>in vivo</i> )  Mandible of foxhound dogs (animal model)	Implants placed into chronic, surgically created, boxlike intrabony defects:  Wide: 6 mm md / 6 mm vl	Histomorphometry	A minimum buccal bw of 0.5mm was necessary for the detection of bone in radiology.  Cbct overestimated defects depth.

	Implants 24	Height: 1-8 mm		Greater deviation of cbct from histologic measurement was noted at defect with buccal bone thickness of <0.5 mm than that at >0.5 mm.
Vadiati Saberi et al. 2019	<i>In vitro</i> Bovine ribs Implants 40	10 angular defects (2-3 wall) (3mm) 10 rectangular fenestration defects ( 10 mm depth ) 10 dehiscence defects (3 mm apically from de crest) 10 defect control	Macroscopic defect measurement	The presence and type of all defects were correctly diagnosed using cbct.  In the identification of dehiscence defects, cbct showed the highest sensitivity.  Cbct and opa showed similar auc and sensitivity in the detection of fenestration defects.
Eskandarloo et al. 2018	<i>In vitro</i> Bovine ribs Implants 31	Peri-implant fenestration  (apical third region of implant)	Macroscopic defect measurement	Newtom had the highest sensitivity (75.81%) and specificity (100%) for detection of fenestration, however the differences are not significant.



## 4. Discussão

A precisão da CBCT para a análise do osso peri-implantar foi testada em diferentes modelos experimentais. No geral, os estudos selecionados variaram acentuadamente no seu desenho, parâmetros de aquisição da CBCT, processamento de imagem e resultados de diagnóstico relatados, portanto todos os dados apresentados devem ser interpretados com cautela, pois vários fatores limitam a traduzibilidade desses achados pré-clínicos.

### 4.1 Subestimação e sobrestimação das medições peri-implantares

#### 4.1.1 Estudos em animais

Estudos *in vivo* revelaram uma alta precisão das medições ósseas peri-implantares, conferindo um alto valor diagnóstico ao CBCT em relação à deteção de perda óssea peri-implantar, não obstante a presença de subestimação e sobrestimação das medições quando comparadas com a histologia. (2) (11)

A subestimação ou sobrestimação dos defeitos dependia principalmente da espessura óssea do defeito, dos artefactos do implante e do design do estudo.

No estudo de Fienitz *et al.*, relataram-se valores imprecisos para os defeitos peri-implantares que apresentavam parede óssea bucal inferior a 0,5 mm em comparação com os defeitos superiores a 0,5 mm. Nesse grupo a profundidade dos defeitos foram sobrestimadas em quase 2 mm da profundidade real do defeito, com um máximo de 5,5 mm.

Em termos de defeitos com parede bucal peri-implantar maior que 0,5 mm, era alcançada uma precisão significativamente maior, resultando em diferenças menores de discrepância, em media 0,7 mm, entre a avaliação radiológica e a histológica.

Estes resultados traduzem a importância do estudo de González-Martín *et al.* e de Liedke *et al.* que demonstraram que a espessura óssea bucal peri-implantar tem uma influência significativa na visibilidade radiográfica. (14) (10)

No estudo de Liedke *et al.* o osso vestibular mais fino (inferior a 1 mm) levou a um risco maior de que a imagem da CBCT desta zona fosse classificada como "não detectável" em comparação com um osso vestibular com espessura superior a 1 mm. (10)

González-Martín *et al.* concluiu que para locais com 0,5 mm de parede óssea bucal, a probabilidade de deteção da mesma era menor que 20%, enquanto que com uma espessura de 2,75 mm, era identificada em 100% dos casos. Para cada aumento de mm na espessura óssea, as probabilidades de identificação óssea aumentavam em 30,6 %. (14)

Corpas *et al.* mostrou correlações estatisticamente significativas entre imagens radiográficas de CBCT e cortes histológicos, no entanto as imagens de CBCT produziram, ao contrário de Fienitz *et al.*, uma subestimação média da profundidade dos defeitos ósseos de 1,2 mm. Sendo que, 50% dos desvios foram menores que 0,5 mm, e, deste modo, considerados clinicamente insignificantes. (2) (5)

A discrepância entre os estudos pode ser causada devido ao design do estudo histológico.(12)

Sendo que, a difícil correspondência entre o corte histológico e o corte radiográfico, para comparação entre medidas radiográficas e medidas histológicas precisas, é um fator limitante.

*“Ainda que a histomorfometria seja o padrão de referencia, ela produz imagens em 2D e depende de várias variáveis metodológicas, como fixação, incorporação e orientação, que variam entre os estudos”.* (12)

Essa poderia ser a primeira explicação da diferença, embora mínima, entre as medidas de CBCT e histológicas. Além disso, a orientação da amostra para imagens de CBCT parece afetar a precisão das medições ósseas peri-implantares. (12)

No estudo de Ritter *et al.*, a orientação da amostra afetou a direção dos artefactos modificando a precisão das medições peri-implantares.

A direção dos artefactos, diagonal ao eixo do implante, aumentou artificialmente o nível ósseo no lado vestibular de 0,3 mm em media, enquanto o nível do osso lingual foi ocultado pela extinção de artefactos resultando em uma subestimação real do osso em cerca de 0,83 mm. (Figura 2, A)

As medidas nas direções mesial e distal mostraram um efeito semelhante: na direção mesial, os artefatos de endurecimento do feixe atenuaram os valores medidos mais fortemente em comparação com a histomorfometria do que nos locais distais.(Figura 2, B) Com base nesses estudos, a orientação dos implantes em relação ao eixo dos raios-X deve ser considerada na interpretação das imagens porque podem influir diretamente nas

medições ósseas peri-implantares. Além disso, a importância de uma espessura óssea adequada para uma identificação radiográfica peri-implantar eficiente parece evidente.

#### 4.1.2 Estudos *in vitro*

A CBCT, demonstrou uma elevada precisão no diagnóstico de defeitos peri-implantares em quase todos os estudos incluídos, com uma discrepância do valor real do defeito em média inferior a 1 mm. (1) (3) (7) (8) (15) (16) (17)

Os fatores que determinaram a precisão da CBCT na medição de defeitos ósseos *in vitro* foram principalmente o tamanho dos defeitos e a presença de artefactos. (1) (5) (8) (15) (9)

Kamburoglu *et al.* criou, cirurgicamente, defeitos de deiscência de diferentes medidas em implantes inseridos em mandíbulas de cadáveres. Os defeitos foram classificados de acordo com a profundidade e larguras como pequeno, entre 1 e 3 mm, médio entre 3 e 5 mm ou grande superior a 5 mm. Sendo estabelecida uma elevada correlação entre as medidas de profundidade e largura dos defeitos com as medidas físicas reais, ainda que os defeitos pequenos resultaram em diagnósticos menos precisos em comparação com os defeitos médios e grandes. (8)

Também nos estudos de Hilgenfeld *et al.* e L.Pinheiro *et al.* os defeitos ósseos de maior dimensão geralmente eram detetados e medidos com mais precisão comparativamente aos de menor dimensão. Adicionalmente, com um aumento progressivo da dimensão dos defeitos verifica-se uma maior capacidade na sua deteção. (5) (7)

No mercado existem tipos e marcas diferentes de implantes dentários, cada um com suas próprias características.

Após uma leitura cuidadosa dos artigos, também o tipo de material do implante analisado parecia influenciar de forma diferente as medições peri-implantares da CBCT.

O titânio foi estabelecido como o metal preferencial para implantes dentários devido às suas propriedades mecânicas únicas e à sua alta resistência à corrosão enquanto o dióxido de zircônio ficou mais popular como alternativa biocompatível e estética ao titânio devido às suas propriedades biofísicas e cor branca. (6)

Schriber *et al.* avaliou a eficácia da CBCT no diagnóstico de deiscências peri-implantares comparando três materiais de implantes dentários: titânio, liga de titânio-zircônio e dióxido de zircônio. (16) Ainda que a CBCT demonstrou alta precisão na detecção de defeitos ósseos peri-implantares, as medidas lineares da altura e largura dos defeitos peri-implantares foram subestimadas em média <1 mm.

Em termos de material de implante, o ZrO<sub>2</sub> teve um maior impacto em relação aos artefactos, resultando em uma maior subestimação da largura dos defeitos peri-implantares comparativamente a outros materiais (erro médio de - 1,28 mm). (16)

Também Steiger-Ronay *et al.* relatou que os desvios das medições em relação ao valor real dos defeitos eram maiores em torno dos implantes de zircônio do que nos implantes de titânio. (6)

Em alguns estudos foi sugerido que existe também um possível impacto de diferentes níveis de experiência dos examinadores na interpretação das imagens radiográficas. (7) (15)

No estudo de L. R. Pinheiro *et al.*, a capacidade de diagnosticar defeitos ósseos via CBCT era boa para dois radiologistas orais e maxilofaciais com ampla experiência na interpretação de imagens de CBCT, mas pouco precisas para um cirurgião oral e maxilofacial com vasta experiência no planejamento de implantes dentários. (15)

Observando os resultados dos estudos, o valor diagnóstico da CBCT para os defeitos peri-implantares parece ser alto, com mínima discrepância dos valores de referência.

Claramente, a transferência para aplicação clínica requer investigações adicionais para várias desvantagens que leva um modelo experimental. (4) (15)

Em muitos estudos, todos os tecidos moles são removidos ou não são reproduzidos, e isso pode aumentar os detalhes radiográficos e o contraste. (15)

Adicionalmente, as situações clínicas estão sujeitas a fatores adicionais, como artefactos de movimento, que aparecem como margens duplas em torno de uma estrutura, aumentando progressivamente com um maior tempo de scan, que pode durar até 20 a 30 segundos. (9)

Modelos de costelas ósseas bovinas são comumente utilizados nos estudos *in vitro* porque as costelas bovinas são semelhantes em contorno e dimensões à mandíbula humana e além disso possuem osso cortical e esponjoso. (13)

Contudo, a maioria dos defeitos são criados cirurgicamente, o que resulta em uma margem de defeito mais bem definida em comparação com a situação clínica em que as margens de defeito são geralmente mais difusas e menos bem definidas. (4) Todavia, foi demonstrado que o condicionamento com ácido perclórico a 17%, permite obter uma morfologia mais realística dos defeitos. (15)

A precisão esperada em situações da vida real pode, portanto, ser diferente da encontrada nos estudos.

## 4.2 Comparação com radiografia bidimensional

A importância da radiografia na análise da condição óssea ao redor dos implantes é indiscutível. (1)

Um número não desprezível de artigos comparou a CBCT e a radiografia 2D com o objetivo de avaliar a técnica mais apropriada na detecção e mensuração dos defeitos ósseos peri-implantares.

Numa situação clínica real, a morfologia dos defeitos ósseos peri-implantares é variada, no entanto, para efeitos de estudo, eles foram classificados em três tipos de defeitos: circunferenciais/angulares intra-ósseos de 1-4 paredes, deiscências e fenestrações.

Os principais fatores que determinaram a precisão da CBCT, foram principalmente o tamanho dos defeitos e a presença de artefactos, enquanto a radiografia intra-oral pareceu ser mais influenciada pela localização e o tipo de defeito. A bidimensionalidade da radiografia 2D resultou na principal limitação na detecção de defeitos peri-implantares, sobretudo na análise de defeitos de deiscências e fenestrações. No estudo de Vadiati Saberi *et al.*, em que foi comparada a CBCT com radiografia periapical e ortopantomografia na detecção dos defeitos, a CBCT mostrou os valores de sensibilidade, especificidade mais altos na detecção de todos os tipos de defeitos, enquanto a radiografia periapical foi considerada incapaz de revelar os defeitos de fenestração e deiscências. (1) De maneira interessante, todas as fenestrações foram diagnosticadas adequadamente com ortopantomografia.

A explicação destes resultados parece ser que, ao contrário da radiografia periapical, a ortopantomografia refere-se a um tipo de radiografia na qual o feixe incidente é

projetado num ângulo horizontal agudo em relação ao objeto e ao recetor de imagem, capaz de projetar algumas partes das faces vestibulares dos implantes. (1)

Por outro lado, no que diz respeito às faces interproximais dos implantes, Steiger Roney *et al.* relatou que a radiografia intra-oral era significativamente mais precisa de que a CBCT. (6)

*“As medidas na CBCT sempre levaram a uma superestimação da largura do defeito, causada por artefactos particularmente proeminentes nessa área em relação a outras”*

Steiger Roney *et al.* (2018). (6) (figura 2, C)

No que diz respeito à deteção de defeitos intra-ósseos circunferenciais, a radiografia periapical demonstrou uma maior precisão de diagnóstico comparativamente aos defeitos de deiscência e fenestração.

No entanto, a CBCT provou ser a técnica mais precisa, capaz de fornecer informações adicionais sobre a localização e morfologia precisa dos defeitos.

A menor eficácia da radiografia periapical em detetar deiscências e fenestrações era devida principalmente à sua natureza bidimensional, incapaz de mostrar a parte vestibular e lingual dos implantes.

Schwindling *et al.* e Hilgelfeld *et al.* relataram que a precisão e a confiabilidade foram comparáveis tanto para a radiografia intra-oral quanto para a CBCT em relação à deteção de defeitos circunferenciais intra-ósseos de 1-4 paredes, ou seja, a separação de amostras com defeitos e sem defeitos.

Em relação à tarefa mais complexa de classificação de defeitos, ou seja, o reconhecimento da geometria dos defeitos, foram detectadas diferenças significativas entre as técnicas relatando valores de sensibilidade e especificidade significativamente mais altos para a CBCT de que para a radiografia intra-oral. (5) (13)

As imagens peri-apicais não podem fornecer informações volumétricas sobre o status de defeitos, que é importante na monitorização da progressão ou resolução após tratamento. (8)

Comparando as radiografias convencionais com a CBCT, informações adicionais podem ser extraídas da CBCT. (12)

### 4.3 Influência dos artefactos nas medições ósseas peri-implantares

A limitação principal da CBCT é a presença de artefactos metálicos, ou seja, falhas de imagem não relacionadas com o objeto digitalizado, causadas por metais como implantes dentários e restaurações em amálgama, ou em menor grau, por materiais de preenchimento do canal radicular em tratamentos endodônticos. (9)

Vários autores reportaram medições peri-implantares influenciadas por artefactos de imagens causados pelos implantes. (1) (6) (8) (12) (9) (16).

Artefactos de metal são encontrados com frequência nas imagens de CBCT e, de fato, é importante para o diagnóstico de implantes saber como efeitos de "*scatter*", "*beam hardening*" e "*blooming*" alteram o conjunto de dados e a imagem visualizada. Os artefactos de "*scatter*" aparecem como radiopacidades lineares que irradiam de um objeto metálico e podem-se estender à largura do campo, afetando a visualização de áreas, até no lado oposto da imagem.

Por outro lado, o artefacto de endurecimento do feixe (*beam hardening*) aparece como zonas escuras em proximidade do objeto de alta densidade, podendo dificultar a visualização da interface osso-implante, enquanto o "*blooming*" é um artefacto de imagem que cria uma superestimação do tamanho do objeto digitalizado. (8) (6)

Estos artefactos de imagem são bem descritos no estudo de Vanderstuyft *et al.* em que avaliou a CBCT na análise da espessura óssea peri-implantar bucal de 44 implantes de titânio. (12)

O osso peri-implantar bucal foi medido clinicamente por sondagem e as CBCT pós-operatórias foram tiradas.

Consequentemente foi removido o implante e uma nova CBCT foi tirada sem artefactos de implante.

Devido a uma porcentagem média de *blooming* (aumento artificial do diâmetro do implante) de 12% a 15%, a espessura óssea vestibular peri-implantar foi subestimada por 0,3 mm (C). (Figura 2, D)

Imediatamente adjacente à área de fluorescência do implante, foi observada uma zona duvidosa de cerca 0,45 mm, na qual o osso bucal não estava sempre visível

(endurecimento do feixe) (B). Osso bucal grosso o suficiente para cair fora dessa zona duvidosa sempre podia ser visualizado (A). (18)

*“Os resultados deste estudo podem ajudar o clínico no processo de tomada de decisão a intervir ou não cirurgicamente em áreas com resultados ambíguos da CBCT” Vanderstuyft et al.(2019). (18)*

No que diz respeito à detecção de defeitos circunferenciais, no estudo de Schwindling *et al.* artefatos de endurecimento do feixe dificultaram a definição da profundidade do defeito, enquanto as medidas de largura concordavam substancialmente com as medidas de referencia. (13)

Também Kamburoglu *et al.* encontrou um desvio médio mais alto do status do defeito para profundidade do que para medidas de largura. (8)

A explicação deste fenómeno parece ser que, na maioria dos casos, a área mais profunda do defeito estava na vizinhança direta do implante e nestas áreas encontraram-se artefactos mais proeminentes do que em outras. (13)

*“Quando um defeito ósseo é adjacente a um implante dentário, cria-se uma área radiolúcida que dificulta a deteção precisa do defeito” Eskandarloo et al. (2018). (17)*

A distinção entre artefacto de imagem e perda óssea peri-implantar muitas vezes provou ser um desafio, especialmente porque podem ser confundidos um com o outro, levando a falsos positivos ou falsos negativos.

L.R. Pinheiro *et al.* observou que as imagens de CBCT compatíveis com defeitos ósseos eram caracterizadas por zonas hipodensas e irregulares, com pequenas áreas hiperdensas (remanescências de osso trabecular), enquanto as imagens produzidas por artefatos de metal eram mais regulares e totalmente hipodensas. (15)

*“Essa pequena diferença pode ser útil no estabelecimento de diagnósticos corretos”*. L.R. Pinheiro et al (2015). (15)

Kamburoglu *et al.* investigaram o efeito do software de redução de artefatos na capacidade das imagens de CBCT em detectar com precisão defeitos peri-implantares e periodontais criados mecanicamente. Os autores não encontraram diferença no uso do software de redução de artefatos, mas relataram que os defeitos peri-implantares foram detectados com maior dificuldade do que os defeitos periodontais. (9)

Contudo, os resultados descritos não podem ser generalizados, pois existem scanners de CBCT de diferentes fabricantes com diferentes resoluções espaciais (tamanhos de voxel),



campos de visão (FOV), sistemas de posicionamento do paciente ou duração da digitalização, o que influenciará a qualidade e a interpretabilidade das varreduras. (6)

#### **4.4 Impacto dos parâmetros de aquisição nas medições ósseas peri-implantares**

Vários fatores em relação ao controle de qualidade da imagem, exposição à redução de artefactos (por exemplo, mA e kVP) e parâmetros técnicos de aquisição podem ter um impacto direto na detecção de deficiências relativamente pequenas na região do implante. (15)

O tamanho do FOV, espessura do voxel, número de quadros de aquisição pode influenciar diretamente a qualidade da imagem da CBCT. (15)

Campo de visão (FOV) é o termo usado para se referir ao volume de digitalização de uma unidade CBCT específica. O FOV é determinado pelo tamanho e formato do detetor, geometria de projeção do feixe e colimação do feixe, o que limita a exposição à radiação para uma região específica de interesse. (8)

Um "voxel" descreve a menor parte distinguível em forma de caixa de uma imagem tridimensional. (8)

Nas imagens de CBCT, os voxels são isotrópicos e as imagens podem ser construídas em qualquer plano com alta fidelidade. A disponibilidade de diferentes FOVs permite selecionar o FOV mais apropriado para uma aplicação específica. Como os FOVs maiores resultam em doses de radiação efetivas mais altas, como regra, os FOVs menores são recomendados para a geração de imagens de um quadrante ou dente único. (8)

Kamburoglu *et al.* e L.R. Pinheiro *et al.* testaram a influência de diferentes tamanhos de campos de visão (FOV) na detecção de lesões ósseas peri-implantares. Eles não encontraram diferenças significativas nas taxas de detecção entre os diferentes tamanhos do FOV, no entanto, os resultados no estudo de Kamburoglu *et al.* são confundidos, pois o tamanho do Voxel varia em cada protocolo. (8) (15)

*"A seleção adequada dos protocolos de aquisição da CBCT na avaliação pós-operatória do osso peri-implantar é um equilíbrio entre qualidade ideal da imagem e dose aceitável de radiação efetiva"* L.R. Pinheiro et al (2015). (15)

Existem evidências no campo da endodontia e da periodontologia que demonstram qualidade de imagem aceitável com kV, mA e tempo de exposição reduzidos. (13)

Schwindling *et al.* investigou a precisão diagnóstica de um protocolo de baixa dose (LD-CBCT), comparado com um de alta dose (HD-CBCT) para a detecção e classificação de lesões ósseas peri-implantares. (13)

O FOV de 5 × 5.5 cm , 85 kV, 12 bits e rotação de 360° são invariáveis entre os dois protocolos, enquanto as diferenças eram em um aumento do tempo de exposição de 2,2 segundos a 14,2 segundos, aumento de 384 quadros de aquisição a 767, passagem de 30 mGycm a 421 mGycm, e uma diminuição do tamanho do Voxel de 160 µm a 80 µm.

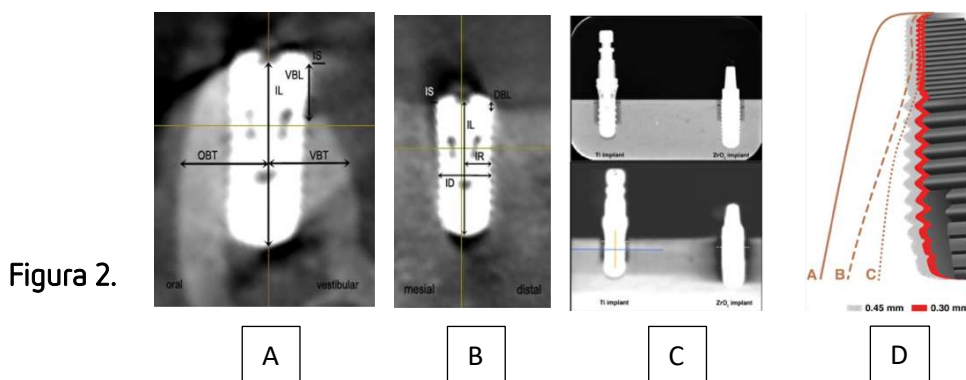
Os resultados mostraram que o desempenho na detecção e classificação de defeitos da HD-CBCT foi superior em relação ao protocolo LD-CBCT, embora não significativamente.

O aumento da dose de radiação do protocolo de alta dose não era justificado, como era 14 vezes maior do protocolo de baixa dose. (13)

Enquanto no estudo de Schwindling *et al.* o kVp permaneceu inalterado entre os dois protocolos, L.R. Pinheiro *et al.* realizou um estudo no qual testou a precisão da CBCT comparando kV de 75 kVp e 90 kVp na detecção de defeitos peri-implantares circunferenciais. (7)

As imagens da CBCT a 90 kVp eram associadas a uma taxa significativamente maior de detecção de defeitos ósseos simulados quimicamente, quando comparados com CBCT a 75 kVp.

No estudo de Eskandarloo *et al.*, em que foram comparados três sistemas de CBCT para detecção de fenestração peri-implantares, a CBCT NewTom 3G, que se associou a um kVp maior, mostrou a maior precisão diagnóstica na detecção de fenestração peri-implantar, embora não foram encontradas diferenças significativas entre os três sistemas de CBCT. (17)





## 5. Conclusão

As imagens da CBCT podem ser usadas com alta precisão diagnóstica para a deteção de defeitos ósseos peri-implantares, com discrepância em média inferior a 1 mm em relação à medida real do defeito. A CBCT fornece informações úteis sobre o osso em todas as dimensões ao redor dos implantes com precisão variável dependendo de vários fatores. A presença de artefactos na área peri-implantar foi a limitação mais frequente da CBCT na deteção e medição de defeitos ósseos resultando em uma subestimação ou sobrestimação das medições, dependendo principalmente do material do implante e da orientação da amostra.

Defeitos peri-implantares maiores mostraram uma maior precisão de deteção enquanto os defeitos pequenos (inferiores a 1 mm) eram detectados com mais dificuldade.

O ajuste dos parâmetros de aquisição como o FOV, tempo de aquisição e o tamanho do Voxel não parece afetar significativamente a qualidade da imagem na deteção da perda óssea enquanto o kVp o faz. Contudo, os resultados encontrados sobre o ajuste dos parâmetros de aquisição são difíceis de interpretar dado que as variáveis são inumeráveis. Mais estudos standardizados deveriam tratar o tema.

A radiografia intraoral pode ser recomendada como método inicial de diagnóstico devido ao seu baixo custo e baixa dose de radiação administrada, além de ser comparável ao CBCT no que diz respeito à análise óssea peri-implantar mesial e distal. No entanto, ela se mostrou incapaz de mostrar os aspetos vestibulares e orais dos implantes sendo então incapaz de diagnosticar defeitos ósseos como fenestrações e deiscências.

Em geral, a CBCT pode ser considerada uma ferramenta útil e confiável para o diagnóstico de perda óssea peri-implantar contudo, atenção especial deve ser dada à dose de radiação administrada ao paciente. Mais estudos que comparem diferentes máquinas de CBCT no diagnóstico de perda óssea peri-implantar devem-se tornar disponíveis, como o mercado oferece uma vasta variedade.



## Bibliografia

1. Vadiati Saberi B, Khosravifard N, Ghandari F, Hadinezhad A. Detection of peri-implant bone defects using cone-beam computed tomography and digital periapical radiography with parallel and oblique projection. *Imaging Sci Dent* [Internet]. 2019 Dec 1 [cited 2020 Mar 20];49(4):265–72. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31915611>
2. Fienitz T, Schwarz F, Ritter L, Dreiseidler T, Becker J, Rothamel D. Accuracy of cone beam computed tomography in assessing peri-implant bone defect regeneration: A histologically controlled study in dogs. *Clin Oral Implants Res*. 2012 Jul;23(7):882–7.
3. Pelekos G, Tse JMN, Ho D, Tonetti MS. Defect morphology, bone thickness, exposure settings and examiner experience affect the diagnostic accuracy of standardized digital periapical radiographic images but not of cone beam computed tomography in the detection of peri-implant osseous defects: A. *J Clin Periodontol* [Internet]. 2019 Dec 1 [cited 2020 Mar 20];46(12):1294–302. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31536645>
4. Pelekos G, Acharya A, Tonetti MS, Bornstein MM. Diagnostic performance of cone beam computed tomography in assessing peri-implant bone loss: A systematic review. *Clin Oral Implants Res* [Internet]. 2018 May 1 [cited 2020 Mar 20];29(5):443–64. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29578266>
5. Hilgenfeld T, Juerchott A, Deisenhofer UK, Krisam J, Rammelsberg P, Heiland S, et al. Accuracy of cone-beam computed tomography, dental magnetic resonance imaging, and intraoral radiography for detecting peri-implant bone defects at single zirconia implants-An in vitro study. *Clin Oral Implants Res* [Internet]. 2018 Sep 1 [cited 2020 Feb 19];29(9):922–30. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30112833>
6. Steiger-Ronay V, Krcmaric Z, Schmidlin PR, Sahrman P, Wiedemeier DB, Benic GI. Assessment of peri-implant defects at titanium and zirconium dioxide implants by

- means of periapical radiographs and cone beam computed tomography: An in-vitro examination. *Clin Oral Implants Res* [Internet]. 2018 Dec 1 [cited 2020 Mar 20];29(12):1195–201. Available from:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30387207>
7. Pinheiro L, Scarfe W, de Oliveira Sales M, Gaia B, Rodriguez Gonzalez Cortes A, Cavalcanti M. Effectiveness of Periapical Radiography Versus Cone Beam Computed Tomography with Different Kilovoltage Settings in the Detection of Chemically Created Peri-implant Bone Defects: An In Vitro Study. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2017 Jul;32(4):741–50.
  8. Kamburoğlu K, Murat S, Kılıç C, Yüksel S, Avsever H, Farman A, et al. Accuracy of CBCT images in the assessment of buccal marginal alveolar peri-implant defects: effect of field of view. *Dentomaxillofac Radiol* [Internet]. 2014 [cited 2020 Mar 20];43(4):20130332. Available from:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24645965>
  9. Kamburoglu K, Kolsuz E, Murat S, Eren H, Yüksel S, Paksoy CS, et al. Assessment of buccal marginal alveolar peri-implant and periodontal defects using a cone beam CT system with and without the application of metal artefact reduction mode. *Dentomaxillofac Radiol* [Internet]. 2013 Aug [cited 2019 Dec 9];42(8):20130176. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23956236>
  10. Liedke GS, Spin-Neto R, da Silveira HED, Schropp L, Stavropoulos A, Wenzel A. Factors affecting the possibility to detect buccal bone condition around dental implants using cone beam computed tomography. *Clin Oral Implants Res* [Internet]. 2017 Sep [cited 2019 Dec 10];28(9):1082–8. Available from:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27444713>
  11. Corpas L dos S, Jacobs R, Quirynen M, Huang Y, Naert I, Duyck J. Peri-implant bone tissue assessment by comparing the outcome of intra-oral radiograph and cone beam computed tomography analyses to the histological standard. *Clin Oral Implants Res* [Internet]. 2011 May [cited 2020 Feb 20];22(5):492–9. Available from:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21143531>
  12. Ritter L, Elger MC, Rothamel D, Fienitz T, Zinser M, Schwarz F, et al. Accuracy of peri-implant bone evaluation using cone beam CT, digital intra-oral radiographs and histology. *Dentomaxillofac Radiol*. 2014 Jul 1;43(6).

13. Schwindling FS, Hilgenfeld T, Weber D, Kosinski MA, Rammelsberg P, Tasaka A. In vitro diagnostic accuracy of low-dose CBCT for evaluation of peri-implant bone lesions. *Clin Oral Implants Res* [Internet]. 2019 Dec 1 [cited 2020 Mar 20];30(12):1200–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31505065>
14. González-Martín O, Oteo C, Ortega R, Alandez J, Sanz M, Veltri M. Evaluation of peri-implant buccal bone by computed tomography: an experimental study. *Clin Oral Implants Res* [Internet]. 2016 Aug 1 [cited 2020 Mar 20];27(8):950–5. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26178780>
15. Pinheiro LR, Scarfe WC, Augusto de Oliveira Sales M, Gaia BF, Cortes ARG, Cavalcanti MG. Effect of Cone-Beam Computed Tomography Field of View and Acquisition Frame on the Detection of Chemically Simulated Peri-Implant Bone Loss In Vitro. *J Periodontol* [Internet]. 2015 Oct [cited 2020 Mar 20];86(10):1159–65. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26156676>
16. Schriber M, Yeung AWK, Suter VGA, Buser D, Leung YY, Bornstein MM. Cone beam computed tomography artefacts around dental implants with different materials influencing the detection of peri-implant bone defects. *Clin Oral Implants Res* [Internet]. 2020 Mar 9 [cited 2020 Mar 20]; Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32147872>
17. Eskandarloo A, Saati S, Ardakani MP, Jamalpour M, Gholi Mezerji NM, Akheshteh V. Diagnostic Accuracy of Three Cone Beam Computed Tomography Systems and Periapical Radiography for Detection of Fenestration Around Dental Implants. *Contemp Clin Dent* [Internet]. 2018 Jul 1 [cited 2020 Mar 20];9(3):376–81. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30166830>
18. Vanderstuyft T, Tarce M, Sanaan B, Jacobs R, de Faria Vasconcelos K, Quirynen M. Inaccuracy of buccal bone thickness estimation on cone-beam CT due to implant blooming: An ex-vivo study. *J Clin Periodontol* [Internet]. 2019 Nov [cited 2019 Dec 9];46(11):1134–43. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31446644>



